

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA – LEON
FACULTAD DE CIENCIAS / DEPARTAMENTO DE QUIMICA



TEMA: ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES FORMAS DE REPRODUCCION DE
BOCASHI ELABORADOS EN EL CAMPUS AGROPECUARIO
UNAN-LEON

PRESENTADO POR:

Br. Lesbia Johana Castillo Navarro
Br. Luis Ovidio Vargas Zamora

Tutor:

Msc. Manuel Santiago Pérez Pasos
Lic. Heylell Emilio Escoto López

Asesor:

Ing. Kasuhiro Naruo
Ph.D Adalila Molina

INDICE

1.	RESUMEN	1
2.	INTRODUCCION.....	2
2.1	OBJETIVOS.....	3
2.2	ANTECEDENTES.....	4
2.3	JUSTIFICACION.....	5
3.	MARCO TEORICO.....	6
3.1	Abonos orgánicos	6
3.2	Ventaja de los Abonos Orgánico.....	7
3.3	Desventajas de los abonos orgánicos	8
3.4	Tipos de abonos orgánicos.....	8
3.5	Importancia de los abonos orgánicos.....	10
3.6	Efectos de los abonos orgánicos sobre las propiedades del suelo.....	11
3.61	Propiedades Químicas.....	12
3.6.2	Propiedades Físicas.....	12
3.63	Propiedades Biológicas.....	13
3.7	ABONO ORGÁNICO BOCASHI.....	13
3.7.1	Ventajas del Bocashi.....	13
3.8	Formas de elaboración de Bocashi en Nicaragua.....	14
3.9	Formas de preparación de Bocashi en el Campús agropecuario UNAN-LEON.....	14
3.9.1	Implementos utilizados en la preparación de Bocashi.....	15
3.9.2	Procedimiento de preparación de Bocashi.....	15
3.9.2.1	Bocashi testigo.....	15
3.9.2.2	Bocashi sin volteo.....	16
3.9.2.3	Bocashi con Acido piroleñoso.....	17
3.9.3	Los principales aportes de los componentes del Bocashi al suelo.....	17
3.9.4	Recomendaciones para su elaboración.....	18
3.9.5	Aplicación de Bocashi.....	19

3.10	ACIDO PIROLEÑOSO.....	19
3.10.1	Composición química del ácido piroleñoso.....	20
3.10.2	Efectos del acido piroleñoso en las plantas.....	21
3.10.3	¿Porque puede reducir enfermedades en las plantas?.....	21
3.10.4	¿Porque puede evitar plagas?.....	21
3.10.5	¿Porque puede aumentar los efectos de los pesticidas?.....	22
3.10.6	¿Porque puede activar la fermentación del bocashi?.....	22
3.10.7	¿Porqué el acido piroleñoso mejora los índices de calidad del bocashi?.....	22
3.10.8	Producción de Acido Piroleñoso.....	22
3.11	ÍNDICES DE CALIDAD DE LOS ABONOS ORGÁNICOS.....	23
3.11.1	Materia orgánica.....	24
3.11.1.2	Composición de la materia orgánica.....	24
3.11.1.3	Funciones de la materia orgánica.....	25
3.11.2	Carbono Total.....	26
3.11.3	Capacidad de Intercambio Catiónico.....	27
3.11.4	pH.....	29
3.11.5	Conductividad eléctrica.....	29
3.11.6	Nitrógeno.....	30
3.11.7	Fósforo.....	31
3.11.8	Potasio.....	33
3.11.9	Calcio.....	34
3.11.10	Magnesio.....	36
3.12	PRINCIPIO DE LOS METODOS DE ANALISIS QUIMICO UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACION DE BOCASHI.....	37
3.12.1	Método Kjeldahl con modificación Winkler para determinar	

	Nitrógeno total y Nitrógeno amoniacal.....	37
3.12.2	Método Harada & Inoko Para determinar Capacidad de intercambio Catiónico.....	38
3.12.3	Método de I.V. Tiurin para determinar Carbono orgánico Total.....	39
3.12.4	Principio de espectrofotometría de absorción atómica.....	40
3.12.5	Principio de espectrofotometría UV-VIS.....	43
3.12.6	Plan de muestreo.....	44
3.12.6.1	Submuestreo.....	44
3.13	TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.....	44
3.13.1	Media y Desviación Estándar.....	46
3.13.2	Limite de confianza de la media.....	47
3.13.3	Datos anómalos.....	47
3.13.3.1	Contraste de Grubbs.....	48
3.13.4	Prueba de Levene`s.....	49
3.13.5	Análisis de Varianza (ANOVA).....	49
3.13.6	Comparación de Tratamientos de medias individuales.....	54
3.13.6.1	Comparación de parejas de medias de tratamientos.....	55
3.13.6.2	Método de la mínima diferencia significativa LSD.....	55
3.13.7	Diagrama de cajas.....	56
4.	METODOS.....	58
4.1	Contexto de la investigación.....	58
4.2	Hipótesis.....	58
4.3	Diseño experimental.....	59
4.4	Muestreo.....	60
4.4.1	Registro de la muestra.....	61
4.4.2	Preparación de la muestra de Bocashi.....	62
4.5	Instrumentos de recolección de datos.....	62
4.6	Procedimientos.....	62

4.6.1	Medición de la reacción de la muestra (pH).....	62
4.6.2	Medición de conductividad eléctrica.....	63
4.6.3	Determinación de Cenizas y Materia Orgánica.....	63
4.6.4	Determinación de carbono orgánico total.....	65
4.6.5	Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico.....	65
4.6.6	Determinación de Nitrógeno-Nitrato.....	66
4.6.7	Determinación de Nitrógeno-Amoniacal.....	67
4.6.8	Mineralización de la muestra de Bocashi.....	68
4.6.9	Determinación de Fósforo Total.....	69
4.6.10	Determinación de Nitrógeno Total.....	69
4.6.11	Determinación de Calcio, Magnesio y Potasio por espectrometría de absorción atómica.....	70
5.	Resultados de los análisis realizados a las muestras de Bocashi (BCP, BSV, BT), antes de aplicar la prueba de valores anómalos.....	73
5.1	Prueba de Grubbs a los datos sospechosos.....	76
5.2	Resultados de los análisis realizados a las muestras de Bocashi (BCP, BSV, BT), después de aplicar la prueba de valores anómalos.....	79
5.2.1	pH.....	79
5.2.2	Conductividad eléctrica.....	80
5.2.3	Ceniza y materia orgánica	81
5.2.4	Carbono Total.....	83
5.2.5	Capacidad de intercambio Catiónico.....	84
5.2.6	Nitrógeno-Nitrato.....	85
5.2.7	Nitrógeno-Amoniacal.....	86
5.2.8	Nitrógeno-Total.....	87
5.2.9	Fósforo total.....	88
5.2.10	Potasio.....	89
5.2.11	Calcio.....	90

5.2.12	Magnesio.....	91
6.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS	
	RESULTADOS.....	92
	Análisis descriptivo de los resultados.....	93
6.1	Análisis de homogeneidad	
	de varianza Prueba de Levene`s.....	94
6.2	Análisis de varianza	
	(ANOVA de un factor).....	94
6.3	comparación de parejas	
	de medias de tratamiento.....	96
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	99
8.	CONCLUSIONES.....	101
9.	RECOMENDACIONES.....	102
10.	BIBIOGRAFIA.....	103
11.	ANEXOS.....	106
	GLOSARIO.....	115

INDICE DE TABLAS

N° tabla	Titulo de tabla	N° Pág.
1	Ingredientes para la preparación de 34 quintales de abono orgánico Bocashi.....	14
2	Ingredientes utilizados en la preparación de Bocashi.....	15
3	Formas de aplicar el ácido piroleñoso a los cultivos.....	23
4	VARIABLES de la investigación.....	58
5	Instrumentos utilizados para la recolección de datos.....	62
6	Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi Testigo (BT).....	73
7	Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi Sin Volteo (BSV).....	74
8	Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi con Acido Piroleñoso (BCP).....	75
9	Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BT.....	76
10	Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BSV.....	77
11	Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BCP.....	78
12	Resultados de la medición de pH en las muestras de Bocashi.....	79
13	Resultados de la medición de CE en las muestras de Bocashi.....	80
14	Resultados del contenido de cenizas en las muestras de Bocashi.....	81
15	Resultados del contenido de MO en las muestras de Bocashi.....	82
16	Resultados del contenido de C-T en las muestras de Bocashi.....	83
17	Resultados del contenido de CIC en las muestras de Bocashi.....	84
18	Resultados del contenido de N-NO ₃ en las muestras de Bocashi.....	85
19	Resultados del contenido de N-NH ₄ ⁺ en las muestras de Bocashi.....	86

20	Resultados del contenido de N-T en las muestras de Bocashi.....	87
21	Resultados del contenido P ₂ O ₅ en las muestras de Bocashi.....	88
22	Resultados del contenido de K ₂ O en las muestras de Bocashi.....	89
23	Resultados del contenido de CaO en las muestras de Bocashi.....	90
24	Resultados del contenido de MgO en las muestras de Bocashi.....	91
25	Análisis descriptivos de los resultados.....	93
26	Prueba de Levene´s.....	94
27	Análisis de varianza (ANOVA).....	95
28	Comparación de parejas de medias de tratamientos (LSD).....	98
29	Cristalería Utilizada en el Análisis de las Muestras de bocashi.....	106
30	Materiales utilizados en el análisis de las muestras de Bocashi.....	106
31	Equipos Utilizados en el Análisis de las Muestras de bocashi.....	107
32	Reactivos Utilizados en el Análisis de las Muestras de bocashi.....	109
33	Calibración de equipo volumétrico (Balones y Probetas) utilizado en los análisis fisicoquímicos.....	110
34	Calibración de equipo volumétrico (Pipetas) utilizado en los análisis fisicoquímicos.....	111
35	Calibración de equipo volumétrico (Pipetas y Bureta) utilizado en los análisis fisicoquímicos.....	111
36	Cálculo de incertidumbre en el equipo volumétrico utilizado en los análisis fisicoquímicos.....	112

AGRADECIMIENTO

A Dios que nos dio la vida, sabiduría y entendimiento a lo largo de nuestros estudios y que día a día guía nuestros pasos por el camino del bien.

A nuestras familias por confiar en nosotros y estar siempre a nuestro lado, apoyándonos para seguir adelante.

A nuestro tutor Msc. Manuel Santiago Pérez Pasos. Por su apoyo en el transcurso de nuestra tesis. Como también Dra. Adalílla Molina,

A Msc. Annabel Martínez por su gestión y colaboración en nuestra defensa.

De manera muy especial al Lic. Haylell Emilio Escoto López, Lic. Claudia Alvarado, Lic. Erickson Pérez, por su amistad y apoyo incondicional en el trayecto de nuestro trabajo monográfico.

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada primero a Dios por darme la vida y estar siempre en los momentos difíciles de mi vida, y que guía mis pasos por buen camino.

A mi madre Lesbia Navarro que con su amor, esfuerzo y dedicación he llegado a culminar mis estudios. Por estar siempre conmigo en los momentos mas difíciles de la vida.

Al amor de mi vida mi hijo Johann Isaac Castillo por su comprensión y amor.

A mis hermanos por apoyarme en todos los momentos Enrique José Castillo, Ana Carolina Castillo, Jairo Antonio Castillo y Leonarda Lucia Castillo por su apoyo incondicional.

A mi compañero Luis Vargas por su comprensión y paciencia a lo largo de nuestros estudios.

Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, por que Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas (Josué 1:9)

Lesbia Johanna Castillo Navarro.

El trabajo y el esfuerzo realizado a lo largo de estos cuatro años de la carrera y la elaboración de esta tesis están dedicados a mi madre que siempre a sido el principal apoyo que he tenido en las metas que me he dispuesto alcanzar.

El señor es mi pastor, nada me faltara, en verdes pastos el me hace reposar y donde brota agua fresca me conduce.

Fortalece mi alma, por el camino del bueno me dirige por amor a su nombre.

Aunque pase por quebradas muy oscuras no temo ningún mal por que tu estarás conmigo, tu bastón y tu vara me protege.

Me sirves a la mesa frente a mis adversarios, con aceites tu perfumas mi cabeza y rellenas mi copa.

Me acompaña tu bondad y tu favor, mientras dura mi vida, mi mansión sera la casa del Señor por largo tiempo.(Salmo 23)

Luis Ovidio Vargas Zamora.



1. RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron tres formas de elaboración de abono Bocashi, con el objetivo de compararlas y evaluar el efecto que tiene el ácido piroleñoso en los índices de calidad de éste. El Bocashi se elaboró en el Campús Agropecuario de la UNAN-León, y el estudio se realizó en el laboratorio de suelos del departamento de química de la Facultad de Ciencias. Se realizaron análisis fisicoquímicos para cuantificar los índices de calidad más importantes de los abonos orgánicos, a las muestras (BT, bocashi testigo; BSV, bocashi que durante el proceso de fermentación no se volteo y BCP, bocashi con aplicación de ácido piroleñoso).

Los resultados obtenidos se compararon estadísticamente utilizando el programa SPSS 14.0, aplicando la prueba de Leven`s para determinar la homogeneidad de las varianzas, un análisis de varianza ANOVA para determinar las diferencias significativas entre las formas de elaboración de bocashi y comparación de parejas de medias aplicando el método de la mínima diferencia significativa (LSD) para determinar diferencias significativas entre las mediciones realizadas a las muestras de abono. Los resultados de ANOVA revelan diferencias significativas en 12 de los 13 índices de calidad medidos, por lo que se puede afirmar que la forma de elaboración de Bocashi influye en la variabilidad de éstos. Al contrastar la forma de elaboración BT y BCP por medio del análisis de comparación de parejas de medias, se observó que en 10 de los índices hay diferencias significativas. Así mismo al comparar los procedimientos de preparación BT y BSV se encontraron diferencias significativas en 12 de los índices estudiados. Cuando se cotejaron las formas de elaboración BCP y BSV estas presentaron diferencias significativas en 9 del total de índices evaluados.

Con esta información se puede inferir que el bocashi con aplicación de ácido piroleñoso presenta mejores índices de calidad. Por lo tanto, esta es la forma más recomendable de prepararlo. Se recomienda realizar estudios con diferentes dosis de ácido piroleñoso en la preparación de Bocashi con el fin de encontrar la relación más adecuada que mejore aún más los índices de la calidad de éste.



2. INTRODUCCION

Los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, incluyendo además a los estiércoles y cadáveres de organismos microscópicos y al trabajo de microbios específicos, que ayudan a la tierra a mantener su fuerza o fertilidad. Entre los tipos de abonos orgánicos que existen podemos mencionar: ácidos húmicos y fúlvicos, biofermentos, extractos de algas, compost de lombrices (lombricompost), té de compost, extractos de estiércol, bocashi, etc.

La importancia de los abonos orgánicos radica en que tienen propiedades, que ejercen determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de éste. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades: físicas, químicas, y biológicas. Los abonos orgánicos al actuar sobre estas propiedades aumentan la capacidad que posee el mismo de absorber los elementos nutritivos que las plantas necesitan para su desarrollo.

El abono orgánico tipo bocashi es una técnica japonesa para transformar en abono orgánico todo tipo de desechos orgánicos. Tiene como base de activación las levaduras agregadas, los microorganismos contenidos en el suelo vegetal, en el estiércol y otros componentes agregados. Desarrolla grandes temperaturas los primeros tres a cuatro días y el tiempo de elaboración oscila entre los 10 a 15 días.

Ácido piroleñoso es el líquido condensado a partir del humo que se obtiene cuando se carboniza materia orgánica. Contiene aproximadamente 200 tipos de compuestos diferentes. En la agricultura el ácido piroleñoso se utiliza para reducir enfermedades en las plantas y optimizar su crecimiento. El ácido piroleñoso es muy útil para reducir la cantidad de pesticidas que se usan en los cultivos.

Los índices de calidad son la forma de medir ciertas características de los abonos orgánicos para evaluar su manejo y sostenibilidad.



2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVOS GENERALES

- ❖ Comparar tres formas de preparación de bocashi: con volteo, sin volteo y con aplicación de ácido piroleñoso.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Establecer los índices de calidad para Caracterizar bocashi.
- ❖ Realizar ensayos fisicoquímicos para determinar los índices de calidad del bocashi elaborado con volteo, sin volteo y con ácido piroleñoso.
- ❖ Comparar estadísticamente los resultados obtenidos de las tres formas de preparación de Bocashi.
- ❖ Evaluar el efecto que tiene el ácido piroleñoso en los índices de calidad del bocashi.
- ❖ Proponer el procedimiento de elaboración más apropiado según las condiciones.



2.2 ANTECEDENTES

En Nicaragua, poco a poco los agricultores han venido utilizando materiales orgánicos para aplicarlos en diferentes cultivos. De los productos agrícolas que se cultivan en Nicaragua es en café donde mayormente se han venido aplicando los abonos orgánicos. En virtud de promover el uso de los abonos orgánicos en el país la Escuela de Agroecología de la Facultad de Ciencias UNAN-León, en colaboración con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, (JICA por sus siglas en inglés) desde el año 2004 ha venido trabajando en la elaboración y mejora de la formulación de bocashi, para lo cual se incorporo ácido piroleñoso en su preparación. El bocashi es un abono de tecnología tradicional japonesa, el ácido piroleñoso en Japón es utilizado en los cultivos, para reducir las enfermedades en las plantas, aumentar el efecto de los pesticidas, aumentar los microorganismos benéficos y activar la fermentación de bocashi.

Actualmente no existe en el país referencias bibliográficas o estudios realizados sobre la disponibilidad de los nutrientes en bocashi preparado con ácido piroleñoso, los únicos informes con los que se cuenta relacionados con el bocashi son un par de artículos (“Efecto de biofertilizante (EM-bocashi) sobre el crecimiento y rendimiento de rábano Año 1 No1 Septiembre 2001” y “Efecto de Biofertilizantes sobre el desarrollo y el rendimiento de maíz zea mays L. año2 No2 Agosto 2002”) de la revista “LA CALERA” de la Universidad Nacional Agraria (UNA). El objetivo de estos estudios era determinar los efectos del EM-bocashi sobre la biomasa total y el rendimiento de los cultivos que fueron fertilizados con este abono orgánico. Así mismo el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en cooperación con la organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) publicó el Manual del Extencionista “Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua” donde únicamente se presenta una descripción de bocashi y un ejemplo de preparación de este. Otras instituciones como el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza de Nicaragua (CATIE) solamente dan capacitaciones a los productores de cómo preparar y aplicar abonos orgánicos.



2.3 JUSTIFICACION

A pesar de que en los últimos años en el país se ha incrementado la elaboración y aplicación de bocashi, aun no se tiene de manera formal una técnica establecida de elaboración y caracterización de este abono.

Con este estudio se pretende establecer una metodología para caracterizar el bocashi elaborado en el Campús Agropecuario de la UNAN-LEON, ya que no se tienen reportes de estudios realizados con este tema. Además, se comparan tres formas de preparación de bocashi (bocashi tratado con ácido piroleñoso y bocashi sin volteo y bocashi con volteo) para evaluar sus índices de calidad. Con lo cual se pretende mejorar la formulación de estos.

En la ejecución del trabajo proseguimos de la forma siguiente: toma de muestra, realización de ensayos fisicoquímicos y aplicación de tratamiento estadístico a los resultados.

La UNAN – LEÓN, sería la primera institución que cuente con una metodología para la caracterización de bocashi en Nicaragua. Esta información estará a la disponibilidad de las personas interesadas en el tema.



3. MARCO TEORICO

3.1 ABONOS ORGANICOS

Los abonos orgánicos son todos los materiales de origen orgánico que se pueden descomponer por la acción de microbios y del trabajo del ser humano, son el producto de la descomposición y transformación de materia vegetal o animal, como desechos domésticos, residuos de cosechas, residuos industriales y estiércoles. Los abonos verdes también se consideran abonos orgánicos. Por lo tanto, elaborar abonos orgánicos es una buena alternativa, para el manejo adecuado de los desechos vegetales y animales, mal llamados basuras, que resultan de la producción diaria de la finca y que pueden ser muy contaminantes. [20]

Los abonos orgánicos facilitan la diversidad de microorganismos y generan un suelo en equilibrio ayudando a mantener su fuerza y fertilidad; favoreciendo una nutrición adecuada de las plantas, las cuales son menos susceptibles a las plagas y a las enfermedades y así, se elimina la utilización de plaguicidas sintéticos. Se obtiene una reducción en los costos de producción y se evita la eliminación de organismos y animales benéficos para el desarrollo de las plantas, la contaminación del ambiente (suelo, agua, aire y alimentos) y por consiguiente muchos riesgos para la salud del hombre. [20]

El abono orgánico lo puede crear la naturaleza o el ser humano con su trabajo. Esto lo hacen con la ayuda organizada de organismos como: las lombrices, las gallinas ciegas, las hormigas, hongos, bacterias y actinomiceto. Todos participan hasta que los materiales orgánicos quedan convertidos en tierra rica en nutrientes. [20]

Existen cinco ingredientes principales que deben estar presentes en todos los abonos orgánicos:

- Microbios que están en la tierra fértil.
- Materiales secos ricos en carbono.
- Materiales frescos ricos en nitrógeno, como el estiércol.
- El Agua.
- El Aire



3.2 VENTAJAS DE LOS ABONOS ORGANICOS

Ventajas que los agricultores experimentan con la elaboración de los abonos orgánicos.

- Materiales baratos y fáciles de conseguir localmente.
- Fácil de hacer y guardar (apropiación tecnológica por los agricultores).
- Costos bajos, comparado con los precios de los abonos químicos (en Centroamérica la relación es aproximadamente de 1:10 y de 1 hasta 45 para algunos casos donde los campesinos poseen una diversidad de materiales de la propia parcela).
- Su elaboración exige poco tiempo y puede ser planificada y escalonada de acuerdo con las necesidades de los cultivos.
- Elimina factores de riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas.
- Se obtienen resultados a corto plazo y su dinámica permite crear nuevas formas alternativas de elaborarlos.
- No contamina el ambiente
- Respeta la flora y la fauna.
- Los abonos son mas completos, al incorporar la tierra los macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento vigoroso de las plantas. [14]

Ventajas que los agricultores experimentan con el uso de los abonos orgánicos en su tierra.

- Fáciles de usar.
- Eliminan factores de riesgo para la salud de los trabajadores y consumidores.
- Mejoran gradualmente la fertilidad, la nutrición y la vitalidad de la tierra asociada a su macro y microbiología.
- Pueden significar una fuente adicional de ingresos.
- Si la tierra es dura la hace más suave.
- Si la tierra es arenosa la hace más firme.
- Estimulan el ciclo vegetativo de las plantas.
- Mayor rendimiento del número de plantas por hectárea
- Son una fuente constante de materia orgánica



- Los suelos conservan la humedad y amortiguan mejor los cambios de temperatura, economizando el volumen de agua y número de riegos por cada cultivo.
- Reducen el escurrimiento superficial del agua.
- Mejora la permeabilidad de los suelos y su bioestructura
- Favorecen la colonización del suelo por la macro y la microvida.
- Proveen al suelo de una tasa de humus microbiológico a largo plazo.
- Los nutrientes permanecen por 2 ó 3 años en la parcela.
- Permiten a los agricultores tener mayores opciones económicas y bajar los costos.
- Las plantas cultivadas son sanas y vigorosas y no se enferman fácilmente porque están naturalmente protegidas por el equilibrio nutricional inherente. Aumentan la eficiencia de la absorción nutricional de las plantas, al tener estas un mayor desarrollo en el volumen radicular. [14]

3.3 DESVENTAJAS DE LOS ABONOS ORGANICOS

La principal desventaja de los abonos orgánicos es que estos liberan gradualmente los nutrientes lo que supone una disponibilidad no tan inmediata de estos para las plantas.

La utilización de mayor mano de obra para la producción y aplicación de estos. [14]

3.4 TIPOS DE ABONOS ORGANICOS

Estiércoles

Los hay de ganado vacuno, equino ovino, caprino, porcino, principalmente, estos se pueden adquirir en las grajas directamente o en centros especializados. [10]

Guano, gallinaza, palomina excremento

Son estiércoles o deyecciones de aves. [10]

Compost

El compost es un material obtenido a partir de restos vegetales y otras materias orgánicas sometidas a un proceso de compostaje (fermentación controlada) Este



abono se consigue mediante un proceso biológico de descomposición completa (descomposición y maduración) de materiales orgánicos, en un ambiente aerobio (presencia de oxígeno) y por acción de los microorganismos. El compost tiene un gran valor agrícola no solo por la incorporación de materia orgánica al suelo, la cual ayuda a elevar el nivel de humus, sino por el suministro de nutrientes principales (N; P; K) y micro nutrientes (Hierro, Manganeso, Cobre, etc.) que los cultivos necesitan y que por su forma de liberación (mineralización) están disponibles por más tiempo.

Para su elaboración se usan materiales muy variados como: cascarilla de cacao, el llamado humus de lombriz, fermentación de gallinaza, fermentación de estiércol de oveja, mezcla de materias vegetales compostadas, residuos agrícolas, mezclas variadas de estiércoles más turba más humus de lombriz, compostaje de orujo de uva, compostaje de estiércoles. Como vemos, son muchas las cosas empleadas para hacer industrialmente compost. [10]

Turba

Existen dos tipos de turba: turba negra (la más común) y turba rubia (muy ácida, pH 3,5). Se emplea mucho como base en la preparación de sustratos para macetas y para hacer semilleros. También encuentra aplicación directa al suelo. [10]

Extractos húmicos

Son ácidos húmicos y fúlvicos extraídos de la descomposición de la materia orgánica como desechos domiciliarios, rastrojos de cosechas, estiércoles, etc. Este tipo de abono líquido es menos empleado por los productores. Su uso en horticultura intensiva va en aumento, pero al nivel de jardines se emplea muy poco. Su principal función es: desbloquear los minerales, fijar los nutrientes y disminuir su lixiviación, activar la flora microbiana para aumentar la mineralización y favorecer el desarrollo radicular de las plantas. [10]

Bocashi

Abono casero muy seguro y eficiente de tecnología tradicional japonesa, que contiene todos los elementos necesarios y muchos microorganismos benéficos. El método de producción es muy variable. Cada agricultor puede ingeniar algo diferente utilizando los recursos locales. [10]



Lombricompost

Abono elaborado mediante la descomposición de la materia orgánica realizada por lombrices de tierra. Las lombrices que presentan una mayor reproducción y mejores condiciones de manejo en cautiverio son las rojas californianas y africanas. Cada lombriz adulta, consume en promedio un gramo de materia orgánica por día y devuelve algo más de la mitad de ese gramo convertido en abono. Como alimento se pueden usar todos los residuos orgánicos provenientes de cosechas, residuos de la cocina, papel, cartón picado, broza de café, aserrín y estiércoles de animales. El de cerdo se puede utilizar dejándolo enfriar y el de aves no es recomendable, ya que es demasiado ácido. [10]

Extractos de algas

Son normalmente carbohidratos promotores del crecimiento vegetal, aminoácidos y extractos de algas 100% solubles. Este producto es un bioactivador, que actúa favoreciendo la recuperación de los cultivos frente a situaciones de estrés, incrementando el crecimiento vegetativo, floración, fecundación, cuajado y rendimiento de los frutos. [10]

Otros abonos orgánicos

Residuos animales como huesos triturados, cuernos, harina de sangre,...

Residuos urbanos compostados (lodos de depuradoras).

Restos de cosechas y paja enterradas.

Abonos verdes: Consiste en cultivar leguminosas para que aporten nitrógeno al suelo. [10]

3.5 IMPORTANCIA DE LOS ABONOS ORGANICOS

Importancia económica

La elaboración y aplicación de abonos orgánicos en la producción agrícola reduce los costos de producción, ya que estos usualmente son preparados con insumos provenientes de las mismas fincas, además tiene un valor agregado debido a la creciente demanda de productos orgánicos. Como ningún país puede satisfacer la demanda de una variedad de alimentos orgánicos producidos dentro de sus fronteras



durante todo el año, muchos países en desarrollo han comenzado a exportar con éxito productos orgánicos. Habitualmente las exportaciones orgánicas se venden a sobrepuestos, a menudo hasta un 20 por ciento superior a los de productos idénticos producidos en granjas no orgánicas. Esta rentabilidad de los productos orgánicos en el mercado puede contribuir a la seguridad alimentaria local y a aumentar los ingresos familiares. [1]

Importancia medio ambiental y sostenibilidad

Los objetivos económicos no son la única motivación de los agricultores orgánicos, su propósito es por lo general lograr una interacción óptima entre la tierra y las plantas, conservar los nutrientes naturales, los ciclos de energía y potenciar la diversidad biológica estimulando la proliferación de una vigorosa población de microorganismos, lo cual contribuye a la agricultura sostenible.

En la agricultura orgánica, se le da gran importancia a los abonos orgánicos, y cada vez más se están utilizando en cultivos intensivos. No podemos olvidar la importancia que tiene el mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los nutrientes y al mismo tiempo proteger y conservar la calidad del suelo y el agua. [1]

3.6 EFECTOS DEL ABONO ORGANICO SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO

En general los abonos orgánicos tienen propiedades que ejercen efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de éste. Regulan los procesos químicos que allí ocurren, influyen sobre las características físicas y son el centro de casi todas las actividades biológicas, incluyendo la microflora, la fauna y hasta el sistema de raíces de plantas superiores. [1]



3.6.1 Propiedades Químicas

Entre los procesos químicos de relieve en los que interviene procede mencionar:

- El suministro de elementos nutritivos por la mineralización en particular la liberación de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes disponibles para las plantas.
- El aumento del poder tampón del suelo y en consecuencia la reducción de las oscilaciones de pH de éste.
- La apreciable contribución a la capacidad de intercambio catiónico del suelo, con lo que aumenta su fertilidad. [1]

3.6.2 Propiedades Físicas

Algunas propiedades físicas muy importantes del suelo que se ven influenciadas, como por ejemplo:

- Al oscurecer el suelo, éste absorbe más las radiaciones solares, fomentando su calentamiento y, por ende, promueve una mejor germinación, mejor aprovechamiento del agua y mayor facilidad de absorción de los nutrientes.
- Mejora la estructura y textura del suelo, al favorecer la formación de agregados individuales, reducir la agregación global del suelo y disminuir la plasticidad del mismo; haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.
- Mejoran la permeabilidad del suelo, al aumentar la infiltración del agua, reducir la pérdida de la misma por transpiración, optimizar el drenaje y promover la aireación.
- Disminuye la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.
- Aumentan el uso eficiente del agua por su retención, mejorando el crecimiento y funcionamiento más eficaz de las raíces que aprovechan mejor el agua en una capa de suelo también más profunda. [1]



3.6.3 Propiedades Biológicas

En cuanto a los factores biológicos conviene distinguir que:

- Favorecen la aireación y oxigenación del suelo, por lo que hay mayor actividad radicular y de los microorganismos aerobios.
- Constituyen una fuente de energía para los microorganismos, por lo que se multiplican rápidamente. [1]

3.7 ABONO ORGANICO BOCASHI

Es una técnica japonesa para transformar en abono orgánico todo tipo de desechos orgánicos, se obtienen a través de la fermentación de materiales húmedos y secos que van mezclados. Tiene como base de activación las levaduras agregadas, los microorganismos contenidos en el suelo vegetal, en el estiércol y otros componentes agregados. Desarrolla grandes temperaturas los primeros tres a cuatro días y el tiempo de maduración oscila entre los 10 a 15 días.

La función principal del bocashi es de aumentar la cantidad de microorganismos benéficos del suelo, enriquecer el suelo, proporcionándole los nutrientes perdidos por la erosión y la adsorción de las plantas, estimular el crecimiento de las raíces y follaje de la planta al ser asimilados los nutrientes por el suelo, aumentar la actividad microbiana, mejorar las condiciones físicas y químicas de éste y prevenir enfermedades en los cultivos. Para producir un bocashi de buena calidad es necesario: combinar diversos tipos de materia orgánica, controlar correctamente la temperatura y humedad, y mantener un olor agradable de fermentación. [20]

3.7.1 Ventajas del abono bocashi

- Producción rápida (2 semanas)
- Más fértil que el Compost
- Fácil uso por ser seco y ligero
- Se reduce la acidez de los suelos.
- Es más económico[20]



3.8 FORMAS DE ELABORACION DE BOCASHI EN NICARAGUA

El Bocashi es un abono orgánico que su formulación varia en dependencia de los materiales de los que se dispone para su preparación, cada productor puede elaborar Bocashi según los requerimientos que necesiten sus cultivos. En Nicaragua algunas publicaciones como “El Manual del Extensionista” publicado por el Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria (INTA) sugiere la siguiente forma de preparación de Bocashi. [12]

**Tabla N°1 Ingredientes para la preparación de 34 quintales de abono orgánico
Bocashi**

Cantidad	Ingredientes
10 qq	De gallinaza o estiércol vacuno.
10 qq	De cascarilla de arroz o de paja de arroz o paja de sorgo u otra gramínea.
10 qq	De tierra colada de vega de río o tierra virgen forestal
3 qq	De carbón quebrado en partículas pequeñas
1 qq	De hojas picadas de árboles leguminosos locales
1 gl	De melaza o un kilogramo de atado de dulce.
50 lbs	De urea 10-30-10 o 15-15-15 (NPK)
50 lbs	De carbonato de calcio, de cal agrícola o cenizas; agua (de acuerdo a la prueba del puñado y solamente una vez).
1 qq	De fertilizante mineral completo enriquecería grandemente esta mezcla.

3.9 FORMAS DE PREPARAR BOCASHI EN EL CAMPUS AGROPECUARIO DE LA UNAN-LEON

Tabla No2 Ingredientes utilizados en la preparación de Bocashi

Cantidad	Ingredientes
2 sacos	De tierra
2 sacos	De cascarilla de arroz carbonizada
2 sacos	De gallinaza
½ saco	De huesos de vaca incinerados
½ saco	De carbón
10 lb	De semolina
½ litro	De melaza
30 litros	De agua



3.9.1 Implementos utilizados en la preparación de bocashi

Machete, pala, azadón o sauce, plástico negro (el tamaño dependerá de la cantidad de abono a preparar). [12]

3.9.2 PROCEDIMIENTO DE PREPARACION DE BOCASHI

3.9.2.1 Bocashi Testigo (BT)

- ❖ Extender todo el material hasta formar un montículo de 1,20m de altura, en el siguiente orden: tierra, cascarilla de arroz, gallinaza, semolina, carbón y huesos incinerados aplicando un poco de melaza al momento de agregar cada material.
- ❖ Se agrega el agua poco a poco y se voltea 3 veces con pala ancha ajustando la humedad a un 40 % (chequeo manual: se toma con la mano un puñado de la mezcla y se forma una pelota que se deshace fácilmente al soltarla).
- ❖ se voltea para que el oxígeno penetre en toda la mezcla, en este momento hay olor agridulce.
- ❖ Se hace un montículo de 60 cm de altura y se cubre con plástico negro.
- ❖ Al día siguiente, en la mañana, observamos un calentamiento interno (40°C aproximadamente) y un olor agradable. Se voltea para la ventilar y mantener esa temperatura. Luego se baja el montículo a 40 cm de alto. Por la tarde repetimos el mismo procedimiento. Si se calienta demasiado (más de 50°C), se baja el montículo a 30 cm de alto.
- ❖ Este proceso se repite los primeros 4 días, (se voltea 2 veces al día, mañana y tarde), manteniendo la temperatura a 40°C y un olor agradable de la mezcla.
- ❖ Al quinto día se extiende para secarlo, hasta unos 10 cm de alto y se voltea solo una vez al día (por la mañana) durante los siguientes 6 días. El color cambia a gris y adquiere un olor a moho.
- ❖ Después de este tiempo el bocashi esta seco y listo para su aplicación. Para almacenarlo, se debe dejar secar más y luego guardarlo en un lugar fresco y oscuro durante un tiempo máximo de 3 meses. [7]





3.9.2.2 Bocashi Sin Volteo (BSV)

- ❖ Extender todo el material hasta formar un montículo de 1,20m de altura, en el siguiente orden: tierra, cascarilla de arroz, gallinaza, semolina, carbón y huesos incinerados aplicando un poco de melaza al momento de agregar cada material.
- ❖ Se agrega el agua poco a poco y se voltea 3 veces con pala ancha ajustando la humedad a un 40 % (chequeo manual: se toma con la mano un puñado de la mezcla y se forma una pelota que se deshace fácilmente al soltarla).
- ❖ Se hace un montículo de 60 cm de altura y se cubre con plástico negro.
- ❖ Al quinto día con una pala ancha se voltea una vez por la mañana y se forma un montículo de 10cm de altura.
- ❖ Se tapa bien con lona o plástico y se dejó en reposo 1 semana. [7]

❖ Bocashi Con Acido Piroleñoso (BCP)

- ❖ Extender todo el material hasta formar un montículo de 1,20m de altura, en el siguiente orden: tierra, cascarilla de arroz, gallinaza, semolina, carbón y huesos incinerados aplicando un poco de melaza al momento de agregar cada material.
- ❖ Se agrega solución de ácido piroleñoso-agua (1-100 respectivamente) poco a poco y se voltea 3 veces con pala ancha ajustando la humedad a un 40% (chequeo manual: se toma con la mano un puñado de la mezcla y se forma una pelota que se deshace fácilmente al soltarla).
- ❖ Se hace un montículo de 60 cm de altura y se cubre con plástico negro.
- ❖ Al día siguiente, en la mañana, observamos un calentamiento interno (40°C aproximadamente) y un olor agradable. Se voltea para la ventilar y mantener esa temperatura. Luego se baja el montículo a 40 cm de alto. Por la tarde repetimos el mismo procedimiento. Si se calienta demasiado (más de 50°C), se baja el montículo a 30 cm de alto.
- ❖ Este proceso se repite los primeros 4 días, (se voltea 2 veces al día, mañana y tarde), manteniendo la temperatura a 40°C y un olor agradable de la mezcla. [7]



- ❖ Al quinto día se extiende para secarlo, hasta unos 10 cm de alto y se voltea solo una vez al día (por la mañana) durante los siguientes 6 días. El color cambia a gris y adquiere un olor a moho.

3.9.2.3 Bocashi Con Acido Piroleñoso (BCP)

- ❖ Extender todo el material hasta formar un montículo de 1,20m de altura, en el siguiente orden: tierra, cascarilla de arroz, gallinaza, semolina, carbón y huesos incinerados aplicando un poco de melaza al momento de agregar cada material.
- ❖ Se agrega solución de ácido piroleñoso-agua (1-100 respectivamente) poco a poco y se voltea 3 veces con pala ancha ajustando la humedad a un 40% (chequeo manual: se toma con la mano un puñado de la mezcla y se forma una pelota que se deshace fácilmente al soltarla).
- ❖ Se hace un montículo de 60 cm de altura y se cubre con plástico negro.
- ❖ Al día siguiente, en la mañana, observamos un calentamiento interno (40°C aproximadamente) y un olor agradable. Se voltea para la ventilar y mantener esa temperatura. Luego se baja el montículo a 40 cm de alto. Por la tarde repetimos el mismo procedimiento. Si se calienta demasiado (más de 50°C), se baja el montículo a 30 cm de alto.
- ❖ Este proceso se repite los primeros 4 días, (se voltea 2 veces al día, mañana y tarde), manteniendo la temperatura a 40°C y un olor agradable de la mezcla.
- ❖ Al quinto día se extiende para secarlo, hasta unos 10 cm de alto y se voltea solo una vez al día (por la mañana) durante los siguientes 6 días. El color cambia a gris y adquiere un olor a moho.

3.9.3 Los principales aportes de los componentes del bocashi al suelo son:

- **Carbón:** retiene, filtra y libera nutrientes.
- **Estiércol:** aporta N, P, K, Mg, Fe, Zn, Cu, B, según la cantidad mejora las características físicas del suelo.
- **Cascarilla de arroz:** Beneficia la aeración, absorción de humedad y filtración de nutrientes, aporta carbono, corrige la acidez del suelo.
- **Semolina de arroz:** Afecta la fermentación del abono y aporta N, P, K, Mg, Ca.



- **Melaza de caña:** Fuente de energía para los microorganismos.
 - **Tierra común:** Es un homogenizador físico del abono, tiene la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas.
 - **Huesos de vaca incinerados:** Regula la acidez en el proceso de fermentación.
- [5]

3.9.4 Recomendaciones para su elaboración

- Es necesario hacerlo bajo techo o cubrirlo para evitar en la elaboración del abono que penetren rayos solares y agua lluvia. También debe elaborarlo en piso de cemento para que sea más fácil de voltear. Si no es posible, se debe ver que el suelo no sea poroso, evitando que este se humedezca, esto ayuda que el abono sea de mejor calidad.
- Se deben voltear los materiales 2 ó 3 veces al día. Esto permite mejorar la temperatura, no debe ser mayor de 45 grados centígrados. Una forma practica para ver la temperatura de los materiales es introduciendo un machete durante 5 minutos, al sacarlo y tocarlo si quema posee mucho calor y es necesario voltearlo de inmediato, en caso de demasiado frío es necesario colocar los materiales a una altura promedio de 75 centígrados. Así se busca aumentar la temperatura y aireamos de 2 ó 3 veces al día. Se obtendrá un abono maduro en 7 días y al octavo día ya esta frío.
- No se debe aplicar agua una vez iniciado el proceso de fermentación. El abono se puede almacenar hasta 6 meses lejos de la humedad y sol.
- Cuando se aplique, se debe tener cuidado que el abono no contacte directamente con la raíz ni tallo de las plantas, porque puede causarle quemaduras. Por eso, el abono debe quedar a 10 ó 15 cm del tallo, mezclado con tierra.
- Se debe evitar que el agua arrastre el abono con obras de conservación de suelos. [7]



3.9.5 Aplicación de bocashi

- En terrenos con proceso de fertilización orgánica puede utilizarse 4 libras por metro cuadrado de terreno. Se debe aplicar 15 días antes de sembrar, al trasplante o cuando el cultivo este en el desarrollo.
- En terrenos donde nunca se ha aplicado bocashi, las dosis serán mayores de diez libras por metro cuadrado.
- Para cultivos anuales de granos básicos, yuca, caña y otros será necesario entre 15 y 25 días de la emergencia del cultivo en dosis de 2 libras por metro cuadrado.
- En cultivos de ciclo largo (frutales), se aplica una libra por postura al momento de la siembra y tres aplicaciones de 1 libra por año. [7]

3.10 ACIDO PIROLEÑOSO

Acido piroleñoso es el líquido que se condensa del humo que se obtiene cuando se carboniza materia orgánica. Esta integrado entre un 80 y 90% de agua y unos 200 tipos de compuestos orgánicos diferentes entre ellos ácido acético, alcohol metílico. En Japón se utiliza como materia de medicina, industrial, desodorante, conservante, aditivo para alimento de animales, mordiente etc. En la agricultura el ácido piroleñoso se utiliza para reducir enfermedades y mejorar el crecimiento de los cultivo según la concentración que se aplique de éste a las plantas. El ácido piroleñoso es muy útil para reducir la cantidad de pesticidas que se usan en los cultivos. [3]



3.10.1 Composición química del ácido piroleñoso

Diagrama circular N°1

Porcentaje de agua y compuestos orgánicos en el ácido piroleñoso

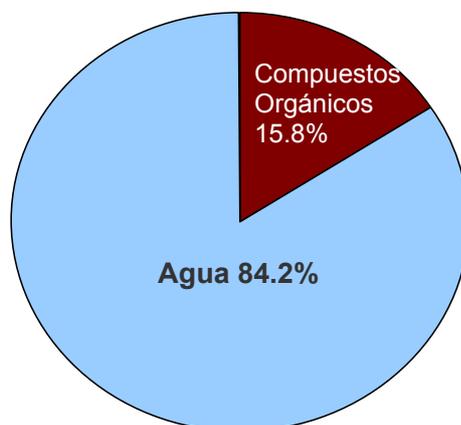
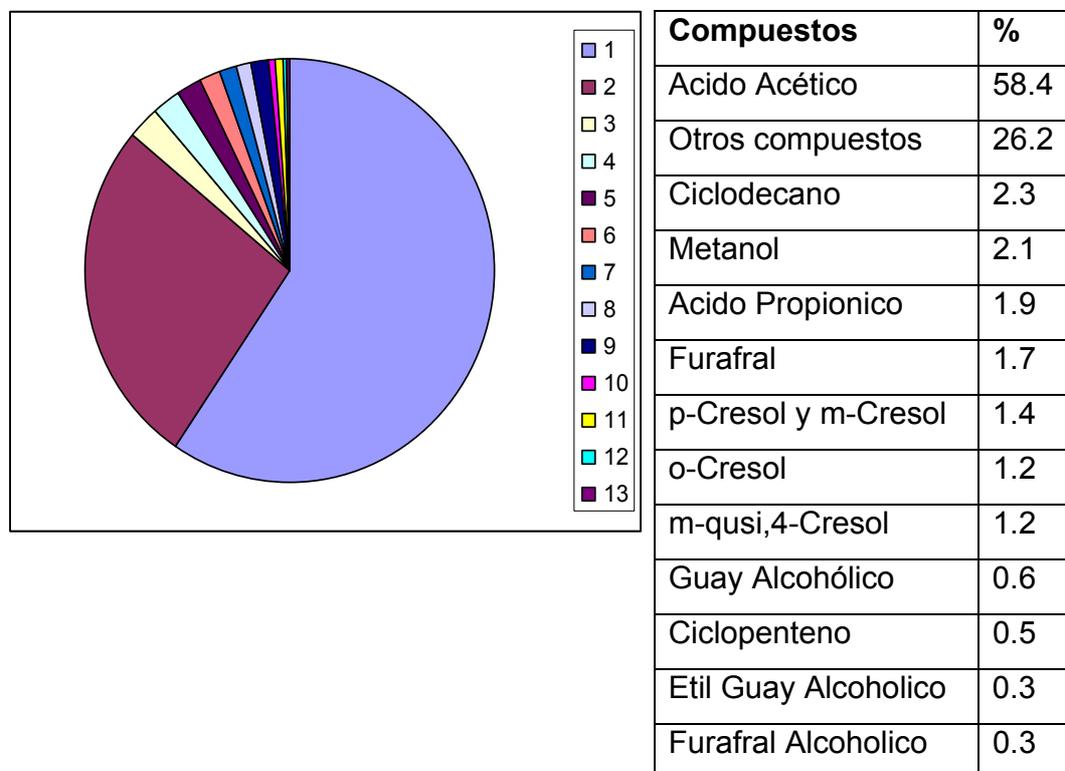


Diagrama circular No2 Porcentaje de los compuestos Orgánicos que constituyen el ácido piroleñoso.





3.10.2 Efectos del ácido piroleñoso en las plantas

- Evitar plagas
- Reducir enfermedades
- Aumentar el efecto de los pesticidas (concentraciones altas)
- Aumentar los microorganismos benéficos (concentraciones bajas)
- Fomentar el crecimiento de la raíz de la planta
- Activar la fermentación del compost y bocashi
- Mejorar la calidad del producto [3]

3.10.3 ¿Porqué puede reducir enfermedades de las plantas?

Por que el ácido piroleñoso contiene ácido acético, metanol y fenoles en su composición química que en altas concentraciones resulta ser toxico por lo que es capaz de matar hongos y otros organismos dañinos para las plantas. Si el ácido piroleñoso es aplicado al suelo en concentraciones 1/5 o 1/10, este funciona primero como un esterilizante el cual elimina los hongos y organismos perniciosos, y segundo actúa como alimento para los microorganismos beneficiosos. [3]

3.10.4 ¿Porqué puede evitar plagas?

En su composición química el ácido piroleñoso contiene: Fenol, Cresol, Acido Acético, Formaldehído, Gauy alcoholes, Metanol y otros compuestos orgánicos que actúan como repelentes por su olor a humo. Algunas plagas les disgusta el olor al humo. Por eso puede evitar plaga. [3]

3.10.5 ¿Porqué puede aumentar el efecto de los pesticidas?

Los pesticidas se diluyen mejor en disolventes con pH de 4-5. El ácido piroleñoso aumenta la capacidad de penetración de los pesticidas. Sin embargo no se debe mezclar el ácido piroleñoso con pesticidas arcaría. Porque el ácido piroleñoso neutraliza el efecto de este pesticida [3]



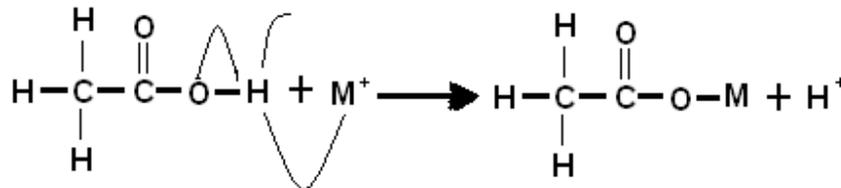
3.10.6 ¿Porqué puede activar la fermentación del bocashi?

Por que en concentraciones bajas (1/200) el ácido piroleñoso fomenta el crecimiento de los microorganismos beneficiosos del suelo. Este efecto se relaciona con el metabolismo del ácido acético. Las Plantas y los microorganismos del suelo pueden metabolizar el ácido acético hasta convertirlo en CH₃COOCO₂A (acetil-coenzimaA) el cual es el metabolito energético principal del que se obtiene ATP (adenocintrifosfato). Por lo que la presencia del ácido piroleñoso supone un aumento en los nutrientes disponibles para los microorganismos.

Además el ácido piroleñoso puede mantener el nivel de nitrógeno del bocashi reaccionando con gas de amonio. [3]

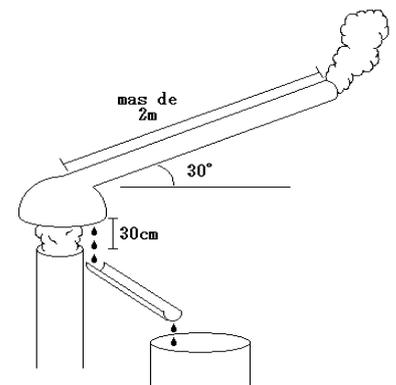
3.10.7 ¿Porqué el acido piroleñoso mejora los índices de calidad del bocashi?

Por que el ácido piroleñoso en su composición química contiene ácido acético y este al ser un ácido carboxílico favorece las interacciones con los cationes, lo que produce que estos sean retenidos en los coloides de la materia orgánica disponibilizando estos nutrientes para que sean absorbidos más fácilmente por las plantas.



3.10.8 Producción de ácido piroleñoso

- ❖ El principio de producir ácido piroleñoso es muy fácil.
- ❖ Enfriar el humo que se obtiene se cuando carboniza material orgánico con chimenea y reunir el líquido que sale de la chimenea.
- ❖ Los metales que se corroen con facilidad no son recomendables para reunir el líquido condensado. Se recomienda utilizar Aluminio, acero inoxidable o incluso Bambú.





- ❖ Instalar el tubo de destilación a una distancia de 30cm de la chimenea. Si la distancia entre el tubo y la chimenea es demasiado corta será difícil de enfriar (condensar) el humo, reduciéndose la cantidad de aire que entra. Si la distancia entre el tubo y la chimenea es demasiado grande aumentara el humo que escapa. Cuanto más largo es el tubo de destilación es mejor, 2m de longitud como mínimo.
- ❖ El Angulo del tubo debe ser de 30°. Si el ángulo del tubo es muy bajo el humo no pasara bien. Si el ángulo del tubo es muy grande el humo pasara demasiado y no se podrá destilar todo ese humo de manera eficaz. [3]

Tabla N°3 Formas de aplicar el ácido piroleñoso a los cultivos

	Proporciones	Dosis
Aplicación foliar	agua : ácido piroleñoso	Rociar totalmente las hojas.
	300 : 1	
Esterilización de suelo (antes de sembrar)	agua : ácido piroleñoso	Regar 2 ó 3L/m ²
	7 : 1	
Esterilización de suelo (después de sembrar)	agua : ácido piroleñoso	Regar 2 ó 3L/m ²
	100 : 1	
Production de compost	agua : ácido piroleñoso	Regar Como sustito del agua
	100 : 1	
Ácido piroleñoso + Pesticida	agua : ácido piroleñoso	Diluir el pesticida la mitad de la dosis
	500 : 1	

3.11 INDICES DE CALIDAD DE LOS ABONOS ORGANICOS

Los índices de calidad son la forma de medir ciertas características de los abonos orgánicos para evaluar su manejo y sostenibilidad. La habilidad para identificar las propiedades básicas que sirvan como índices es muy complicada porque hay muchos factores físicos, químicos y biológicos involucrados y las interacciones varían en tiempo, espacio e intensidad. Los principales índices fisicoquímicos de calidad



son: Materia Orgánica, Carbono Total, Capacidad de Intercambio Catiónico, pH, Conductividad Eléctrica, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno Nitrato, Nitrógeno Total, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio total. De igual manera entre estos índices están los principales nutrientes que las plantas demandan en mayor cantidad para su desarrollo. [5]

3.11.1 Materia Orgánica

Según The Soil Science Society of América la materia orgánica del suelo se define como: La fracción orgánica del suelo que incluye residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del suelo. La materia orgánica es una porción del suelo que incluye resto de animales y plantas en varios estado de descomposición. En los bosques, provienen de las hojas caída, troncos de árboles muertos y de raíces de árboles. En las praderas gran cantidad de la materia orgánica viene de las raíces y remates de las hierbas. En las tierras de cultivos provienen de los residuos de las cosechas. La parte más estable de esta materia orgánica del suelo se llama humus, que puede definirse como la fracción más o menos estable de la materia orgánica del suelo que se obtiene después que se ha descompuesto la mayor parte de las sustancias vegetales o animales añadidas al suelo. Comúnmente es de color oscuro .Este color oscuro es más frecuente en las zonas templadas, donde suele presentarse, en los trópicos, donde el humus no da color al suelo. Una considerable parte del humus es de origen microbiano. [17]

3.11.1.2 Composición de la materia orgánica

La materia orgánica esta compuesta de complejos compuestos que contienen carbono. Los átomos de carbonos, al contrario que otros elementos, forma cadenas largas de forma natural estas proporcionan un armazón al que adhiere otros elementos como Hidrogeno, Oxigenó, Nitrógeno y Azufre, para constituir la amplia serie de compuestos orgánicos para a vida. Los carbohidratos son cadenas largas de azucares simples, cada eslabón de la cadena es una molécula de azúcar. Los azucares son cadenas cortas de carbonos de cinco o seis carbonos con muchos



átomos adheridos de oxígeno. El almidón es una forma común de carbohidratos. Gran parte del tejido de las hierbas de los troncos de los árboles y de otras plantas es de celulosa. La celulosa forma fibras largas en el tejido de las plantas. Los carbohidratos son un importante alimento para la microflora del suelo, que rápidamente los descomponen en dióxido de carbono y agua. La mayoría del tejido de las plantas es almidón y celulosa. Las ligninas producen entre el 10 % y 30% del tejido de las plantas. Hacen que las plantas estén más rígidas, cementando las fibras de celulosas. Son moléculas complejas que resisten la descomposición. La lignina origina la mayor parte del humus del suelo. Las proteínas son cadenas largas de compuestos más simples que contienen Nitrógenos llamados aminoácidos. Estos son también cadenas cortas de carbonos con átomos de Nitrógenos y a veces de azufres adheridos. Los residuos de las proteínas descompuestas se convierten en partes de humus, suministrándole la mayoría de su Nitrógeno. [17]

3.11.1.3 Funciones de la materia orgánica

a) Almacenaje de nutrientes y agua

La materia orgánica almacena nutrientes usados por las plantas en dos formas diferentes. El primer método de almacenaje resulta del tamaño de las partículas de humus. Como las partículas de arcillas y las de humus son extremadamente pequeñas con una superficie relativamente grandes. Las partículas de este tamaño se llaman coloides. El agua y los nutrientes se adhieren a las superficies grandes de los coloides. Además los coloides atraen algunos nutrientes de igual manera que un imán atrae limadura de hierro. La materia orgánica también almacena nutrientes como parte de su propia descomposición química liberada para el uso de las plantas a través de su descomposición. El humus contiene el mayor suministro de Boro y Molibdeno del suelo, cerca del 60% de su Fósforo y un 80% de Azufre del suelo. La mayoría del Nitrógeno del suelo esta almacenado en la materia orgánica. Tanto la materia orgánica fresca como el humus absorben agua como una esponja, reteniendo aproximadamente seis veces su propio peso en agua. Esto es muy impórtate en suelos de naturaleza seca y arenosa. De hecho la capacidad de



retención de nutrientes y agua de la materia orgánica es el mayor beneficio de los suelos arenosos. [17]

b) Disponibilidad del nutriente

El humus no solo almacena nutriente si no que también hace que varios nutrientes estén más disponibles para el uso de las plantas. Al descomponerse la materia orgánica libera ácidos orgánicos suaves, que disuelven los minerales del suelo capturándolo para el uso de plantas. El fósforo del suelo tiende a formar compuesto que no se disuelven en agua. Estas formar no pueden moverse en el suelo, ni pueden absorberlo las raíces de las plantas. Los ácidos orgánicos actúan en estos compuestos haciendo que el fósforo más disponible para el uso de las plantas. [17]

c) Agregados del suelo

La materia orgánica provoca que las partículas del suelo se agrupen para formar agregados del suelo y sustancias pegajosas producidas por la unión de organismo del suelo con agrupaciones de éste. Una mejor agregación mejora el laboreo y permeabilidad del suelo. El suelo es más fácil de trabajar, esta mejor airado y absorbe más agua rápidamente. [17]

d) Prevención de la erosión

Los suelos que se mantienen provistos de materia orgánica tienen una estructura optimizada que mejora considerablemente la filtración del agua. Debido que el agua se infiltra rápidamente en el suelo con un alto contenido de materia orgánica, durante las tormentas se escapa menos agua. El incremento de una materia orgánica de 1-3% puede reducir la erosión entre un 1/3 y un 1/5. [17]

3.11.2 Carbono Orgánico Total

El carbono es el principal elemento presente en la materia orgánica, comprendiendo desde el 48-58% del peso total. Por eso las determinaciones de carbono son usadas a menudo como un estimado básico de la materia orgánica. El carbono orgánico esta contenido en la fracción orgánica del suelo la cual consiste de células de



microorganismos residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, "humus" estable sintetizado de los residuos y compuestos altamente carbonizados tales como grafito y antracita. El carbono orgánico es un indicador de la calidad de la fertilidad y estabilidad de los agregados de la materia orgánica. [17]

Relación C/N

El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un bocashi de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el bocashi. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja afecta al proceso de fermentación del bocashi, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un bocashi equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero. [17]

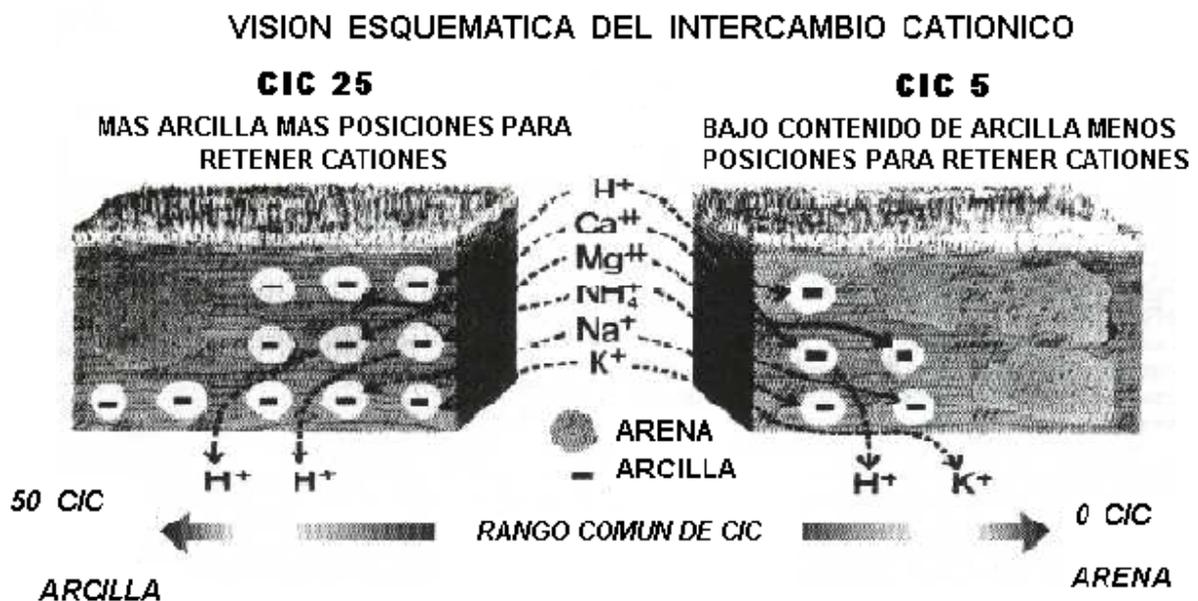
3.11.3 Capacidad de Intercambio Catiónico

Algunas partículas del suelo tienen la posibilidad de adsorber iones en su superficie que pueden intercambiar con la solución del suelo. Existe un equilibrio entre la concentración de iones en la solución y los retenidos por la fase sólida, si bien este equilibrio es muy complejo y depende de la naturaleza del ion, del tipo de adsorbente y de la reacción de la solución, principalmente. Esta característica está ligada a los coloides del suelo representados por la arcilla, las moléculas húmicas y los oxihidróxidos de hierro y aluminio, si bien pueden poseerla en menor grado las partículas de limo y de arena muy fina. Al conjunto de constituyentes implicados en este proceso se le conoce como "complejo adsorbente" o "complejo de cambio". [18]



A la magnitud de esta propiedad se la conoce como "capacidad de intercambio iónico", La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se puede definir como la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede adsorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral. Esto significa que pueden captar ciertos cationes (Na^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.) y aniones (SO_4^{2-} , Cl^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , etc.) y retenerlos en un estado intercambiable, es decir que esos iones pueden intercambiarse por otros cationes o aniones si los minerales de arcillas son tratados con una solución acuosa de dichos iones. Los valores de capacidad de intercambio Catiónico se expresan en meq/100 g. La CIC depende de las cantidades, clases de arcilla y materia orgánica presentes, por ejemplo un suelo con alto contenido de arcilla retiene más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas, así mismo la CIC aumenta a medida que aumenta la materia orgánica. En promedio en la materia orgánica los valores de CIC son mayores que 85 meq/100gr. [18]

Figura N° 2



El importante número de cargas variables de la materia orgánica se pone de manifiesto cuando se determina su capacidad de intercambio Catiónico a diversos valores de pH, no solo se produce un notable incremento con el ascenso de pH, sino



que para valores de pH cercanos a uno su capacidad se anula. Como vemos existe una íntima relación entre el pH y la capacidad de intercambio Catiónico, los cambios de pH del suelo inducidos por el uso son muy frecuentes y ellos son los que afectan de manera indirecta a la capacidad de cambio del suelo.

Esta relación se hace más intensa en lo que se refiere al grado de saturación del suelo, como es conocido, pero también



el pH influye en la naturaleza de los iones presentes en el complejo de cambio. [18]

3.11.4 Reacción del suelo o pH

El pH es también conocida como Reacción del Suelo: la reacción de un suelo Acido, neutro, alcalino, es expresado, como pH que indica la concentración de H^+ en solución. Dado por funciones del material parental, vegetación, topografía, clima. El pH es influenciado cada año por prácticas de cultivo, uso de fertilizantes amoniacales, lluvia acida, materia orgánica del suelo entre otros. Se trata de una propiedad que influye tanto en sus características químicas como físicas. [5]

El pH de un suelo ayuda a determinar el número y tipo de organismos del suelo que cambian los residuos de las plantas en materia orgánica valiosa del suelo. Estos influyen en la estabilidad de los agregados incrementa el movimiento del aire y la reacción del agua. [5]

3.11.5 Conductividad Eléctrica

El agua pura es un pobre conductor de electricidad, pero incrementa la conductividad con un mayor contenido de sales en el agua. Por esta razón la conductividad eléctrica del extracto de saturación es un indicador muy útil de la salinidad del suelo. Valores de 0.5 a 6 dS/m pueden afectar el proceso microbiológico, amonificación



nitrificación y desnitrificación, y procesos químicos como la volatilización del amonio.

[5]

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), se ha adoptado como unidad para expresar la CE los decisiemens por metro (dS/m). Un mohm/cm es igual 1dS/m (1 S/m = ohm/cm). La CE de las soluciones acuosas salinas aumenta a medida que aumenta la temperatura (aproximadamente 2% por cada °C); por lo cual es necesario hacer referencia a una temperatura patrón de 25 °C mediante factores de corrección. Algunos instrumentos automáticamente hacen la compensación por temperatura y dan una temperatura corregida. [5]

La conductividad eléctrica y el pH son fácilmente medidos en el campo y pueden proveer información de las condiciones del suelo para el crecimiento de las plantas y el ciclo de los nutrientes relacionados con producción de alimentos y fibras. Además, están relacionados con la calidad del agua y aire del medio ambiente. [5]

3.11.6 Nitrógeno

El nitrógeno, más que cualquier elemento facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro de las plantas. Las plantas necesitan mucha cantidad de nitrógeno porque forma parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila. Las plantas que reciben el nitrógeno adecuado tienen un crecimiento vigoroso, unas hojas grandes y largos entrenudos de tallo. Las plantas producen grandes cantidades de clorofila, un pigmento verde oscuro. El contenido de proteína del tejido de la planta estará a pleno rendimiento. Un contenido de proteína mas alto hace que la planta sea una fuente mejor de forraje, alimentación y nutrición humana. Las plantas usan de una forma óptima el agua cuando tiene nitrógeno en una cantidad amplia. [17]

Sin embargo, las plantas con demasiado contenido de nitrógeno no crecen adecuadamente. Los problemas asociados a demasiado nitrógeno incluyen:

- ✦ Promueven un crecimiento blando y débil y fácilmente perjudicial.
- ✦ El crecimiento blando es propenso a algunas enfermedades e insectos.
- ✦ Un crecimiento demasiado rápido retrasa el proceso de endurecimiento externo que protege a muchas plantas del frío del invierno. [17]



Fuentes de Nitrógeno

Del 97 al 99 por ciento del nitrógeno del suelo se encuentra en la materia orgánica, el almacén de nitrógeno del suelo. En cualquier momento, solo un pequeño porcentaje de nitrógeno es mineralizado a formas aptas para su empleo. Obviamente, la cantidad de nitrógeno suministrado por la naturaleza sin ayuda humana puede satisfacer la necesidad de una cosecha de maíz moderna. El nitrógeno en forma de amonio lleva una carga positiva. Los coloides del suelo cargados negativamente atrae al catión, protegiéndolo de la lixiviación. El Ion de nitrato, por el contrario, se mueve libremente en el suelo debido a su carga negativa. La cantidad de amonio y nitrógeno en forma de nitrato del suelo depende de la cantidad y el tipo de nitrógeno aplicado al mismo y los porcentajes de nitrificación y desnitrificación. Las bacterias de nitrificación crecen mejor en suelos húmedos, bien drenados y a un pH de 6.0 a 7.5. Debido a las perdida potenciales de nitratos es muy útil controlar el porcentaje de nitrificación de amonio. [17]

3.11.7 Fósforo

El fósforo también estimula el crecimiento pero en menor medida que el nitrógeno.

Papel del Fósforo en las plantas:

- ✦ El fósforo forma parte del material genético (cromosoma y genes) por lo que esta implicado en la reproducción de las plantas y la división celular.
- ✦ El fósforo forma parte de las sustancias química que almacena y trasfiere energía en todos los seres vivientes. En las plantas, los ejemplos de reacciones de energía incluyen la captura de energía de la luz por la fotosíntesis y el transporte de energía en las raíces para la absorción de nutrientes.
- ✦ El fósforo estimula pronto y rápido el crecimiento de la raíz y ayuda a la joven planta a desarrollar sus raíces.
- ✦ El fósforo ayuda a las plantas a usar agua más eficientemente, mejorando el agua absorbida por las raíces.



- ✦ El fósforo mejora la eficacia de la captura del nitrógeno por las plantas, haciendo mejor empleo del nitrógeno de los fertilizantes y reduce el riesgo de contaminación del agua de la tierra debida a la lixiviación del nitrato. [17]

Fósforo en el suelo

El fósforo del suelo es suministrado por la meteorización de minerales como el apatito, un mineral de fosfato de calcio. A medida que el apatito se meteoriza libera aniones que pueden ser usados por las plantas. Estos son ortofosfato primarios (H_2PO_4) y ortofosfato secundario (HPO_4^-). Para simplificar, este texto se refiere a ambos como fosfato.

Muchos suelos contienen grandes cantidades de fosfatos, pero la mayoría no esta disponible para las plantas. El fósforo en forma insoluble, que no esta libre para el crecimiento de las plantas, se dice que esta fijado. Las reacciones que fijan el fósforo dependen del pH del suelo.

Entre un 25 a un 90% de todo el fósforo del suelo reside en la materia orgánica. La materia orgánica es un almacén importante de fósforo. En muchos suelos, las plantas no pueden sacar las provisiones del suelo lo suficientemente rápido como para producir una cosecha completa.

Las plantas absorben únicamente el fósforo que esta en la solución del suelo en forma de HPO_4^{2-} (ión fosfato monoácido) y $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ (ión fosfato diácido). Cualquier fertilizante ya sea de origen orgánico o mineral debe de transformarse primero en esas especies (formas químicas) antes de ser utilizado por el cultivo. La máxima disponibilidad del fósforo se encuentra a pH 6.5, aunque el rango de 6.0-7.0 es satisfactorio para la mayoría de las cosechas. Las diferencias entre los residuos orgánicos y los fertilizantes minerales son principalmente dos:

- 1) velocidad de disponibilidad para el cultivo (los residuos orgánicos tienen que ser primero descompuestos por los microbios, mientras que los abonos minerales ya tienen los compuestos en la forma que la planta los utiliza)
- 2) concentración (los residuos orgánicos tiene concentraciones más bajas de fósforo que los compuestos minerales). [17]



3.11.8 Potasio

La esencialidad del potasio es reconocida en la segunda mitad del siglo pasado, en 1856, W. Horstmar cultivo plantas en disoluciones nutritivas controladas. Diez años más tarde en 1866.H Birne y B. Lucanas, utilizando técnicas hidropónicas, demostraron que el potasio era esencial para la floración y que su función no podría ser desempeñada por ningún otro elemento de su grupo. En 1868, F Nobbe ratifico también esa esencialidad [17]

Papel de potasio en las plantas

- ✦ El potasio (llamado también potasa) es un nutriente clave de la planta. Las plantas consumen mas potasio que cualquier otro nutriente, exceptuando el nitrógeno, y algunas plantas, como el pasto azul, que pueden usar más. Los compuestos no orgánicos de una planta contienen potasio, pero muchos procesos biológicos lo necesitan.
- ✦ El potasio se disuelve en los fluidos de las plantas, cubriendo diversas funciones reguladoras.
- ✦ El potasio activa las necesidades de enzimas en la formación de proteína, almidón, celulosa y lignina. Por consiguiente es necesario para el desarrollo de fuertes paredes gruesas de células y tallos de plantas rígidos.
- ✦ El potasio regula la apertura y el cierre de la estoma de la hoja (poros en la hoja que dejan pasar el oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua hacia fuera y hacia adentro de la hoja. Por consiguiente el potasio esta implicado en el intercambio de gas necesario para la fotosíntesis y la respiración. De forma similar el potasio es necesario para el crecimiento adecuado de la raíz y de las cosechas de tubérculos.
- ✦ El potasio actúa para equilibra los efectos de nitrógeno en particular se sugiere una cantidad de potasio para muchas cosechas. El nitrógeno conduce a un crecimiento mas duro. La dureza resulta del mayor grosor de las paredes de las células.
- ✦ Este aumento de la dureza mejora las cosechas de varias maneras:



- ✦ Las plantas bien provistas de potasio tienen fuertes tallos que son menos propensos al encamado. En el maíz, una reducción del encamado también se
- ✦ produce por el mayor número de raíces en el cuello. Las plantas bien nutridas combaten las enfermedades.
- ✦ El potasio reduce las enfermedades como el mildew de la soja, la sencilla del tabaco y las manchas del césped.
- ✦ El potasio hace que las plantas sean más resistentes al invierno y menos propensa a ser dañadas por las heladas primaverales u otoñales.
- ✦ El potasio por su regulación de la estoma, influye en un porcentaje de transpiración. Una planta con un buen suministro de potasio transpira menos y eso mejora el empleo del suministro de agua.
- ✦ Cuanto más potasio se encuentre en el suelo, más capturan las plantas. Sin embargo no hay pruebas de que un suministro de potasio más allá de las necesidades de las plantas, aumenten el vigor o la dureza. Además, un exceso es la absorción de potasio puede inhibir la absorción de calcio o magnesio. [17]

Potasio en el suelo

Las plantas absorben el potasio que se encuentra en la solución del suelo en forma del catión K^+ . La cantidad de K en la solución del suelo esta en función (controlada por) de la liberación del potasio intercambiable, generalmente localizado alrededor de las partículas (micelas) de arcillas. Las formas de incorporación del potasio al suelo son: adición de residuos vegetales, estiércoles, residuos animales sólidos y fertilizantes minerales. Algunos fertilizantes minerales como el cloruro de potasio (KCl) y el sulfato de potasio y magnesio ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$), son extraídos de yacimientos de silvinita y silvita (el primero) y langbeinita (el segundo). La recogida de potasio es más rápida a un pH cercano al neutro [17]

3.11.9 Calcio

La corteza terrestre contiene aproximadamente 4.2% de Calcio (Ca_2^+), el que ocupando el quinto lugar en la lista de los elementos más abundantes en la naturaleza, una fracción considerable de Calcio total se encuentra en forma



intercambiable y otra, menos estudiada, está unida a la fracción en forma orgánica, el catión Ca^{2+} es el más importante de los Macronutrientes Secundarios en la solución de los suelos. El Calcio, es el catión principal en el complejo de cambio, en general los suelos de regiones húmedas contienen menos Calcio, que su roca madre, cuando el lavado es moderado, este catión no sale del perfil, sino que se encuentra acumulado como una capa de Carbonato de Calcio (CaCO_3). El Calcio, presente en la solución del suelo varía entre 20 y 1500mg/L, en condiciones de clima templado, los valores más altos corresponden a los suelos de regiones áridas. [17]

Papel del Calcio en las Plantas

- ✦ El Calcio es absorbido por las plantas en forma del catión Ca^{2+} . Una vez dentro de la planta, el Calcio funciona en varias formas, incluyendo las siguientes:
- ✦ Estimula el desarrollo de las raíces y de las hojas.
- ✦ Forma compuestos que son parte de las paredes celulares. Esto fortalece la estructura de la planta.
- ✦ Ayuda a reducir el contenido de Nitrato (NO_3^-) en la planta.
- ✦ Ayuda a activar varios sistemas de enzimas.
- ✦ Ayuda a neutralizar los ácidos orgánicos en la planta.
- ✦ Influye indirectamente en el rendimiento al reducir la acidez del suelo (Carbonato de Calcio). Esto reduce la solubilidad y toxicidad del Manganeso, Cobre y Aluminio.
- ✦ Influye indirectamente en el rendimiento al mejorar las condiciones de crecimiento de las raíces y estimula la actividad microbiana, la disponibilidad del Molibdeno y la absorción de otros nutrientes.
- ✦ Es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de Nitrógeno. [17]

Calcio en el Suelo

La cantidad total de Calcio en el suelo fluctúa entre 0.1 hasta alrededor de 25%. Los suelos áridos y calcáreos contienen los niveles más altos de Calcio. Los suelos viejos de los trópicos contienen muy poco Calcio y tienen un valor de pH muy bajo. Los suelos arcillosos contienen más Calcio que los suelos arenosos, debido a que el



Calcio existe como un catión, como Ca^{2+} , este nutriente al igual que los otros cationes está gobernado por los fenómenos del intercambio Catiónico, se mantiene adherido como Ca^{2+} y se torna intercambiable en la superficie de los coloides cargados negativamente. [17]

3.11.10 Magnesio

La corteza terrestre contiene aproximadamente 1.95% de Magnesio (Mg^{2+}), ocupando el octavo ó noveno lugar en la lista de los elementos más abundantes en la naturaleza según diferentes autores, la mayor fracción del elemento se encuentra asociado con algunos minerales primarios como, la Auguita $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})(\text{AlSi})_2\text{O}_6$, y la Hornablanda $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_{2-3}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al}_5)(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ y con otros secundarios, como la Montmorillonita $(\text{Al},\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_4$, entre los silicatos, se sabe que el Olivinito $(\text{Mg},\text{Fe})_2\text{SiO}_4$, la Biotita $(\text{K}(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_3(\text{Si},\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2)$, los Piroxenos $(\text{Ca}_2\text{Mg}_2\text{SiO}_{12})$ y los Anfíboles $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_{2-3}(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al}_5)(\text{Si},\text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ muestran contenidos altos de Magnesio, una proporción apreciable del Magnesio, en los suelos se encuentran en el complejo de cambio. [17]

Papel del Magnesio en las Plantas

- ✦ El Magnesio es absorbido por las plantas como catión Mg^{2+} . Una vez dentro de la planta, cumple muchas funciones como:
- ✦ Atomo central de la molécula de clorofila, por lo que esta involucrado activamente en la fotosíntesis.
- ✦ Interviene en el metabolismo del fósforo, en la respiración y en la activación de muchos sistemas enzimáticos en las plantas. [17]

Magnesio en suelo

El Magnesio nativo del suelo proviene de la meteorización de rocas que contienen minerales Biotitas, Hornablenda $(\text{Ca}, \text{Na}, \text{K})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe} \text{Al}_5) (\text{Si} \text{Al})_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$, Dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$ y Cloritas $\text{A}_4\text{-6Z}_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_2$. Donde $\text{A} = \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Mn}^{2+}, \text{Ni}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$ y $\text{Z} = \text{Al}^{3+}, \text{Fe}^{3+}$. [17]



Muchos suelos contienen suficiente Magnesio para soportar el crecimiento vegetativo, sin embargo, las deficiencias de Magnesio ocurren con más frecuencia en suelos ácidos sujetos a alta precipitación y en suelos arenosos. Las deficiencias también pueden desarrollarse en suelos calcáreos donde el agua de irrigación tiene contenidos altos de bicarbonatos o en suelos sódicos. La relación entre Mg y K puede ser un factor importante bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, el fertilizar con Potasio reduce la absorción de Magnesio de los forrajes que se utilizan en el pastoreo de ganado, lo que resulta en bajas cantidades de Magnesio en la sangre de los animales dando lugar al desorden conocido como "tetania de los pastos". La hipomagnesemia (tetania de los pastos, mal de los avenales) es un desorden metabólico de los rumiantes, que ocurre en regiones templadas, con clima frío y húmedo, en sistemas de producción que basan la alimentación del ganado en el pasto. [17]

3.12 PRINCIPIO DE LOS METODOS DE ANALISIS QUIMICO UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACION DE BOCASHI

3.12.1 Método Kjeldahl con modificación Winkler para determinar N-Total y NH₄⁺

El procedimiento Kjeldahl generalmente utilizado para la determinación de N-Total involucra dos pasos: (i) digestión de la muestra para convertir el nitrógeno orgánico a N-NH₄⁺ y (ii) determinación de N-NH₄⁺ en la digestión. La digestión es usualmente realizada por el calentamiento de la muestra con H₂SO₄, conteniendo sustancias que promuevan la oxidación de materia orgánica y conviertan el N-orgánico a N-NH₄⁺ como H₂O₂. [11]

La determinación del NH₄⁺ en la digestión es usualmente realizada por la estimación del NH₃ liberado por la destilación de la digestión con álcali fuerte. El NH₃ liberado por la destilación es recolectado en un volumen exactamente medido de ácido mineral (H₂SO₄, HCl) y determinado por titulación de el exceso del ácido con álcali (NaOH) Utilizando indicadores tales como rojo de metilo verde de bromocresol. Este método da excelentes resultados, pero las modificaciones de Winkler (1913) en la cual el NH₃ es destilado dentro de H₃BO₃ y titulado con H₂SO₄ o HCl es igualmente



preciso y tiene la ventaja de que es un método directo requiriendo de solo un reactivo. Además ni el volumen ni la fortaleza de la solución de ácido bórico usada para recolectar el destilado necesitan ser exactamente conocidos porque el borato de amonio formado por la reacción de NH_3 y H_3BO_3 es titulado por retroceso a H_3BO_3 cuando el destilado es titulado con H_2SO_4 o HCL .

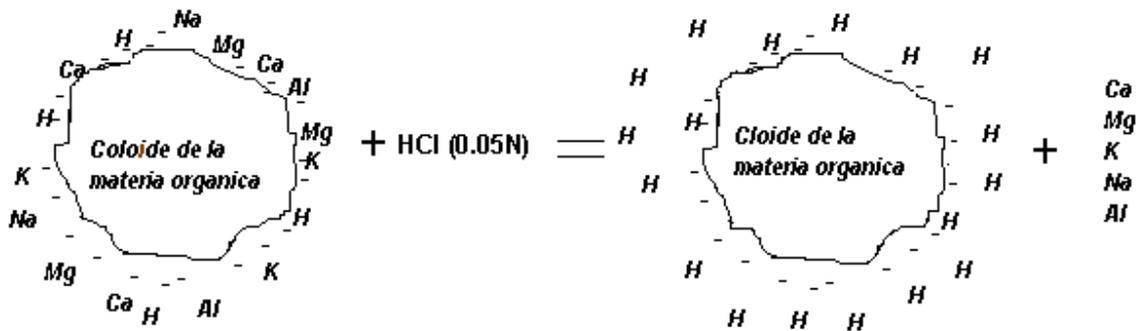


Una ventaja adicional de la modificación Winkler es que un exceso suficientemente grande de ácido bórico puede ser usado para la absorción de completa de NH_3 , aun si la cantidad libera es más grande que lo anticipado. El uso de la solución de ácido bórico conteniendo el indicador de la titulación da otra ventaja adicional porque el cambio de color que ocurre cuando el destilado es recolectado en la solución ácido bórico-indicador sirve para indicar la presencia de suficiente álcalis. Entre los indicadores empleados para indicar el punto final de la titulación con H_2SO_4 o HCL tenemos el naranja de metilo, rojo de metilo, rojo congo, azul de bromofenol. Pero en la práctica se ha observado que al mezclar dos indicadores se obtienen mayor agudeza en los puntos finales. Las mezclas de indicadores que mejores resultados dan son: azul de tetrabromofenol-rojo de metilo, azul de metilo-rojo de metilo y verde de bromocresol-rojo de metilo. [11]

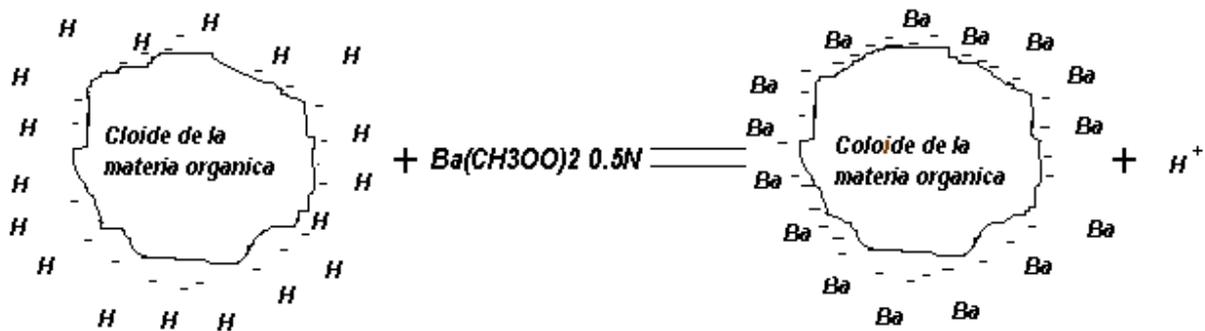
3.12.2 Método Harada & Inoko para determinar CIC

Este método consta de tres etapas:

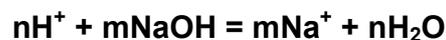
(i) La saturación de la muestra de bocashi con una solución de intercambio (HCl 0.05N) esto implica el reemplazo total de todos los cationes presentes en el complejo coloidal por protones H^+ . [6]



(ii) Extracción: luego a la muestra se le agrega la solución extractante ($\text{Ba}(\text{CH}_3\text{OO})_2$ 0.5N) para desplazar los protones H^+ de las posiciones de intercambio. [6]



(iii) Los protones H^+ desplazados por la solución extractante son titulados con la solución de NaOH (0.05N), para observar el punto final de la titulación se utiliza el indicador oxido-reductor fenolftaleina. La concentración de H^+ calculada es el equivalente de la suma de todos los cationes desplazados. [6]

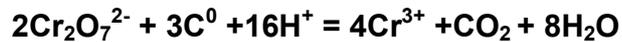


3.12.3 Método de I.V. Tiurin para determinar Carbono Orgánico Total

Entre los elementos principales que constituyen la materia orgánica del suelo, el carbono es el que mejor se puede cuantificar en forma rápida. Por tanto la estimación de la cantidad de materia orgánica se ha basado en la determinación del carbono orgánico. En general la determinación de este elemento se fundamenta en procedimientos cuantitativos que implica la conversión de la forma orgánica a la forma inorgánica como CO_2 . Esta conversión se puede inducir oxidación-reducción



que involucra el tratamiento de la muestra con un agente oxidante fuerte. La materia orgánica en la muestra debe ser oxidada por tratamiento con una mezcla caliente de $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 (ácido crómico 0.4N). [6]



Después de la reacción el exceso de $Cr_2O_7^{2-}$ es titulado con $FeSO_4 \cdot 7H_2O$. El $Cr_2O_7^{2-}$ que se reduce durante la reacción con la muestra es asumido como el equivalente de C orgánico presente en la muestra. Para que la oxidación de la materia orgánica en la muestra sea completa se agrega H_3PO_4 , la adición del ácido fosfórico concentrado a la solución ácido crómico-muestra antes de titular sirve para mejorar los puntos finales del indicador difenilamina de manera que se obtienen mejores resultados. [6]

3.12.4 Principio de Espectrofotometría de Absorción Atómica

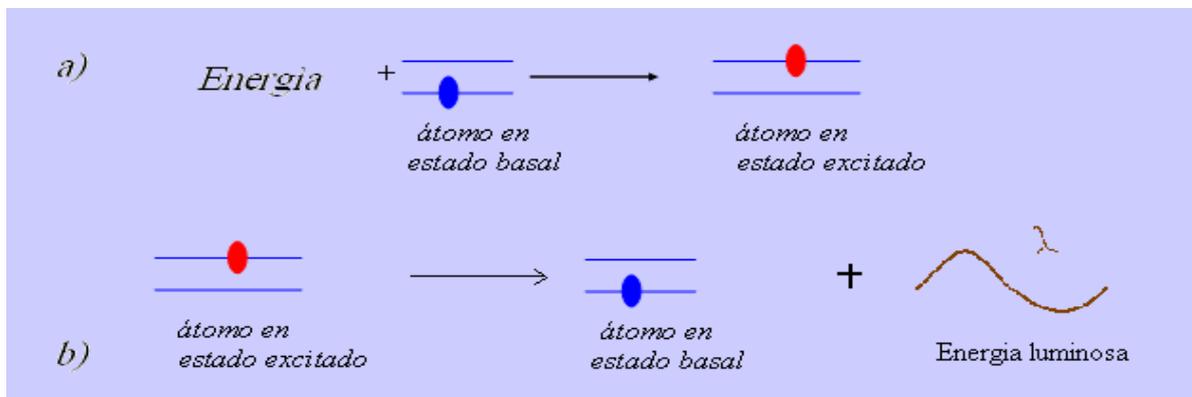
Cada elemento tiene un número específico de electrones asociados a su núcleo. La normal y más estable configuración orbital de un electrón es conocida como el estado basal. Si se aplica energía a un átomo, la energía podría ser absorbida y el electrón exterior será promovido a la configuración menos estable el estado excitado. Desde este estado el átomo inestable podría regresar inmediatamente al estado basal, liberando energía luminosa. [2]

Emisión atómica

La muestra esta sujeta a un ambiente térmico de alta energía en orden para producir átomos en estado excitado. Este ambiente puede ser provisto por una flama o, más rentablemente, un plasma. Sin embargo, desde el estado de excitación inestable, los átomos espontáneamente regresan al estado basal y emiten luz. El espectro de emisión de un elemento consiste de una colección de longitudes de onda de emisión llamadas líneas de emisión, a causa de la naturaleza discretas de las longitudes de onda emitidas. [2]



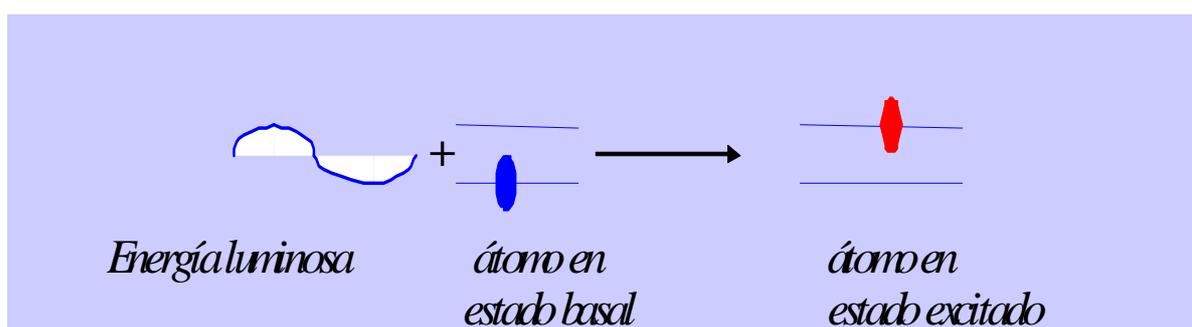
Figura N° 3 El proceso de emisión y decaimiento: a) excitación; b) decaimiento



Absorción atómica

En el estado basal el átomo absorbe energía lumínica de una longitud de onda específica para entrar al estado excitado. Como el número de átomos en la trayectoria de la luz aumenta la cantidad de luz absorbida también aumenta. Por la medición de la cantidad de luz absorbida se puede determinar cuantitativamente la cantidad de analito. El uso de una fuente de luz especial y una selección cuidadosa de una longitud de onda permite la determinación específica de elementos individuales. [2]

Figura N° 4 Proceso de absorción atómica



Diferencia entre emisión y absorción atómica

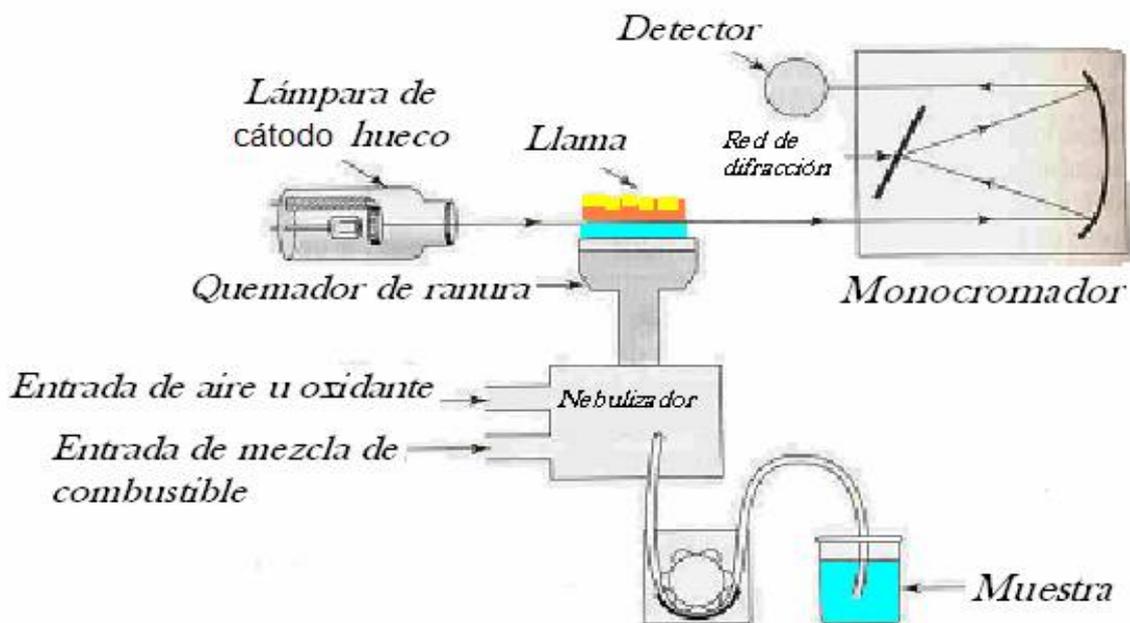
Hay algunas diferencias básicas entre la emisión y la absorción atómica. Usando emisión atómica, la flama tiene un propósito dual: convertir el aerosol de la muestra en un vapor atomizado y elevar térmicamente los átomos a un estado excitado.



Cuando estos átomos regresan al estado basal, ellos emiten luz la cual es detectada por el instrumento. La intensidad de la luz emitida esta relacionada a la concentración de interés en la solución. En absorción atómica, la única función de la flama es de convertir el. Aerosol de la muestra en vapor atomizado el cual puede absorber la luz de la fuente primaria de luz (lámpara de cátodo hueco o lámpara sin electrodo de descarga). [2]

Este método permite llevar a cabo un análisis cualitativo y cuantitativo de entre 70 a 80 elementos. Los límites de detección para muchos de estos elementos son de menos de una parte por millones. La Espectrometría Atómica puede estar basada en la medición de absorción, emisión ó fluorescencia. La Espectrometría de Absorción Atómica (AA) es la que más se utiliza. [2]

Figura N° 5 Representación esquemática de un equipo de Absorción Atómica





3.12.5 Principio de espectrofotometría UV-Visible.

La espectrometría es el conjunto de procedimientos que utilizan la luz para medir concentraciones químicas. Cuando una molécula absorbe radiación UV-Visible hacen que los electrones pasen a orbitales de mayor energía. Cuando una muestra absorbe luz, la potencia radiante del haz de luz disminuye. La potencia radiante P , es la energía por segundo y por unidad de área del haz de luz. La luz se hace pasar a través de un monocromador (prisma, red de difracción o incluso un filtro) para seleccionar una longitud de onda. La luz de una sola longitud de onda se llama monocromática, o sea, de un color. La luz monocromática con una potencia radiante P_0 incide en una muestra de longitud b . La potencia radiante del haz que emerge por el lado opuesto de la muestra P . Como la muestra puede haber absorbido algo de luz, $P \leq P_0$. [19]

La transmitancia, T , se define como la función de la luz incidente que pasa a través de la muestra.

$$\text{Transmitancia } T = P/P_0$$

Por tanto; T puede valer de 0 a 1, en porcentaje 0 a 100%.

$$\text{La absorbancia } A = \log_{10} (P/P_0) = -\text{Log}T$$

La absorbancia a veces se llama densidad óptica. La absorbancia es importante por que es directamente proporcional a la c , de la especie que absorbe luz en la muestra. [19]

$$\text{Ley de Lambert-Beer: } A = \epsilon bc$$

Esta ecuación es el fundamento de la espectrofotometría. La absorbancia es unidimensional, pero algunos escriben unidades de absorbancia. La concentración c normalmente viene dada en unidades de mol/L (M). El paso óptico b se expresa en centímetros. La cantidad ϵ se llama absorptividad molar y tiene unidades como $M^{-1} \text{ cm}^{-1}$ y así el producto ϵbc es adimensional. **La absorptividad molar** es la característica de una sustancia que nos dice cuanta luz absorbe a una longitud de onda determinada. [19]



3.12.6 Plan de muestreo

El muestreo es el proceso de seleccionar una porción del material para proveer posteriormente información sobre su totalidad. El éxito de obtener información representativa de la población en estudio depende en gran medida de la calidad con que se efectuó el muestreo. Desafortunadamente, el plan de muestreo puede estar fuera de control del analista y aunque el resultado analítico depende del método usado se debe considerar que siempre dependerá del plan de muestreo. Para realizar los análisis fisicoquímicos al bocashi se tenía que tomar una muestra representativa, para ello se siguió un esquema de muestreo probabilístico en el cual se tomaron varias submuestras al azar, para luego combinarlas y homogenizarlas completamente y formar una muestra compuesta. La cual se tomo como nuestra muestra de laboratorio. [22]

3.12.6.1 Submuestreo

Una submuestra es una división de la muestra, preparada de tal forma que se tiene alguna confianza de que tiene la misma concentración de analito que en la muestra original. La muestra de laboratorio podría ser una submuestra de una muestra de bulto y la muestra de prueba podría ser una submuestra de la muestra de laboratorio. Debido a la falta de homogeneidad, podría presentar diferencias entre muestras, pero no debería darse entre submuestras. La forma más efectiva de improvisar las características del muestreo de una muestra de laboratorio es mediante el molino. Sin embargo esto no siempre es posible debido a las características de la muestra y una posible contaminación. El mejor procedimiento es reducir el tamaño de la muestra de laboratorio, por ejemplo, por cuarteo. [22]

3.13 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS

La Química Analítica Moderna es una Ciencia predominantemente Cuantitativa, es obvio que en muchos casos una respuesta cuantitativa será mas valiosa que una cualitativa, mediante el uso de los procedimientos estadísticos, se busca potenciar y aumentar el rendimiento del proceso analítico, para ello la estadística puede actuar sobre todas y cada etapa de dicho proceso. Una vez que se han obtenido los datos,



se trata de obtener de los mismos, la mayor información posible y de establecer los límites de confianza con los que dicha información se obtiene. Todo analista debe de tratar de obtener un resultado que represente una estimación correcta del producto analizado en el medio. Es muy difícil que al realizar las diferentes operaciones para obtener el resultado, no se cometan errores los cuales deben de ser suprimidos ó reducidos. Para descubrir estos errores y para mejorar las precisiones de los resultados analíticos se necesita el empleo de los Métodos Estadísticos. [8]

Errores en el Análisis Cuantitativo

Una vez que aceptamos que los análisis cuantitativos jugaran un papel predominante en cualquier laboratorio analítico, debemos aceptar que los errores que aparezcan en tales estudios son de gran importancia. Nuestro principio guía será que no existen resultados cuantitativos válidos si no van acompañados de algunas estimaciones de los errores inherentes a ellos. Concluiremos que todas las mediciones están sujetas a errores. Los científicos experimentales hacen una distribución fundamental entre tres tipos de Errores, como son Crasos, Aleatorios y Sistemáticos. [8]

Los Errores Crasos (tosco) se describen con facilidad, pueden definirse como errores tan graves que no queda otra alternativa más que abandonar el experimento y empezar de nuevo. Como ejemplo se podría incluir la avería total de un instrumento, la caída ó el derramamiento accidental de una muestra muy importante, ó descubrir durante el desarrollo de un experimento que un reactivo que se suponía puro, en realidad estaba contaminado. En consecuencia, en nuestro análisis solo tenemos que distinguir con detenimiento entre los Errores Aleatorios y los Sistemáticos. Resulta evidente que han surgido dos tipos de errores completamente distintos, en primer lugar los Errores Aleatorios, provocan que los resultados individuales caigan a ambos lados del valor medio. Los estadísticos afirman que los Errores Aleatorios afectan la Precisión, ó Reproducibilidad de un experimento. Mientras que los Errores Sistemáticos afectan la Exactitud, es decir, la proximidad al valor verdadero. En muchos experimentos, los Errores Aleatorios y Sistemáticos no se detectan



fácilmente con solo observar los resultados, sino que también tienen orígenes muy distintos en cuanto a la técnica experimental y el equipo que se utiliza. [8]

Manejo de Errores Sistemáticos

Los Errores Aleatorios, pueden estudiarse mediante un amplio conjunto de Métodos Estadísticos, en muchos casos supone, por conveniencia, que están ausentes los Errores Sistemáticos. Es necesario analizar en este momento los Errores Sistemáticos con más detalle, cómo surgen y cómo pueden abordarse. Un ejemplo claro es cuando el valor medio de una serie de mediciones repetitivas se desvía del verdadero valor. Se deduce que, (1) a diferencia de los Errores Aleatorios, los Sistemáticos no se pueden apreciar con la simple repetición de mediciones y (2) a menos que se conozca de antemano el resultado verdadero de un análisis pueden existir Errores Sistemáticos muy grandes, que pasen inadvertidos si no se toman las debidas precauciones. [8]

3.13.1 Media y Desviación Estándar

En los análisis clásicos se realizan mediciones repetidas de la misma cantidad por lo que se exponen a diversos tipos de errores. Para comparar estos resultados se utilizan dos criterios, el valor promedio y el grado de variabilidad. El valor promedio es la media aritmética \bar{X} (en forma abreviada, Media) que es la suma de todas las mediciones dividida por el número de mediciones:

$$\bar{X} = \sum_i \frac{X_i}{n}$$

X_i : mediciones individuales.

n : número de mediciones individuales

La medida más utilizada de la variabilidad es la Desviación estándar, S . Esta se define por medio de la siguiente ecuación.



$$S = \sqrt{\sum_i (X_i - \bar{X})^2 / (n - 1)}$$

3.13.2 Límites de Confianza de la Media

Ahora que conocemos la forma de la distribución muestral de la media, podemos definir el intervalo dentro del cual podemos suponer de manera razonable que se encuentra el valor verdadero. Este intervalo se conoce como el Intervalo de Confianza y los valores extremos del intervalo se llaman Límites de Confianza. El término “confianza” implica que podemos afirmar con un grado de confianza dado, es decir con una cierta probabilidad, que el intervalo de confianza si incluye el valor verdadero, por supuesto el tamaño del intervalo de confianza dependerá de la certeza que queremos tener de que se incluya el valor verdadero, la manera para determinar el Límite de Confianza se calcula utilizando la fórmula:

$$\mu = \bar{X} \pm t(S / \sqrt{n})$$

t : Valor Crítico del Intervalo de Confianza

n: numero de mediciones individuales [8]

3.13.3 Datos anómalos (outliers)

Es muy frecuente encontrarse con la situación en que uno (o posiblemente más) de los resultados que se obtienen de un conjunto de medidas difiere del resto de forma inexplicable. Por esta razón estas medidas se denominan resultados anómalos (outliers). En algunos casos, un resultado anómalo puede atribuirse a un error humano. Por ejemplo, si se obtiene los siguientes resultados en una valoración: 12.12, 12.15, 13.14, 12.12 ml.

Entonces es casi seguro que el tercer valor corresponda a un error en la escritura y que debería leerse 12.14. Sin embargo, incluso cuando los datos que son obviamente erróneos hayan sido eliminados o corregidos, todavía quedan datos que podrían ser anómalos. ¿Deberíamos conservarlos, o deberíamos buscar algún procedimiento para comprobar estadísticamente si deben ser rechazados o no? Obviamente, los valores finales de la media y la desviación estándar dependerán de



si los datos anómalos han sido rechazados o no. Puesto que la discusión sobre la precisión y la exactitud de un método dependen de estos valores finales, tiene que quedar claro siempre si los datos anómalos han sido rechazados y, si es así, por que. [8]

3.13.3.1 Contraste de Grubs (G)

Un contraste frecuentemente utilizado para los datos anómalos es el de Grubs, en el cual se compara la desviación entre el valor sospechoso y la media muestral, con la desviación estándar de la muestra. Este contraste lo recomienda **ISO** preferentemente al de Dixon. Para usar el contraste de Grubs para un valor anómalo, se calcula el estadístico **G**: [8]

$$G = |\text{valor sospechoso} - \bar{X}| / s$$

Donde S se calcula incluyendo el valor sospechoso.

El contraste supone que la población es normal.

Los valores críticos para $P=0.05$ se encuentra en tablas, si el valor **G** calculado supera el valor critico, se rechaza la hipótesis de que el dato sospechoso no es anómalo. [8]

Es importante tener en cuenta que para un nivel de significación de 5%, hay todavía un 5% de riesgo, o de 1 de cada 20, de rechazar incorrectamente el valor sospechoso. Esto puede tener un efecto considerable a la hora de estimar la precisión del experimento. Es importante ser muy cautos al rechazar datos anómalos. Cuando las medidas solo se repiten solo unas pocas veces (lo que es normal en un trabajo analítico) el rechazo de un valor ocasiona una gran variabilidad sobre la media y la desviación estándar. En concreto, el hecho de tomar tres medidas y de rechazar la que difiere más de las otras dos debe evitarse. Se puede demostrar que se obtiene una estimación más fiable de la media, en promedio, utilizando el valor que esta en medio de los tres que utilizando la media de los dos que no fueran rechazados. [8]



3.13.4 Prueba de Levene's

La prueba de Levene's fue aceptada en 1960 como prueba estadística para calcular varianzas y la homogeneidad de las mismas. En muchos casos, también es importante comparar las desviaciones estándar, es decir, los Errores Aleatorios de dos conjuntos de datos. La prueba de Levene's para contrastar la hipótesis de los grupos definidos por la variable factor procede de poblaciones con la misma varianza. La prueba de Levene's consiste en llevar a cabo un análisis de varianza de un factor utilizando como variable dependiente la diferencia en valor absoluto entre cada puntuación individual y la media (o la mediana, o la media recortada) de su grupo.

El nivel crítico (Sig) asociado al estadístico de Levene's permite contrastar la hipótesis de homogeneidad de varianza. Si el valor del nivel crítico es menor que 0.05, debe rechazarse la hipótesis de homogeneidad. [21]

3.13.5 Análisis de varianza (ANOVA)

El análisis de la varianza (**ANOVA**) es una potente herramienta estadística, de gran utilidad tanto en la industria, para el control de procesos, como en el laboratorio de análisis, para el control de métodos analíticos. Los ejemplos de aplicación son múltiples, pudiéndose agrupar, según el objetivo que persiguen, en dos principalmente: la comparación de múltiples columnas de datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso. [8]

Comparación de múltiples poblaciones

La comparación de diversos conjuntos de resultados es habitual en los laboratorios analíticos. Así, por ejemplo, puede interesar comparar diversos métodos de análisis con diferentes características, diversos analistas entre sí, o una serie de laboratorios que analizan una misma muestra con el mismo método (ensayos colaborativos). También sería el caso cuando queremos analizar una muestra que ha estado sometida a diferentes tratamientos o ha estado almacenada en diferentes condiciones. En todos estos ejemplos hay dos posibles fuentes de variación: una es el error aleatorio en la medida y la otra es lo que se denomina factor controlado (tipo



de método, diferentes condiciones, analista o laboratorio,...). Una de las herramientas estadísticas más utilizadas que permite la separación de las diversas fuentes de variación es el análisis de la varianza (ANOVA, del inglés Analysis of Variance) [Massart, 1997].

El ANOVA también puede utilizarse en situaciones donde ambas fuentes de variación son aleatorias. Un ejemplo sería el análisis de algún compuesto de un vino almacenado en un depósito. Supongamos que las muestras se toman aleatoriamente de diferentes partes del depósito y se realizan diversos análisis replicados. Aparte de la variación natural en la medida tendremos una variación en la composición del vino de las diferentes partes del depósito.

Cuando tengamos un factor, controlado o aleatorio, aparte del error propio de la medida, hablaremos del ANOVA de un factor. En el caso de que estuviésemos desarrollando un nuevo método calorimétrico y quisiéramos investigar la influencia de diversos factores independientes sobre la absorbancia, tales como la concentración de reactivo A y la temperatura a la que tiene lugar la reacción, entonces hablaríamos de un ANOVA de dos factores. En los casos donde tenemos dos o más factores que influyen, se realizan los experimentos para todas las combinaciones de los factores estudiados, seguido del ANOVA. Se puede deducir entonces si cada uno de los factores o una interacción entre ellos tienen influencia significativa en el resultado. [8]

Para utilizar el ANOVA de forma satisfactoria deben cumplirse tres tipos de hipótesis, aunque se aceptan ligeras desviaciones de las condiciones ideales:

1. Cada conjunto de datos debe ser independiente del resto.
2. Los resultados obtenidos para cada conjunto deben seguir una distribución normal.
3. Las varianzas de cada conjunto de datos no deben diferir de forma significativa. [8]

El ANOVA puede ser considerado como una herramienta de verificación si dos o más medias muestrales fueron extraídas de una misma población o de poblaciones con el mismo valor esperado, para una magnitud química dada. En consecuencia, cuando estas medias muestrales no sean coincidentes habrá que suponer que provienen de poblaciones diferentes por el efecto causado por un factor en estudio. Como por



ejemplo, comparar las medias muestrales de una “matriz de referencia” versus las medias de muestras obtenidas con diferentes cantidades de un analito. O bien, la comparación entre sí de varias marcas comerciales, proveedoras de reactivos o de kits de medición, como además comparar varios operadores, o equipos, o pipetas entre sí, etc. [8]

La idea básica del método es que si las muestras son normales, independientes y aleatorias; y se supone que todas tienen la misma varianza (**homocedásticas**), entonces, para que provengan de una misma población se necesita únicamente que las medias muestrales sean todas iguales.

Esta será la hipótesis nula H_0 que se usará en todos los modelos de ANOVA, junto

con los cuatro supuestos mencionados. $H_0 : \bar{X}_1 = \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \bar{X}_j = \bar{X}_a$

$$\text{Presencia } H_1 : \bar{X}_1 \neq \bar{X}_2 = \bar{X}_3 = \bar{X}_j = \bar{X}_a$$

		Factor A					
Nº	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	...	Grupo j	...	Grupo a
1	X11	X12	X13	...	X1j	...	X1a
2	X21	X22	X23	...	X2j	...	X2a
3	X31	X32	X33	...	X3j	...	X3a
.
i	Xi1	Xi2	Xi3	...	Xij	...	Xia
.
n	Xn1	Xn2	Xn3	...	Xnj	...	Xna
Total	T.1	T.2	T.3	...	T.j	...	T.a

Este modelo es de tipo **unifactorial**, (**ANOVA de un factor**) es decir se emplea para estudiar el efecto de un cierto Factor A sobre las muestras tomadas. A cada muestra se la denomina grupo. Hay un total de a grupos. En cada grupo se han realizado n determinaciones de la magnitud Química X.

Además:

Xij: dato correspondiente al valor del **Nº i** que se encuentra en el grupo **j**

T.j: es la suma de n observaciones correspondientes al grupo **j**

j = T.j / n: es el valor promedio del grupo **j**.



$T = T.1 + T.2 + T.3 + \dots + T.j + \dots + T.a$: es el total de todas las observaciones X_{ij} hechas.

$N = n * a$: es el número total de datos medidos.

Donde

$$\bar{X} = T/N = \sum_1^a \bar{X}_j / a = \sum_1^n \sum_1^a X_{ij} / N$$

Es el promedio general de todos los datos.

Para los totales, se usa un punto para denotar que se ha sumado a lo largo del subíndice i . Por ejemplo, $T.2$ es el total de los datos de la muestra número 2, o sea:

$$T.2 = X_{12} + X_{22} + \dots + X_{n2}.$$

En estas condiciones se puede calcular la varianza total con

$$DS^2 = SS_T / v_T = \sum_1^n \sum_1^a (X_{ij} - \bar{X})^2 / (N - 1)$$

La varianza total de los datos es el cociente entre la suma de los cuadrados totales **SST** y los grados de libertad totales $v_T = N - 1$. Mientras que la suma de cuadrados totales **SST**, es la sumatoria para N datos, del cuadrado de las diferencias, entre cada valor y su promedio general. [8]

El motivo para escribir la varianza como un cociente entre la suma de los cuadrados y los grados de libertad es que ambos términos pueden ser divididos en dos partes.

Una de esas partes se explica por el efecto del factor analizado y la otra parte es la inexplicada, debida al error aleatorio de las mediciones.

En efecto:

- $T = N - 1 = N - a + a - 1 = (N - a) + (a - 1) = v_D + v_E$
- $E = a - 1$: Son los grados de libertad entre las muestras.
- $D = N - a$: Son los grados de libertad dentro de las muestras.



Por su parte se puede describir la suma de cuadrados como:

$$SS_T = \sum \sum (X_{ij} - \bar{X})^2 = \sum \sum [(X_{ij} - \bar{X}_{.j}) + (\bar{X}_{.j} - \bar{X})]^2$$

Efectuando el desarrollo del cuadrado y simplificando queda:

$$SS_T = \sum \sum (X_{ij} - \bar{X}_{.j})^2 + \sum \sum (\bar{X}_{.j} - \bar{X})^2$$

$$\mathbf{SST = SSD + SSE}$$

La suma de cuadrados dentro de las muestras **SSD**, es la sumatoria del cuadrado de las diferencias entre cada observación y el promedio del grupo al cual pertenece. La suma de cuadrados entre las muestras **SSE**, es la sumatoria del cuadrado de las diferencias entre los promedios de cada grupo y el promedio general o media muestral. [8]

Como se puede ver la **SSD**, tiene un total de N términos cuadráticos libres, pero hay una cantidad de relaciones en el cálculo de las medias grupales que le restan a grados de libertad, por lo tanto los grados de libertad de esa suma de cuadrados será $\square D = (N - a)$.

Por su parte, como hay a medias grupales, la **SSE** tendrá a términos cuadráticos libres, a los que se le debe restar un término, por la relación de vínculo entre ellos con la media general. O sea, $\square E = (a - 1)$.

Si se divide las sumas de los cuadrados por sus grados de libertad respectivos, se obtiene una nueva cantidad con todas las características de una varianza, denominada cuadrados medios, que se denota: **MS** (del término inglés: **Mean of Squares**). Luego, los nuevos términos a ser utilizados son:

MSE = SSE / $\square E$: Son los cuadrados medios entre las muestras.



MSD = SSD / ν D: Son los cuadrados medios dentro de las muestras.

R. A. Fisher demostró que el cociente entre estos dos términos tiene una distribución F y por lo tanto se puede plantear un test de hipótesis de la manera siguiente: Se calcula: **Fcal = MSE / MSD** y se lo compara con un valor crítico de tablas **Ftab, α ; (a-1); (N-a)**

Cuando **Fcal > Ftab** se rechaza la **Ho** planteada, de que todas las muestras provienen de la misma población y se debe continuar para averiguar en cuál, o cuales, muestras hay diferencias significativas.

Finalmente se representa el cuadro de ANOVA, según como se muestra a continuación: [8]

Cuadro de ANOVA de un Factor

Variabilidad	SS	ν	MS	F_{Cal}	F_{tab}
Entre grupos	SS_E	ν_E	SS_E/ν_E	MS_E/MS_D	$F_{0.05;\nu_E;\nu_D}$
Dentro de grupos	SS_D	ν_D	SS_D/ν_D		
Total	SS_T	ν_T			

3.13.6 Comparación de medias de tratamiento individuales

Supongamos que al efectuar el análisis de varianza par un modelo de efectos fijos la hipótesis nula se rechaza. Se concluye que existe diferencia entre las medias, aunque no se especifique exactamente cual de ellas es diferente. En esta situación puede ser útil realizar comparaciones adicionales entre grupos de medias de los tratamientos. La media del i-ésimo tratamiento se define mediante $\mu + t_i$ y su estimación es \check{Y}_i . Las comparaciones entre medias de tratamientos se realizan en términos de los totales de tratamientos Y_i . o de los promedios de los tratamientos \check{Y}_i . Los procedimientos para efectuar estas comparaciones se conocen como métodos de comparación múltiples. [4]



3.13.6.1 Comparación de parejas de Medias de Tratamiento

Supongamos que lo que interesa es comparar todas las parejas de medias de tratamientos, y que las hipótesis nulas que se desean probar son $H_0: \mu_i = \mu_j$, para toda $i \neq j$. Continuación se presenta un método efectivo para realizar estas comparaciones. [4]

3.13.6.2 Método de la Mínima Diferencia Significativa (LSD, del ingles *least significant differences*). Supongamos que después de haber rechazado la hipótesis nula, con base en una prueba F de análisis de varianza, se debe probar $H_0: \mu_i = \mu_j$, para toda $i \neq j$. Esto puede hacerse empleando la estadística t

$$t_0 = \frac{\bar{Y}_i - \bar{Y}_j}{\sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}}$$

Suponiendo una hipótesis alterna bilateral, la pareja de medias μ_i y μ_j se consideran

diferentes. $S\left| \bar{Y}_i - \bar{Y}_j \right| > t_{\alpha/2, N-a} \sqrt{MSE \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$

La cantidad $LSD = t_{\alpha/2, N-a} \sqrt{\left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$

Se denomina mínima diferencia significativa. Si el diseño es balanceado, entonces

$n_1 = n_2 = \dots = n_a = n_y$

$$LSD = t_{\alpha/2, N-a} \sqrt{\frac{2MSE}{n}}$$

Para usar el procedimiento de la **LSD**, simplemente se comparan las diferencias Observadas entre cada par de promedios con el valor correspondiente de la **LSD**. Si $|\bar{Y}_i - \bar{Y}_j| > LSD$, se concluye que las medias poblacionales μ_i y μ_j son diferentes. [4]



3.13.7 Diagrama de cajas

El diagrama de caja (boxplot) es una representación grafica de los datos que permite analizar conjuntamente una serie de medidas numéricas, tales como el mínimo, el máximo, la mediana y los cuartiles. En estos gráficos es posible observar características de los datos como simetrías y posibles observaciones atípicas. Pasos a seguir para construir un diagrama de cajas:

1. Ordenar los datos y obtener los **Xmin, Xmax, q1, q2, q3**.
2. Dibujar un rectángulo cuyos extremos sean **q1, q3**, e indicar **q2** mediante una línea.
3. Calcular los límites admisibles inferior y superior. **$Li = q1 - f * (q3 - q1)$ y**

$Ls = q3 - f * (q3 - q1)$ y Ls Se consideran valores atípicos los situados fuera del intervalo (**Li, Ls**)

El factor f puede variar entre 0.75 y 1.5 en dependencia de el texto o el paquete estadístico usado.

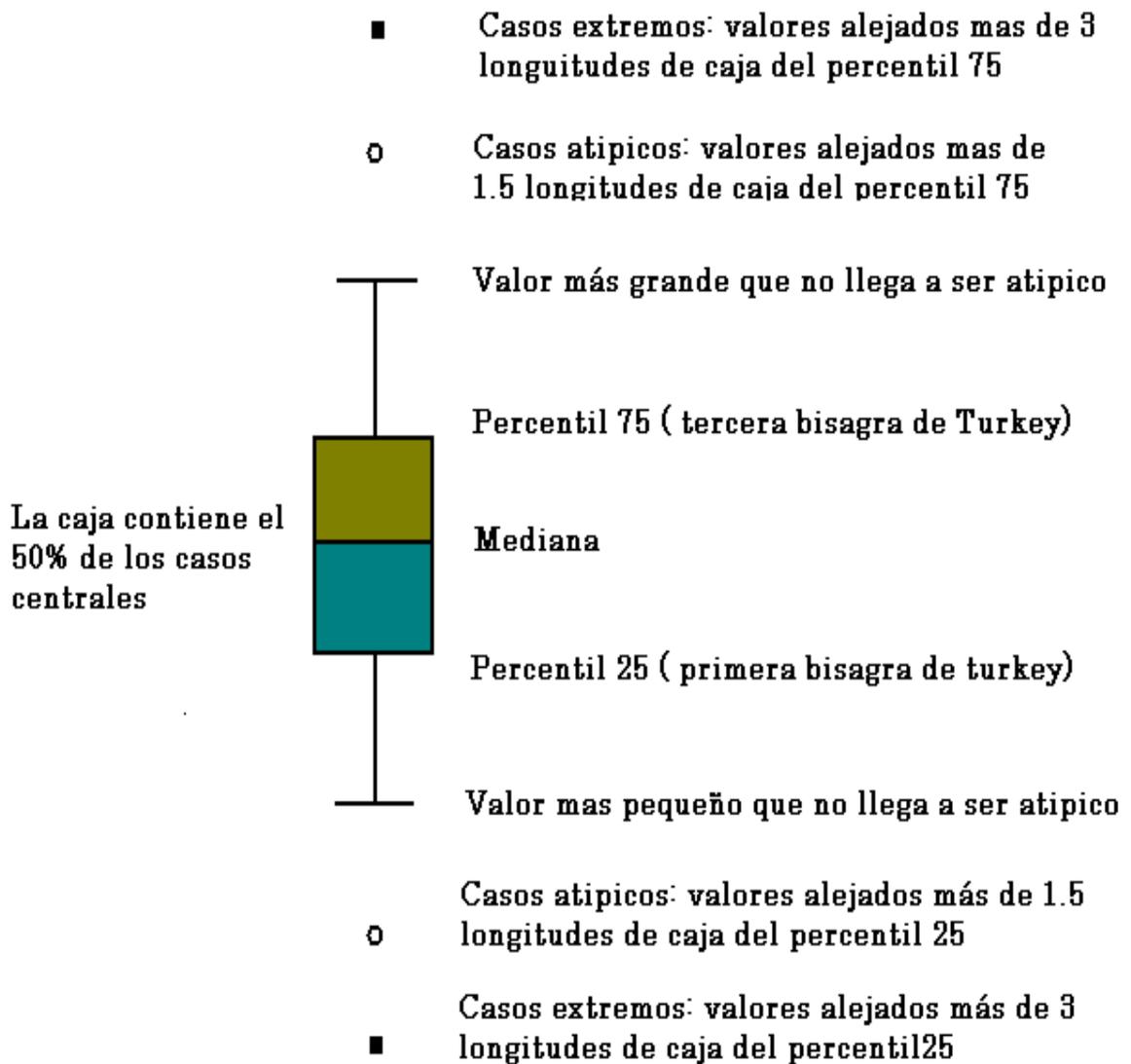
4. Dibujar una línea que vaya desde cada extremo del rectángulo al valor mas alejado no atípico.

En la figura se describe los detalles de un diagrama de caja. El diagrama de caja incluye la mediana, los percentiles 25 y 75 y una serie de valores (atípicos, externos) que junto a la mediana y a la propia caja proporcionan información bastante completa sobre, entre otras cosas, el grado de dispersión de los datos y el grado de asimetría de la distribución. Las medianas desplazada del centro de la caja delata la presencia de asimetría. Las cajas (cuya altura representa la amplitud intercuartílica) muestra el grado de dispersión del 50% de los casos centrales. Los bigotes y los casos atípicos y extremos indican hacia donde se desplazan los valores más alejados del centro.

[21]



Figura N° 6 Detalles de un diagrama de caja.





4. METODOS

4.1 Contexto de la investigación

El presente estudio se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de ciencias en el Campús agropecuario de la UNAN-LEON el cual esta ubicado: entrada la Ceiba 1Km al Este. Este trabajo monográfico inicio en el mes de Febrero y finalizo en el mes de Noviembre.

4.2 HIPOTESIS

En la preparación de bocashi se mejoran los índices de calidad cuando se aplica acido piroleñoso.

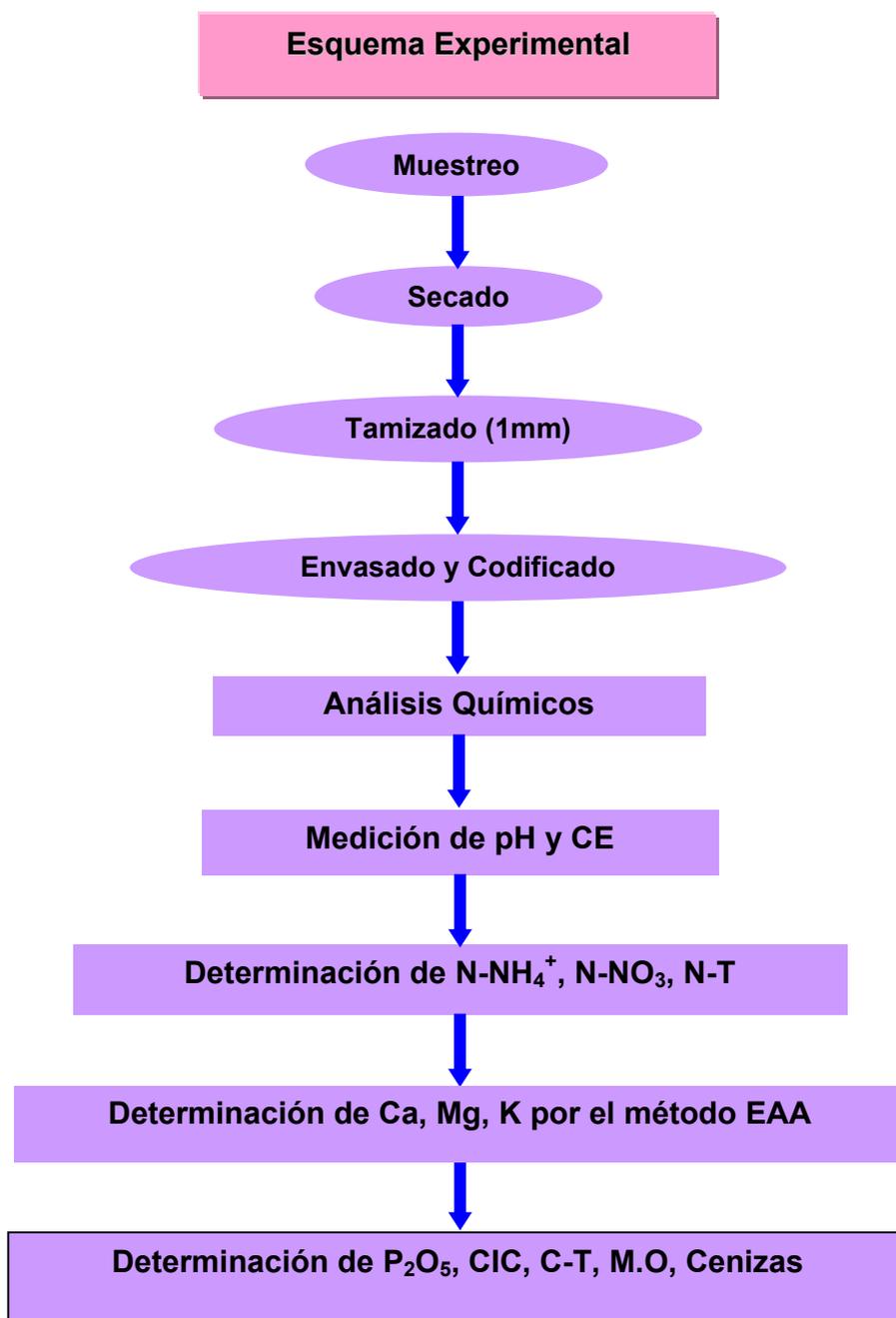
Tabla N° 4 Variables de la investigación

VARIABLE	DEFINICIONES CONCEPTUALES	DEFINICIONES OPERACIONALES
Acido piroleñoso	Ácido piroleñoso es el líquido que se condensa del humo que se obtiene cuando se carboniza materia orgánica. Contiene unos 200 tipos de compuestos orgánicos diferentes.	Aplicar ácido piroleñoso al Bocashi
Tres procedimientos de preparación de bocashi	BT: Bocashi Testigo, con volteo; BSV: Bocashi Sin Volteo; BCP: Bocashi con Acido Piroleñoso.	Comparar los resultados de cada proceso de preparación.
Mejoramiento de los índices de calidad del bocashi	Los índices de calidad son una forma de medir ciertas características de los abonos orgánicos para evaluar el manejo y la sostenibilidad de estos.	Determinar los índices de calidad: pH, CE, Cenizas, MO, C-T, CIC, NO ₃ NH ₄ ⁺ , P ₂ O ₅ , N-T, CaO MgO y K ₂ O



4.3 Diseño Experimental

Esquema N° 1 Descripción general de los procedimientos para Caracterizar el Bocashi



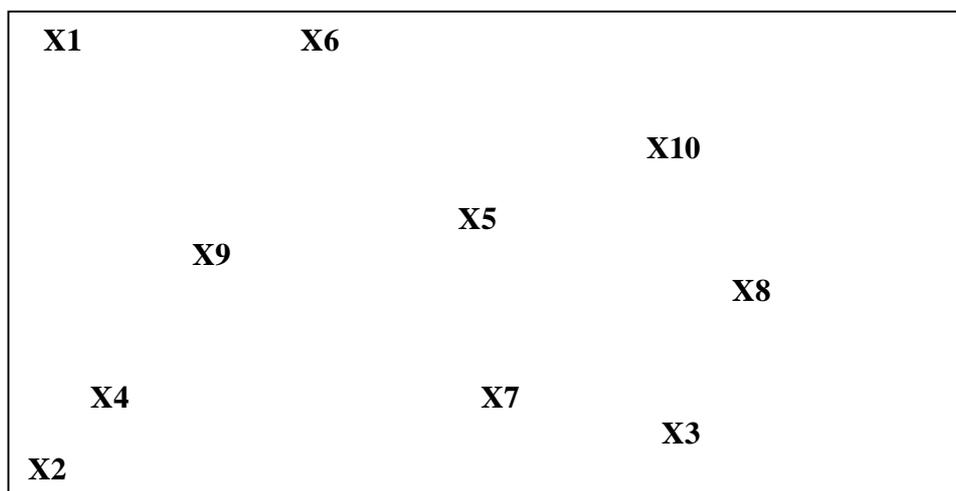


4.4 MUESTREO

El bocashi que se utilizó para este estudio fue preparado en el área de abonos orgánicos del campús agropecuario de la UNAN-LEON (Una vez terminado el proceso de fermentación del bocashi este se recogió de las aboneras y se empaco en sacos (tres sacos por cada tipo de bocashi). Para homogenizar el bocashi contenido en los sacos y obtener una muestra representativa del material de estudio estos se dispersaron sobre un pliego de plástico de forma rectangular de 5 m de largo por 3 m de ancho donde se mezclo manualmente, ya homogenizado el bocashi se procedió a tomar 10 submuestras al azar alrededor de toda el área del plástico. La recolección de las submuestras se hizo en un balde de plástico, posteriormente estas se mezclaron cabalmente para tomar una muestra compuesta de aproximadamente tres kilogramos, la cual fue trasladada de inmediato al laboratorio para su registro y tratamiento previo al análisis. El muestreo se efectúo el 11 de febrero del 2007.

Esquema N° 2 Representación del muestreo

Xn: submuestras





4.4.1 Registro de las muestras

Al llegar las muestras al laboratorio a estas se les asigno el siguiente código para su identificación:

BT: para el bocashi testigo.

BSV: para el bocashi que durante el proceso de fermentación no se volteo.

BCP: para el bocashi con aplicación de ácido píroleñoso.

Cada una de las muestras es almacenada en un balde plástico que tiene el código designado. Los baldes son tapados con bolsas plásticas y depositados en un gabinete de los bancos del laboratorio libre de humedad.

4.4.2 Preparación de la muestra de bocashi

Antes de ser analizada en el laboratorio, la muestra debe someterse al siguiente proceso de preparación.

a) Secado

Preferentemente la muestra debe secarse al aire. Para posteriormente secarse nuevamente en un horno a 40-60 °C donde permanecerá aproximadamente 24 horas dependiendo de su humedad.

b) Molienda y Tamizado

Para homogenizar la muestra, debe ser molida y posteriormente tamizada utilizando un tamiz N° 10 (de malla de 2 mm). Para trabajos muy especiales el material debe molerse a mano en un mortero de ágata.

c) Almacenamiento

Las muestras se almacenan en frascos plásticos, en un lugar bien ventilado por un período de tiempo de un año después de realizado los análisis.



4.5 INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Tabla N° 5 Instrumentos utilizados para la recolección de datos

Equipo	Capacidad	Marca	Modelo	Clase
Balanza Analítica	Máx. 220g	Sartorius	CP225D	
pH – metro	-	Crison	Basic 20	
Conductímetro	-	Crison	GLP 32	
EAA	-	Perkin Elmer	AAAnalyst 700	
EV SFP-3		Fujihira FHK	81531-6	
Bureta	10mL	Pyrex		A
Bureta Digital	25mL	Brand		A

4.6 PROCEDIMIENTOS

4.6.1 Medición de la Reacción de la muestra (pH)

Método Potenciométrico

Calibración del Equipo

Calibrar correctamente el aparato, siguiendo las instrucciones del fabricante. :

- Encender el pH-metro
- Medir el tampón pH 7.00
- Luego, medir el tampón pH 4.01
- Si esta todo correcto el equipo manda el mensaje "Equipo Calibrado"
- Con el equipo calibrado, haga las mediciones de las muestras de interés

Medición: Pese 2.5g de muestra de abono bocashi en un tubo de extracción. Añada 25 ml de agua desionizada, agite bien y lea el valor de inmediato. Reporte el resultado dando un decimal. Si agita la muestra por mucho tiempo, el pH varía por pérdida de amonio.



4.6.2 Medición de la Conductividad Eléctrica

Método Conductimétrico

Calibración del Equipo

Calibrar correctamente el aparato, siguiendo las instrucciones del fabricante.

- a) Encender el Conductímetro
- b) Medir el 1ro patrón recomendado de $1513 \mu\text{S/cm}$
- c) Luego el 2do patrón recomendado de 1288ms/cm .
- d) Si esta todo correcto el equipo manda el mensaje "Equipo Calibrado"
- e) Con el equipo calibrado, haga las mediciones de las muestras de interés

Medición: Pese 2.5g de muestra de abono bocashi en un tubo de extracción. Añada 25 ml de agua desionizada y agite durante 30 minutos. Luego lea el valor de CE.

4.6.3 Determinación de Cenizas y Materia Orgánica

Método Oficial AOAC 910.30; 962.09

Procedimiento

Pese un crisol previamente secado en horno a $95-105^{\circ}\text{C}$ durante ± 30 minutos Anote su peso. A continuación introduzca 2g de muestra en el crisol y calcine por 4 horas en un horno de mufla con temperatura controlada, previamente calentado a $550-600^{\circ}\text{C}$. Inmediatamente después, transfiera el crisol directamente a un desecador, hasta alcanzar la temperatura ambiente. En seguida pese el crisol con los residuos y calcule la cantidad de ceniza presente en la muestra.

Cálculo

$$\% \text{ Ceniza (p/p)} = (\text{Peso residuo después de incineración} / \text{pm}) \times 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica (p/p)} = 100 - \text{Ceniza (\%)}$$

Donde:

pm = Peso de la muestra en gramos

100 = Factor para convertir a porcentaje



4.6.4 Determinación del Carbono Total

Método de I.V.Tiurin

Normalización del Sulfato Ferroso heptahidratado 0.4 N

Vierta 10ml de $H_2Cr_2O_7$ 0.4N en un matraz erlenmeyer de 100 ml.

Agregue 10ml de H_3PO_4 concentrado

Añada 8 gotas de difenilamina y titule con sulfato ferroso heptahidratado 0.4N. El cambio de color es de rojo a verde.

Cálculo $N_{sf} = N_{ác} \times V_{ác} / V_{sf}$

Donde:

N_{sf} = Normalidad de sulfato ferroso heptahidratado.

$N_{ác}$ = Normalidad del ácido crómico, (0.4).

$V_{ác}$ = Volumen en (ml) de ácido crómico empleado en la titulación.

V_{sf} = Volumen en (ml) de sulfato ferroso de amonio gastados en la titulación.

Procedimiento

Pese 0.05g de muestra y llévelos a un tubo kjeldahl. Agregue 10 ml de ácido crómico y mezcle suavemente. Tape el tubo y caliente durante 30 minutos a 200 °C y agite de vez en cuando. Enfríe y transfiera el contenido a un erlenmeyer de 500 ml con ayuda de unos 50 ml de agua desionizada. Agregue 2.5 ml de ácido fosfórico concentrado y adicione 10 gotas de indicador difenilamina 0.5 %. Titule con sulfato ferroso heptahidratado 0.4 N. El cambio de color es de rojo a verde.

Cálculo

$$C-T (\%) = ((\text{meq } K_2Cr_2O_7 - \text{meq } FeSO_4 \cdot 7 H_2O) \cdot 0.003 \cdot 100) / pm$$

Donde:

$$\text{meq } K_2Cr_2O_7 = 10 \text{ ml} \cdot N \text{ } K_2Cr_2O_7$$

$$\text{meq } FeSO_4 \cdot 7 H_2O = V_m \cdot N \text{ } FeSO_4 \cdot 7 H_2O$$

V_m = volumen $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$ gastado en la titulación.

$$0.003 = ((10 - 3 \text{ eq /meq}) \cdot (12 \text{ g de C/4eq}))$$

C-T = Contenido de carbono total en la muestra.

N = Normalidad del sulfato ferroso.

pm = Peso de la muestra en mg, (50)

100 = Factor para convertir a porcentaje.



4.6.5 Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Método de Harada & Inoko

Procedimiento

Intercambio

Pese 0.2g de muestra y colóquelos en el embudo porta muestra del equipo de filtración. Cierre la llave de pase del tubo de evacuación y coloque un recipiente colector debajo de éste. Después agregue 25 ml de solución de intercambio (HCl 0.05N) y deje reposar durante 20 minutos, entre tanto, agite cada 5 minutos aproximadamente. En seguida abra la llave de pase del tubo de evacuación, filtre con ayuda de la bombilla y deseche el filtrado. Repita una vez más este procedimiento a partir de la adición de la solución de intercambio.

Lavado

A continuación, lave la muestra con 150 ml de agua desionizada agregados en 3 tiempos, filtre con ayuda de la bombilla y deseche los filtrados.

Extracción

Inmediatamente, cierre la llave de pase del tubo de evacuación y coloque un recipiente colector debajo de éste. Adicione 25 ml de solución extractate $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ 0.5M) y deje reposar durante una hora (1h), entre tanto, agite cada 20 minutos aproximadamente. Luego abra la llave de pase del tubo de evacuación, filtre con ayuda de la bombilla y conserve el filtrado. Repita una vez más este procedimiento a partir de la adición de la solución extractate.

Lavado

De inmediato, lave la muestra con 150 ml de agua desionizada agregados en 3 tiempos, filtre con ayuda de la bombilla y conserve los filtrados. Ulteriormente mezcle todos los filtrados (lavados + extractos) para utilizarlos en la titulación.

Titulación

Titule el líquido recolectado (200 ml) con solución de NaOH 0.05 N hasta que la misma vire de color. Haga primero un blanco conteniendo 50 ml de $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ más 150 ml de agua desionizada.



Cálculo

$$\text{CIC (cmol (+) Kg}^{-1} \equiv \text{meq/100g)} = C_1 \times \frac{1}{1 - (\% \text{ ceniza}/100)}$$

$$C_1 = (t_1 - t_0) \times N \times (100 / \text{pm})$$

Donde:

t_1 = Volumen de NaOH gastado en la titulación de la muestra.

t_0 = Volumen de NaOH gastado en la titulación del blanco.

N = Normalidad de NaOH

pm = peso de la muestra en gramos.

4.6.6 Determinación de Nitrógeno Nitrato (N-NO₃)

Método de Cataldo Modificado

Procedimiento

Extracción

Pese 2g de muestra y agregue 20 ml de solución extractante. Agite 30 minutos y filtre.

Coloración: tome 0.5 ml de extracto filtrado y caliente a 150 °C hasta sequedad. Agregue 0.4 ml de solución de ácido salicílico 5 % (si aun queda sedimento, caliente hasta disolución total) y deje enfriar. Luego adicione 10 ml de NaOH 2N, agite y deje reposar la solución durante el tiempo que le tome alcanzar la temperatura ambiente. Utilice 0.5 ml de solución extractante como blanco y trátela del mismo modo que la muestra.

Lectura

Lea a 410 nm.

El rango de concentración es 0 ~ 60 ppm

Preparación de la curva

Prepare soluciones estándar de 10, 20, 40, 60 ppm con Solución de Cloruro de Potasio 1N.

Tome 0.5 ml de cada uno de soluciones estándar y trátela del mismo modo que la muestra.



Cálculo

$$\text{N-NO}_3 \text{ (mg/100g)} = \text{Lc} \times (\text{L}/1000) \times \text{Ve} \times 100/\text{pm}$$

Donde:

Lc = Lectura en (mg/L) de la muestra en la curva en curva estándar

1000 = Factor para eliminar los litros

Ve = Volumen de extractante añadido en ml, (20)

pm = peso de la muestra en gramos,(2)

100 = factor para referir a 100g de muestra

4.6.7 Determinación de Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄⁺)

Método de Bremner con modificacion Winkler

Procedimiento

Extracción

Pese 2g de muestra, agregue 20 ml de solución extractante, agite 30 minutos y filtre.

Destilación

Tome 5 ml del filtrado, agregue 0.2g MgO y destile. Reciba el destilado (aproximadamente 150-200 ml) en un erlenmeyer de 250 ml conteniendo 50 ml de ácido bórico con indicador mixto.

Titulación

Una vez concluida la destilación titule con HCl 0.1N primero el blanco y luego la muestra.

Cálculo

$$\text{N-NH}_4^+ \text{ (mg/100g)} = (\text{Vm}-\text{Vb}) \times \text{N} \times 14 \times \text{Ve}(20)/\text{Va}(5) \times 100/\text{pm}$$

Donde:

N-NH₄⁺ = Cantidad de Nitrógeno Amoniacal encontrado en la muestra

Vm = Volumen en (ml) de HCl gastados en la titulación de la muestra

Vb = Volumen en (ml) de HCl gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad del ácido empleado en la titulación

Ve = Volumen de extractante añadido en ml, (20)

Va = Volumen tomado de alícuota en ml, (5)

pm = Peso de la muestra en gramos, (2)



14 = 1ml de HCl 1N equivale a 14mg de NH_4^+

100 = Factor para referir a 100g de muestra

4.6.8 Mineralización de la muestra de bocashi

Mineralización Húmeda (Método SPAD)

Cuando en el abono orgánico se van a analizar los nutrientes en forma total, la muestra debe someterse a mineralización (destrucción de la materia orgánica), con el fin de dejar los elementos en condiciones adecuadas para ser determinados. Esta mineralización puede hacerse en seco, incinerando la muestra a una temperatura no mayor de 500 °C durante 5 – 8 horas, o en húmedo, utilizando mezclas de ácidos minerales y oxidantes concentrados tales como HNO_3 , H_2SO_4 , HClO_4 y H_2O_2 . Generalmente se emplea mineralización en húmedo para todos los nutrientes a excepción del Boro y Aluminio debido a contaminación con el material de vidrio.

Procedimiento

Pese 0.5g de muestra y colóquelas en un tubo de digestión kjeldahl. Agregue 4 ml de ácido sulfúrico concentrado, mezcle suavemente y deje reposar durante 5 minutos. Haga un ensayo en blanco.

Añada 2 ml de peróxido de hidrógeno 30 % a cada tubo y deje reposar hasta que cese la reacción violenta. Luego adicione 2 ml más de peróxido de hidrógeno y después de haber cesado la reacción violenta, caliente en el digestor Kjeldahl a 300°C durante 5-10 minutos. Deje enfriar un poco y continúe agregando peróxido de hidrógeno y calentando, hasta que el líquido se torne incoloro o amarillo claro casi transparente, dejando siempre enfriar un poco después de cada calentamiento. Una vez terminada la digestión deje enfriar los tubos y diluya con agua desionizada hasta completar 100 ml. Filtre si es necesario.



4.6.9 Determinación de Fósforo Total

Método Vanado-Molibdato

Procedimiento

Coloración

Tome 2 ml de muestra digerida y agregue 6 ml de agua desionizada y 2 ml de reactivo calorimétrico. Como blanco utilice 8 ml de blanco digerido y 2 ml de reactivo calorimétrico. Deje reposar por 10 minutos y realice las lecturas.

Lectura

Longitud de Onda: 420 nm

Rango de Concentración: 0 ~ 20 ppm

Cálculo

$$P_2O_5 (\%) = L_c \times L / 1000 \times V_{fm}(100) \times V_{fl} (10) / V_a(261) \times 100 / pm(500) \times 2.2914$$

Donde:

L_c = Lectura de la muestra en la curva estándar en mg/L

1000 = Factor para eliminar litros, L

V_{fm} = Volumen final de mineralización en ml, (100)

V_{fl} = Volumen final de lectura en ml, (10)

V_a = Volumen tomado de alícuota en ml, (261)

pm = Peso de la muestra en miligramos, 500

100 = Factor para convertir a porcentaje

2.2914 = Factor para convertir a P_2O_5

4.6.10 Determinación de Nitrógeno Total

Método de Kjeldahl (Titulación) con modificación Winkler

Procedimiento

Destilación

Tome 25 ml de la muestra mineralizada y agregue solución de NaOH 35 % en cantidad suficiente hasta que el pH sea igual a 9 ó mayor. Destile y reciba el



destilado (150-200ml) en un erlenmeyer de 250 ml conteniendo 50 ml de ácido bórico con indicador mixto.

Titulación

Titule el destilado con solución de HCl 0.1N hasta la aparición del color rosa. Titule siempre el ensayo en blanco antes de titular las muestras.

Cálculos

$$N-T (\%) = 4 [(V_m - V_b) \times N \times 14 \times 100 / pm]$$

Donde:

N-T = Cantidad de Nitrógeno Total encontrado en la muestra

V_m = Volumen en mL de HCl gastados en la titulación de la muestra

V_b = Volumen en mL de HCl gastados en la titulación del blanco

N = Normalidad del ácido empleado en la titulación

14 = 1ml de HCl 1N equivale a 14mg de NH₄⁺

pm = Peso de la muestra en miligramos

100 = Factor para convertir los resultados a por ciento

4 = Factor para calcular el contenido total de nitrógeno analizado en la muestra

4.6.11 Determinación de Calcio, Magnesio y Potasio por Espectrometría de Absorción Atómica

Curva Estándar de Calcio (Ca)

Solución Patrón de 100 ppm: Tome 1ml de la solución de referencia de 1000 ppm y dilúyalos a 100 ml con agua desionizada.

Para la elaboración de la curva, prepare a partir de la solución de 100 ppm, soluciones estándares de, 1, 2, 3, 4 y 5 ppm, con solución blanco (H₂SO₄/H₂O₂ en una relación V/V de 4/16 respectivamente) y solución de Lantano 1 % (para eliminar las interferencias químicas del Al, P y Si). Es preciso que la cantidad mínima de lantano presente en los estándares y muestras sea de 1000 ppm. Como blanco, utilice solución de lantano y blanco digerado.



Curva Estándar de Magnesio (Mg)

Solución Patrón de 100 ppm: Tome 1ml de la solución de referencia de 1000 ppm y dilúyalos a 100 ml con agua desionizada. Para la elaboración de la curva, prepare a partir de la solución de 100 ppm, soluciones estándares de, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 y 1.0 ppm, con solución blanco (H₂SO₄/H₂O₂ en una relación V/V de 4/16 respectivamente) y solución de Lantano 1 % (para eliminar las interferencias químicas del Al, P y Si). Es preciso que la cantidad mínima de lantano presente en los estándares y muestras sea de 1000 ppm. Como blanco, utilice solución de lantano y blanco digestado.

Curva Estándar de Potasio (K)

Solución Patrón de 100 ppm: Tome 10 ml de la solución de referencia de 1000 ppm y dilúyalos a 100 ml con agua desionizada. Para la elaboración de la curva, prepare a partir de la solución de 100 ppm, soluciones estándares de 2, 4, 6, 8 y 10 ppm con solución blanco (H₂SO₄/H₂O₂ en una relación V/V de 4/16 respectivamente) y solución de Lantano 1 % (para eliminar las interferencias químicas del Al, P y Si). Es preciso que la cantidad mínima de lantano presente en los estándares y muestras sea de 1000 ppm. Como blanco, utilice solución de lantano y blanco digestado.

Dilución

Tome una alícuota de la muestra mineralizada y dilúyala 25 veces con solución blanco (por ejemplo, 1ml de muestra + 24 ml de solución blanco). Haga lo mismo con el blanco digestado.

Preparación de la muestra

Ahora, tome 0.2ml de muestra diluida, agregué 1ml de solución de Tricloruro de Lantano 1% y 8.8ml de blanco. Como blanco, utilice 2.5 ml de solución de lantano 1 % y 22.5 ml de blanco digestado.

Establecer las condiciones de trabajo del espectrómetro de absorción atómica



Lectura de Potasio (K₂O)

Tipo de Señal: Emisión
Longitud de onda: 404.4nm
Tipo de Llama: Aire-Acetileno

Lectura de Calcio (CaO)

Tipo de Señal: Absorción
Longitud de onda: 422.7nm
Tipo de Llama: Aire-Acetileno

Lectura de Magnesio (MgO)

Tipo de Señal: Absorción
Longitud de onda: 285.2nm
Tipo de Llama: Aire-Acetileno

Hacer directamente las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Cálculo

$$K_2O \text{ (ppm)} = L_c \times V_{fd}(25) / V_a(1) \times V_{fl}(25) / V_{al}(1) \times 1.205$$

$$CaO(\%) = L_c \times L / 1000 \times V_{fm}(100) \times V_{fd}(25) / V_a(1) \times V_{fl}(10) / V_a(4) \times 100 / p_m(500) \times 1.399$$

$$MgO(\%) = L_c \times L / 1000 \times V_{fm}(100) \times V_{fd}(25) / V_a(1) \times V_{fl}(10) / V_a(4) \times 100 / p_m(50) \times 1.658$$

Donde:

L_c = Lectura en (mg/L) de la muestra en la curva

1000 = Factor para eliminar litros

V_{fm} = Volumen final de mineralización en ml, (100)

V_{fl} = Volumen final de lectura en ml, (25)

V_a = Volumen tomado de alícuota en ml, (1)

100 = Factor para convertir a porcentaje

P_m = Peso de la muestra en miligramos, 500

1.205 = Factor para convertir a K₂O

1.399 = Factor para convertir a CaO

1.658 = Factor para convertir a MgO





5. RESULTDOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BOCASHI (BCP, BSV, BT) ANTES DE APLICAR LA PRUEBA DE VALORES ANOMALOS (GRUBBS)

Tabla N°6 Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi Testigo (BT)

Replicas	PH	CE (mS/cm)	Ceniza %	MO %	C T %	CIC meq/100g	NO ₃ (mg/100)	NH ₄ ⁺ (mg/100)	P ₂ O ₅ %	N-T %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
1	7,94	1,389	81,06	18,93	8,28	114,18	4,622	27,637	0,788	0,68	2,854	2,92	0,558
2	7,95	1,377	81,76	18,24	9,03	98,79	6,648	27,634	0,8	0,66	2,8	2,912	0,558
3	7,94	1,49	81,16	18,84	7,61	108,45	5,3215	30,705	0,8	0,65	2,92	2,881	0,56
4	7,94	1,379	81,4	18,59	7,35	109,63	6,0525	33,774	0,8	0,69	2,506	2,821	0,573
5	7,93	1,42	81,32	18,68	7,41	109,21	6,676	30,702	0,805	0,7	3,621	2,804	0,568
6	8	1,446	80,27	19,72	8,88	103,45	7,5935	30,702	0,84	0,67	3,67	2,797	0,57
7	8	1,394	80,55	19,44	9,07	111,063	5,9875	27,632					
8	7,97	1,375	80,09	19,9	8,13	102,67	3,229	33,777					
9	7,96	1,379	81,83	18,17	7,96	119	5,777	30,703					
10	7,97	1,393	81,57	18,43	9,87	117,32	4,6125	24,564					



Tabla N°7 Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi Sin Volteo (BSV)

Replicas	PH	CE (mS/cm)	Ceniza %	MO %	C T %	CIC meq/100g	NO ₃ (mg/100)	NH ₄ ⁺ (mg/100)	P ₂ O ₅ %	N-T %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
1	7,66	1,856	77,13	22,87	10,64	89,34	8,385	18,422	1,043	0,96	3,592	3,796	0,858
2	7,68	1,880	76,68	23,32	12	87,53	8,629	21,492	1,064	1,01	3,16	3,779	0,858
3	7,65	1,955	77,09	22,91	10,31	104,8	8,635	18,424	1,071	0,95	3,97	3,76	0,86
4	7,68	1,958	75,56	24,44	9,76	83,47	8,495	15,352	1,16	0,89	2,687	3,072	0,527
5	7,69	1,894	76,95	23,05	9,8	114,71	9,889	18,424	1,19	0,89	2,854	3,079	0,525
6	7,66	1,958	75,15	24,85	11,08	91,89	8,807	21,494	1,196	0,9	2,581	3,098	0,524
7	7,65	1,958	77,54	22,46	9,9	117,72	7,893	18,422					
8	7,68	1,875	77	23	11,2	99,28	9,708	18,4296					
9	7,7	1,983	78,53	21,47	9,97	106,2	6,6115	15,352					
10	7,7	1,845	75,56	24,44	9,54	93,25	9,614	21,499					



Tabla N°8 Resultados de los análisis realizados a la muestra de Bocashi con Acido Piroleñoso (BCP)

Replicas	PH	CE (mS/cm)	Ceniza%	MO%	C T%	CIC meq/100g	NO ₃ (mg/100)	NH ₄ ⁺ (mg/100)	P ₂ O ₅ %	NT %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
1	7,63	2,16	76,73	23,27	11,01	92,87	14,58	18,358	1,352	1,05	2,377	4,097	0,868
2	7,68	2,18	75,83	24,17	11,31	89,46	13,35	21,499	1,325	1,06	2,225	4,064	0,865
3	7,6	2,16	75,93	24,07	11,02	94,92	14,86	18,425	1,327	1,04	3,262	4,026	0,864
4	7,59	2,14	75,85	24,15	10,97	99,48	13,06	21,5	1,33	1,01	2,757	5,451	0,875
5	7,66	2,1	76,35	23,65	12,48	101,53	13,35	24,573	1,353	0,98	3,335	5,462	0,877
6	7,66	2,09	75,88	24,12	11,79	94,67	12,85	21,499	1,34	1,03	3,372	5,483	0,87
7	7,66	2,09	74,94	25,06	11,4	105,46	11,405	15,355					
8	7,64	2,12	75,35	24,65	11,37	112,14	9,68	18,425					
9	7,63	2,17	75,93	24,07	10,93	104,81	9,683	18,427					
10	7,67	2,11	75,12	24,88	12,09	111,16	13,89	18,427					



5.1 PRUEBA DE GRUBB A LOS DATOS SOSPECHOSOS

Tabla N°9 Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BT

Test de Grubbs	pH	CE	Ceniza %	MO%	CT%	CIC	NO ₃	NH ₄ ⁺	N-T%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO%	MgO%
Valores sospechosos	7.93	1.37	80.09	18.17	7.41	98.8	3.229	24.56	0.65	0.801	2.506	2.797	0.558
	8.0	1.44	81.83	19.9	9.87	117.3	7.593	33.77	0.70	0.807	3.67	2.912	0.573
Gcalc valor sospechoso	1.145	0.916	1.658	1.195	1.142	1.640	1.927	1.791	0.561	1.813	1.172	1.067	0.981
Gcalc valor sospechoso	1.527	1.718	1.195	1.660	1.819	1.231	1.544	1.370	0.842	0.362	1.283	1.013	1.282
Gcritic 0.05,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887
Gcritic 0.05,10	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	-	-	-	-	-
Gcalc < Gcrit	Todos los valores sospechosos se aceptan no hay valores anómalos (outliers)												



Tabla N°10 Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BSV

Test de Grubbs	pH	CE	Ceniza %	MO%	CT%	CIC	NO ₃	NH ₄ ⁺	N-T%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO%
Valores sospechosos	7.65 7.7	1.845 1.983	75.15 78.53	21.47 24.85	9.54 11.95	83.4 114.7	6.611 9.889	15.35 18.42	0.89 1.01	1.043 1.196	2.58 3.97	3.07 3.79	0.52 0.86
Gcalc valor sospechoso	1.315	1.299	1.523	1.758	1.118	1.311	1.985	1.490	0.871	1.117	1.024	0.94197	0.92015
Gcalc valor sospechoso	1.315	1.493	1.758	1.523	1.961	1.358	1.325	1.221	1.219	1.102	1.51704	0.95771	0.92015
Gcritic 0.05,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887
Gcritic 0.05,10	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	-	-	-	-	-
Gcalc<Gcrit	Todos los valores sospechosos se aceptan no hay valores anómalos (outliers)												



Tabla N°11 Prueba de Grubbs para la datos de la muestra BCP

Test de Grubbs	pH	CE	Ceniza %	MO%	CT%	CIC	NO ₃	NH ₄ ⁺	N-T%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO%	MgO%
Valores sospechosos	7.59	2.09	74.94	23.27	10.97	89.46	9.68	18.35	0.98	1.325	2.225	4.064	0.864
	7.67	2.18	76.73	25.06	12.09	112.1	14.89	21.49	1.06	1.353	3.372	5.483	0.877
Gcalc valor sospechoso	0.887	1.226	1.578	1.742	0.887	1.445	1.623	0.729	1.2	1.041	1.304	0.910	1.138
Gcalc valor sospechoso	1.240	1.401	1.742	1.578	1.240	1.484	1.188	0.709	1.085	1.201	0.952	0.935	1.328
Gcritic 0.05,6	-	-	-	-	-	-	-	-	1.887	1.887	1.887	1.887	1.887
Gcritic 0.05,10	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	2.29	-	-	-	-	-
Gcalc < Gcrit	Todos los valores sospechosos se aceptan no hay valores anómalos (outliers)												





5.2 RESULTADOS DE LOS ANALISIS REALIZADOS A LAS MUESTRAS DE BOCASHI (BCP, BSV, BT) DESPUES DE APLICAR LA PRUEBA DE VALORES ANOMALOS

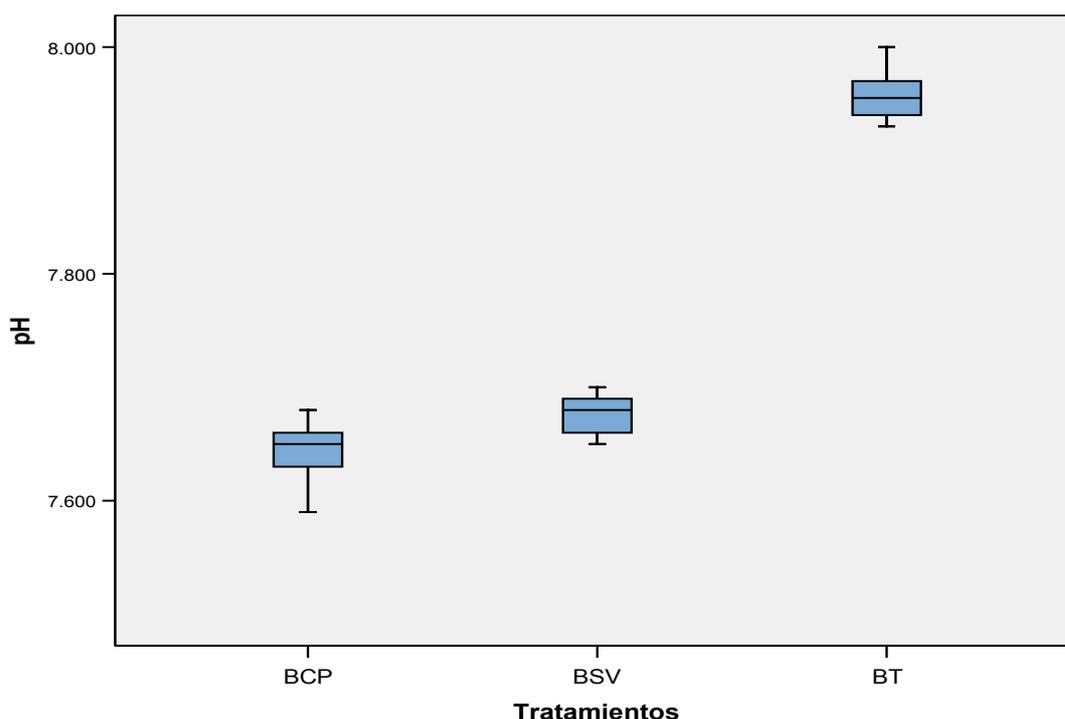
5.2.1 pH-Método Potenciométrico

Tabla N°12 Resultados de la medición de pH en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Mediciones de pH		
	BCP	BSV	BT
1	7,63	7,66	7,94
2	7,68	7,68	7,95
3	7,60	7,65	7,94
4	7,59	7,68	7,94
5	7,66	7,69	7,93
6	7,66	7,66	8,0
7	7,66	7,65	8,0
8	7,64	7,68	7,97
9	7,63	7,70	7,96
10	7,67	7,70	7,97
Media: \bar{X}	7.642	7.675	7.96
Desv Estd: S	0.029	2.111	0.025
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	7.64± 0.021	7.67± 0.013	7.96± 0.018

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°1 Resultados de la medición de pH





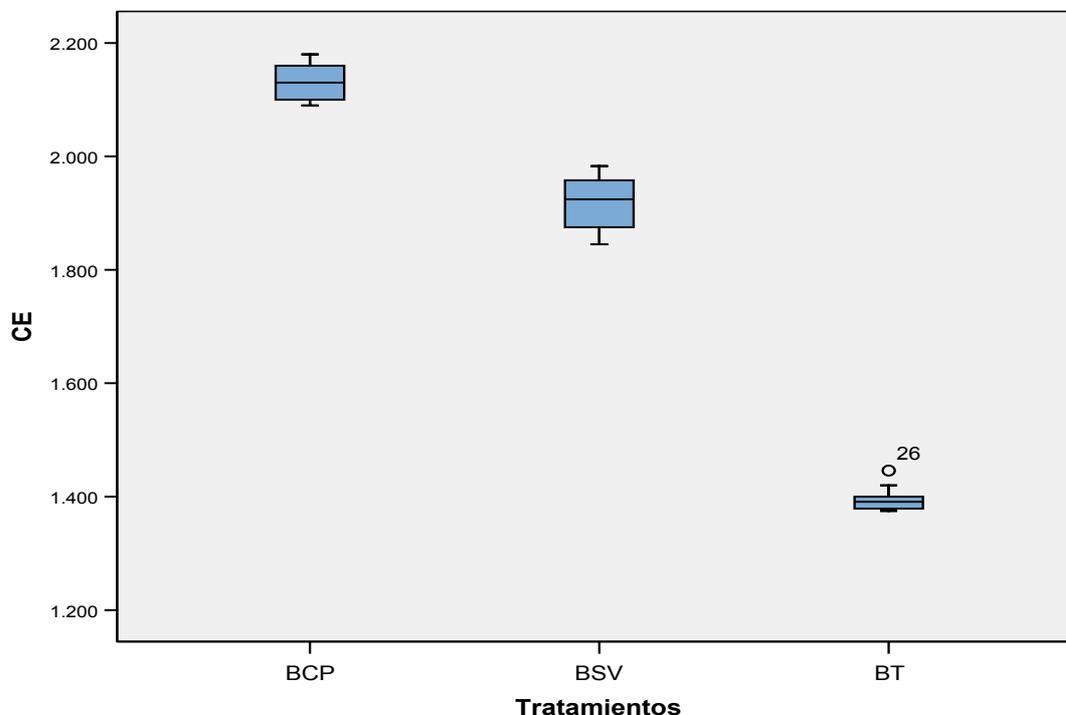
5.2.2 Conductividad Eléctrica CE. Método Conductimétrico

Tabla N°13 Resultados de la medición de CE en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Mediciones de CE mS/cm		
	BCP	BSV	BT
1	2,160	1,856	1,389
2	2,180	1,880	1,377
3	2,160	1,955	1,440
4	2,140	1,958	1,379
5	2,10	1,894	1,420
6	2,090	1,958	1,444
7	2,090	1,958	1,394
8	2,120	1,875	1,375
9	2,170	1,983	1,379
10	2,110	1,845	1,393
Media: \bar{X}	2.132	1.916	1.399
Desv Estd: S	0.034	0.051	0.026
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	2.132± 0.024	1.916± 0.036	1.399± 0.018

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°2 Resultados de la medición de CE





5.2.3 Determinación de Cenizas y Materia Orgánica (MO). Método oficial AOAC 910.30; 962.09

Tabla N°14 Resultados del contenido de cenizas en las muestras de
 Bocashi

Repetición N°	Contenido de Cenizas (%)		
	BCP	BSV	BT
1	76,73	77,13	81,06
2	75,83	76,68	81,76
3	75,93	77,09	81,16
4	75,85	75,56	81,40
5	76,35	76,95	81,32
6	75,88	75,15	80,27
7	74,94	77,54	80,55
8	75,35	77,0	80,09
9	75,93	78,53	81,83
10	75,12	75,56	81,57
Media: \bar{X}	75.791	76.719	81.101
Desv Estd: S	0.540	1.030	0.610
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	75.791± 0.385	76.719± 0.736	81.101± 0.436

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°3 Resultados del contenido de Ceniza

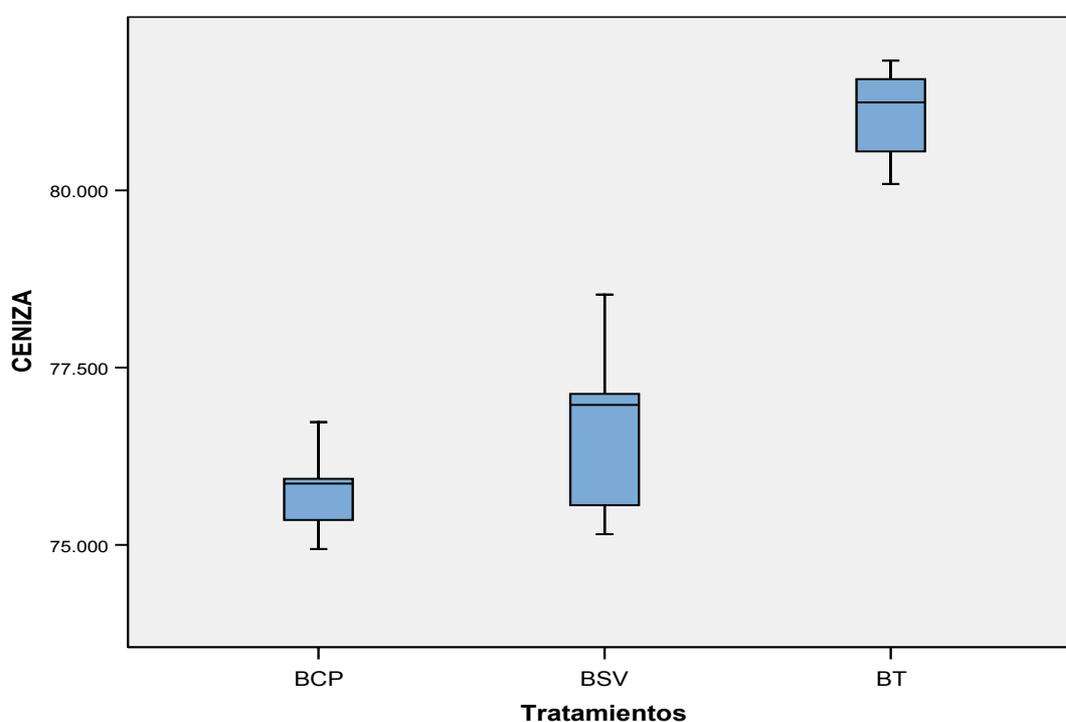


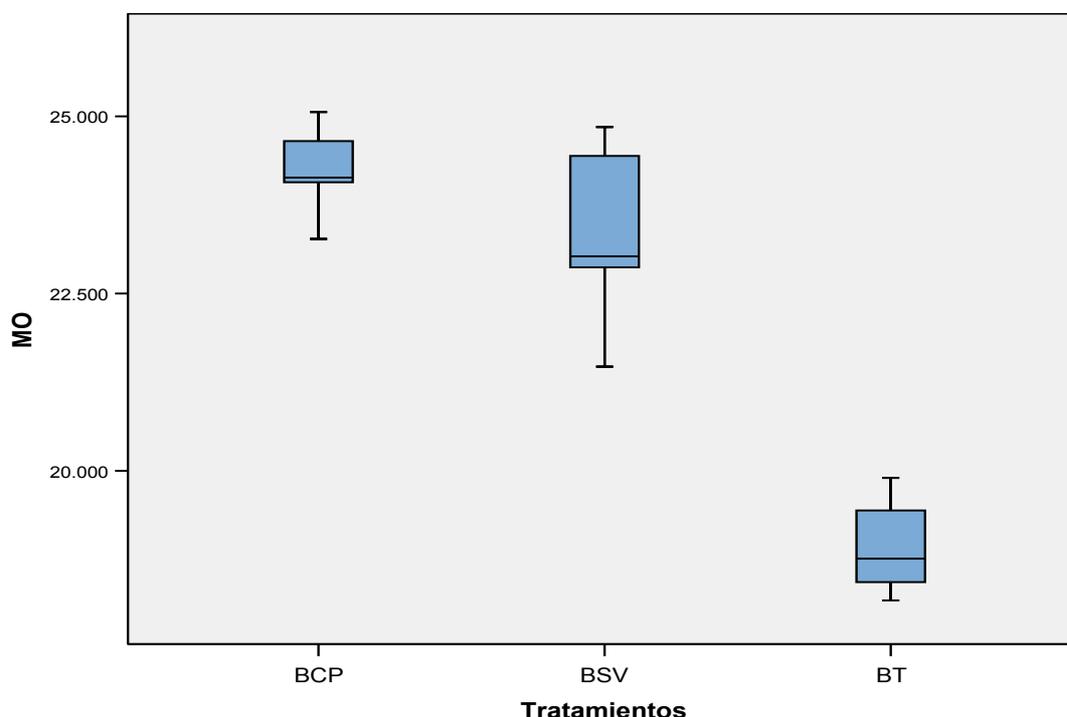


Tabla N°15 Resultados del contenido de MO en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de Materia Orgánica (%)		
	BCP	BSV	BT
1	23,27	22,87	18,93
2	24,17	23,32	18,24
3	24,07	22,91	18,84
4	24,15	24,44	18,59
5	23,65	23,05	18,68
6	24,12	24,85	19,72
7	25,06	22,46	19,44
8	24,65	23,0	19,90
9	24,07	21,47	18,17
10	24,88	24,44	18,43
Media: \bar{X}	24.209	23.281	18.894
Desv Estd: S	0.540	1.030	0.605
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	24.209± 0.385	23.281± 0.736	18.894± 0.433

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°4 Resultados del contenido de MO





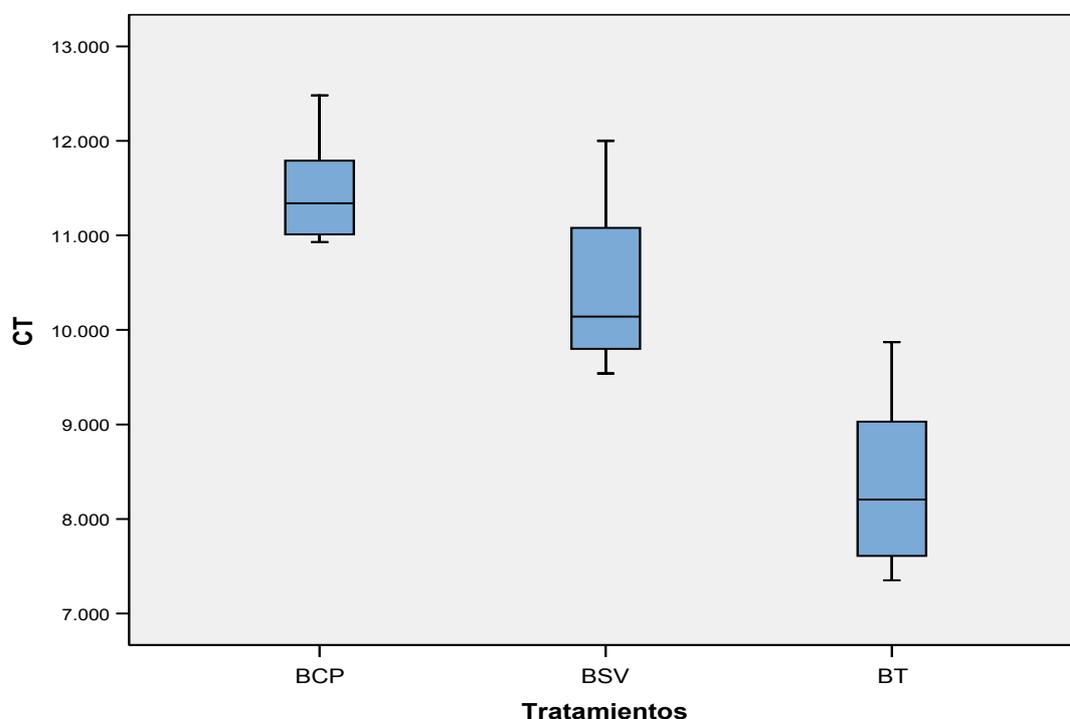
5.2.4 Determinación de Carbono orgánico Total (C-T). Método I.V. Tiurin

Tabla N°16 Resultados del contenido de CO-T en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de Carbono orgánico Total (%)		
	BCP	BSV	BT
1	11,01	10,64	8,28
2	11,31	12,0	9,03
3	11,02	10,31	7,61
4	10,97	9,76	7,35
5	12,48	9,80	7,41
6	11,79	11,08	8,88
7	11,4	9,90	9,07
8	11,37	11,20	8,13
9	10,93	9,97	7,96
10	12,09	9,54	9,87
Media: \bar{X}	11.437	10.420	8.359
Desv Estd: S	0.526	0.793	0.830
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	11.437± 0.376	10.420± 0.567	8.359± 0.594

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°5 Resultados del contenido de de C-T





5.2.5 Determinación de la capacidad de intercambio Catiónico (CIC).

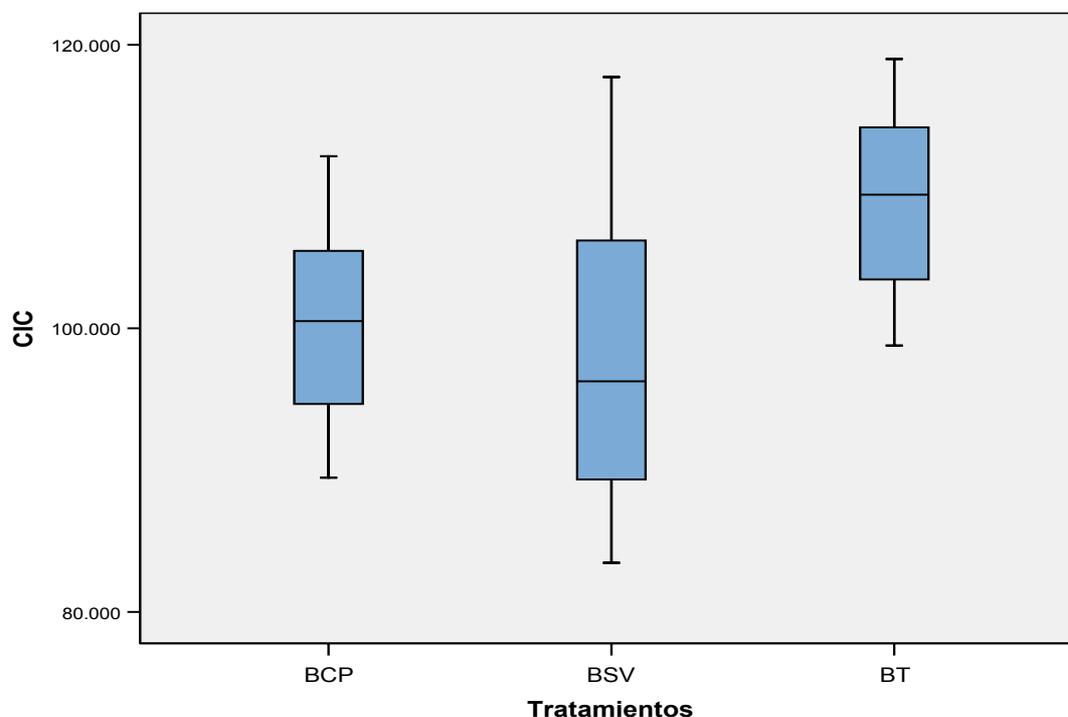
Método Harada & Inoko

Tabla N°17 Resultados del contenido de CIC en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de CIC (meq/100g)		
	BCP	BSV	BT
1	92,87	89,34	114,18
2	89,46	87,53	98,79
3	94,92	104,8	108,45
4	99,48	83,47	109,63
5	101,53	114,71	109,21
6	94,67	91,89	103,45
7	105,46	117,72	111,063
8	112,14	99,28	102,67
9	104,81	106,20	119,0
10	111,16	93,25	117,32
Media: \bar{X}	100.65	98.819	109.376
Desv Estd: S	7.741	11.700	6.452
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	100.65± 5.537	98.819± 8.369	109.376± 4.615

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°6 Resultados del contenido de CIC





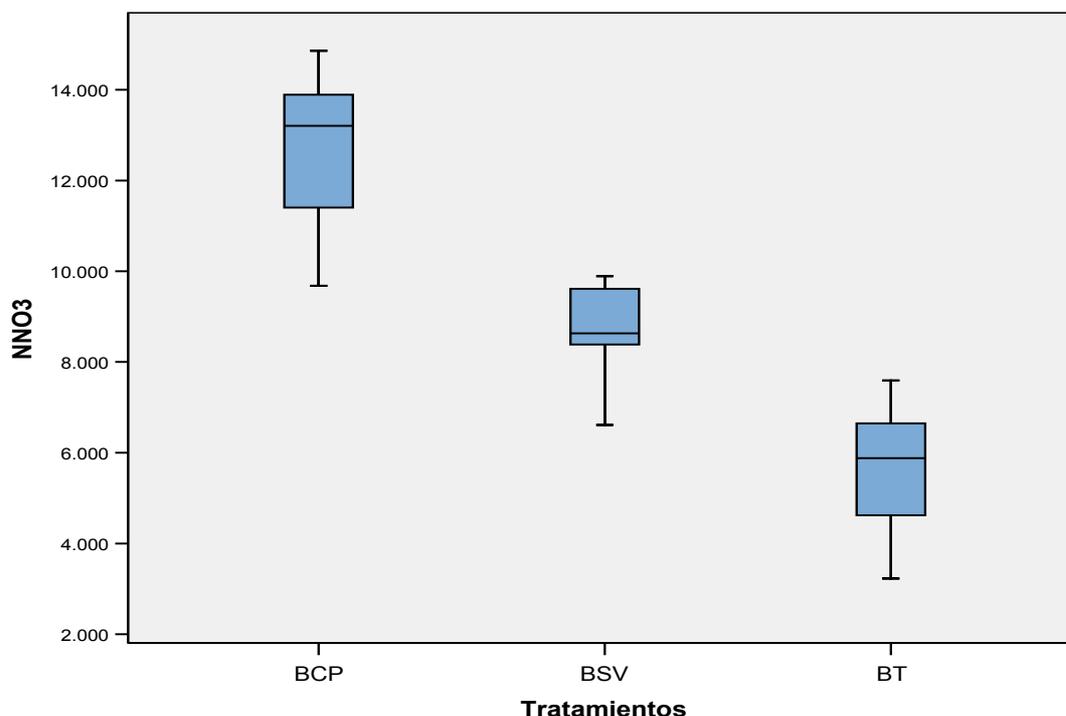
5.2.6 Determinación de Nitrógeno Nitrato (N-NO₃). Método Cataldo Modificado

Tabla N°18 Resultados del contenido de N-NO₃ en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de N-NO ₃ (mg/100g)		
	BCP	BSV	BT
1	14,58	8,385	4,622
2	13,35	8,629	6,648
3	14,86	8,635	5,325
4	13,06	8,495	6,052
5	13,35	9,889	6,676
6	12,85	8,807	7,593
7	11,405	7,893	5,987
8	9,68	9,708	3,229
9	9,683	6,611	5,777
10	13,89	9,614	4,612
Media: \bar{X}	12.670	8.666	5.651
Desv Estd: S	1.841	0.967	1.257
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	12.670± 1.316	8.666± 0.692	5.651± 0.899

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°7 Resultados del contenido de N-NO₃





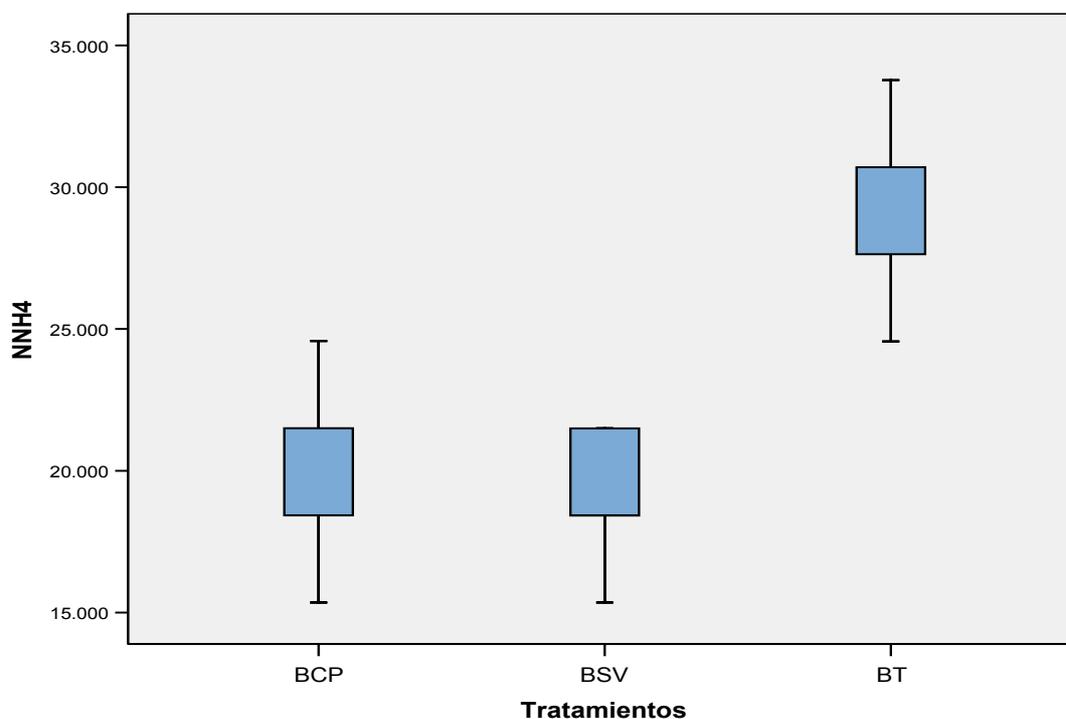
5.2.7 Determinación de Nitrógeno Amoniacal (N-NH₄⁺). Método Bremner (modificación Winkler)

Tabla N°19 Resultados del contenido de N-NH₄⁺ en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de N-NH ₄ ⁺ (mg/100g)		
	BCP	BSV	BT
1	18,358	18,422	27,637
2	21,499	21,492	27,634
3	18,425	18,424	30,705
4	21,50	15,352	33,774
5	24,573	18,424	30,702
6	21,499	21,494	30,702
7	15,355	18,422	27,632
8	18,425	18,429	33,777
9	18,427	15,352	30,703
10	18,427	21,499	24,564
Media: \bar{X}	19.648	18.731	29.783
Desv Estd: S	2.595	2.266	2.912
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	19.648± 1.856	18.731± 1.621	29.783± 2.083

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°8 Resultados del contenido de N-NH₄⁺





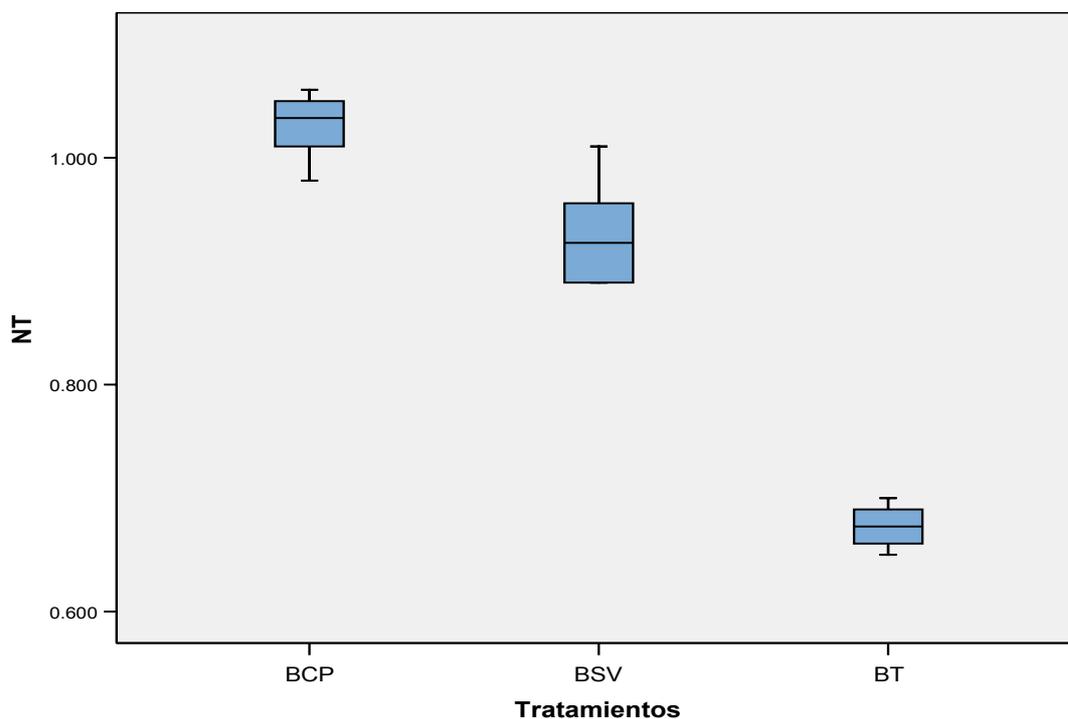
5.2.8 Determinación de Nitrógeno total (N-T). Método Kjedahl (modificación Winkler)

Tabla N°20 Resultados del contenido de N-T en las muestras de Bocashi

Repetición No	Contenido de Nitrógeno Total (%)		
	BCP	BSV	BT
1	1,05	0,96	0,68
2	1,06	1,01	0,66
3	1,04	0,95	0,65
4	1,01	0,89	0,69
5	0,98	0,89	0,7
6	1,03	0,9	0,67
Media: \bar{X}	1.028	0.933	0.675
Desv Estd: S	0.029	0.048	0.018
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	1.028± 0.023	0.933± 0.039	0.675± 0.015

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°9 Resultados del contenido de N-T





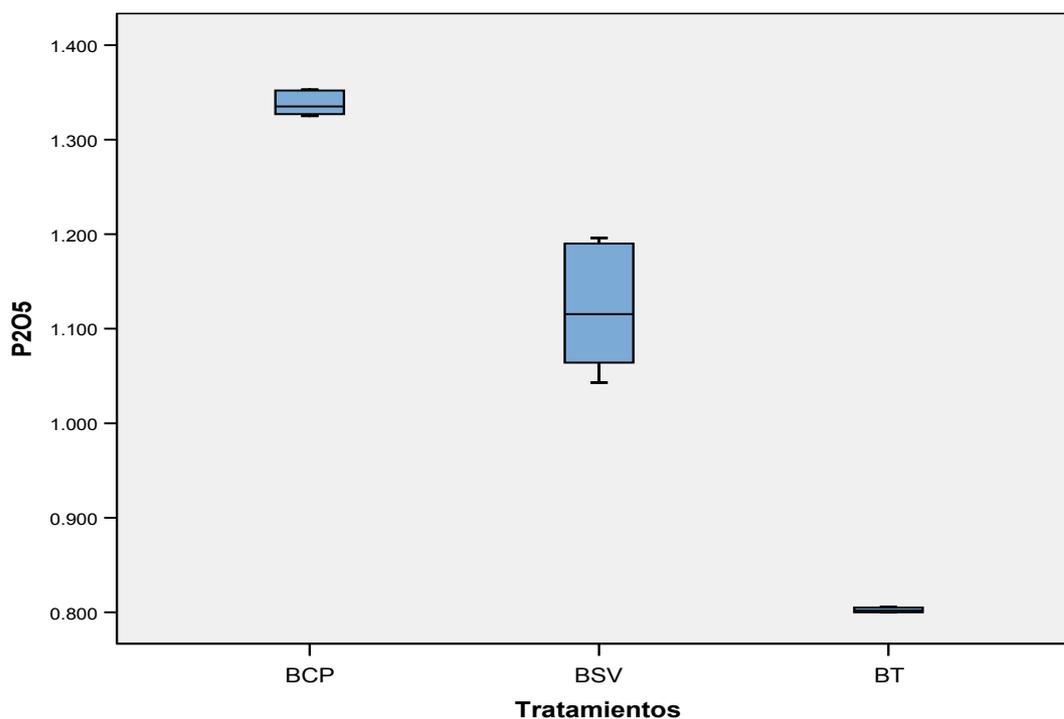
5.2.9 Determinación de Contenido de Fósforo Total (P₂O₅). Método Vanado-Molibdato

Tabla N°21 Resultados del contenido P₂O₅ en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de Fósforo Total (%)		
	BCP	BSV	BT
1	1,352	1,043	0,801
2	1,325	1,064	0,80
3	1,327	1,071	0,80
4	1,33	1,16	0,80
5	1,353	1,19	0,805
6	1,34	1,196	0,806
Media: \bar{X}	1,338	1,12	0,802
Desv Estd: S	0,012	0,068	0,002
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	1,338± 0.010	1,12± 0.056	0,802± 0.002

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°10 Resultados del contenido de P₂O₅





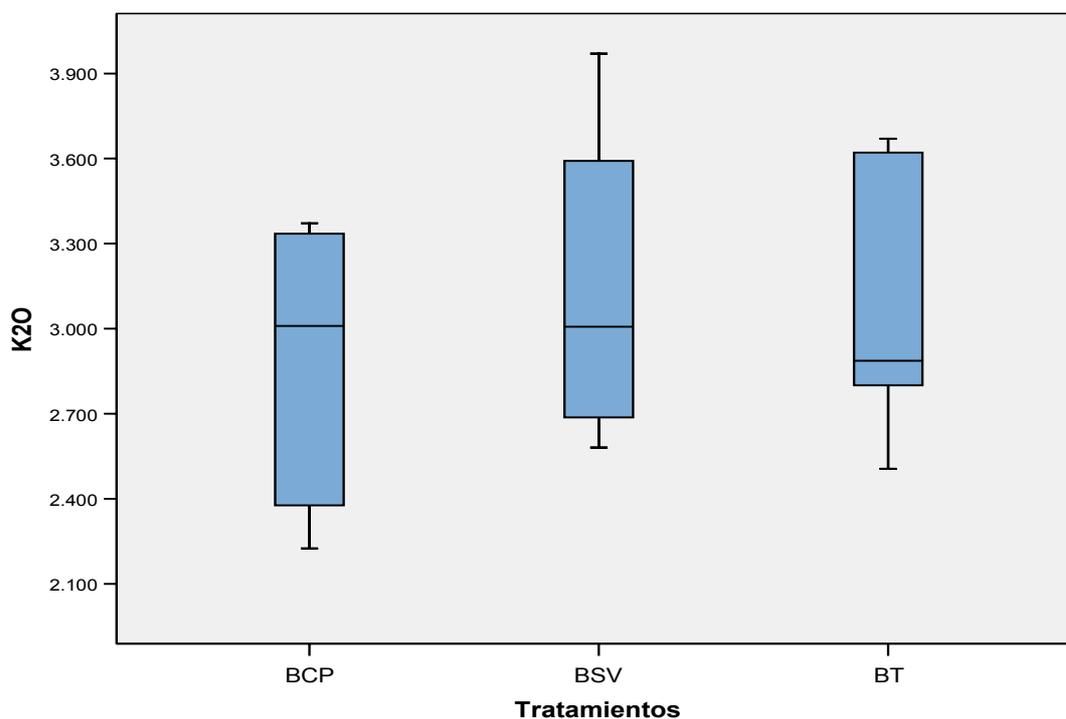
5.2.10 Determinación de Potasio (K₂O) Método de espectrometría de Absorción Atómica usado la Técnica de Emisión

Tabla N°22 Resultados del contenido de K₂O en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de K ₂ O (%)		
	BCP	BSV	BT
1	2,377	3,592	2,854
2	2,225	3,16	2,80
3	3,262	3,97	2,92
4	2,757	2,687	2,506
5	3,335	2,854	3,621
6	3,372	2,581	3,670
Media: \bar{X}	2.888	3.141	3.062
Desv Estd: S	0.508	0.546	0.474
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	2.888± 0.413	3.141± 0.444	3.062± 0.385

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja N°11 Resultados del contenido de K₂O





5.2.11 Determinación Calcio (CaO) y Magnesio (MgO). Método de espectrometría de Absorción Atómica usado la técnica de Absorción

Tabla N°23 Resultados del contenido de CaO en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de CaO (%)		
	BCP	BSV	BT
1	4,097	3,796	2,92
2	4,064	3,779	2,912
3	4,026	3,76	2,881
4	5,451	3,072	2,821
5	5,462	3,079	2,804
6	5,483	3,098	2,797
Media: \bar{X}	4.764	3.431	2.856
Desv Estd: S	0.768	0.381	0.055
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	4.764± 0.625	3.431± 0.309	2.856± 0.045

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

Diagrama de caja No 12 Resultados del contenido de CaO

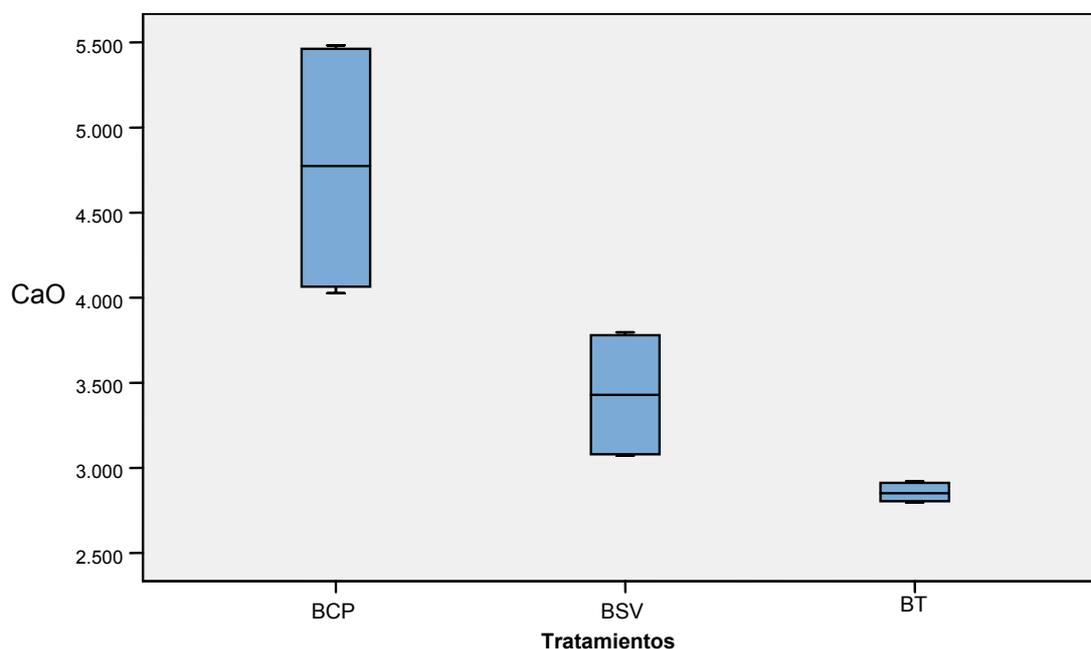


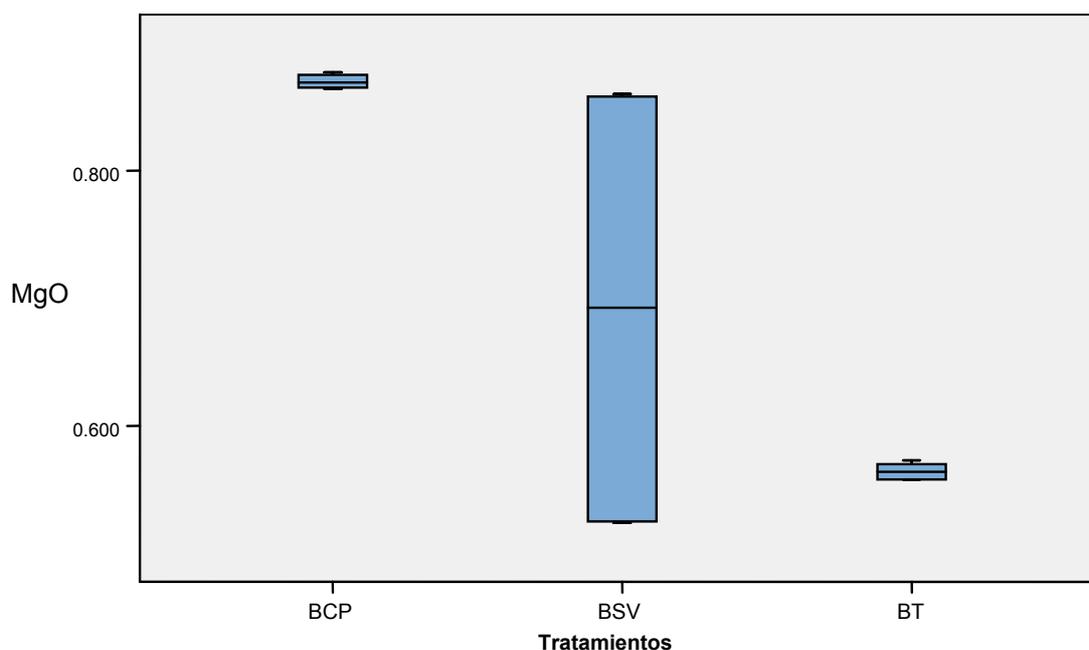


Tabla N°24 Resultados del contenido de MgO en las muestras de Bocashi

Repetición N°	Contenido de MgO		
	BCP	BSV	BT
1	0,868	0,858	0,558
2	0,865	0,858	0,558
3	0,864	0,86	0,56
4	0,875	0,527	0,573
5	0,877	0,525	0,568
6	0,87	0,524	0,57
Media: \bar{X}	0.87	0.692	0.564
Desv Estd: S	0.005	0.182	0.006
Intervalo de confianza $\mu = \bar{X} \pm t(S/\sqrt{n})$	0.87± 0.004	0.692± 0.148	0.564± 0.005

Nota 1: El valor de t se corresponde a un nivel de confianza del 95% y dos colas

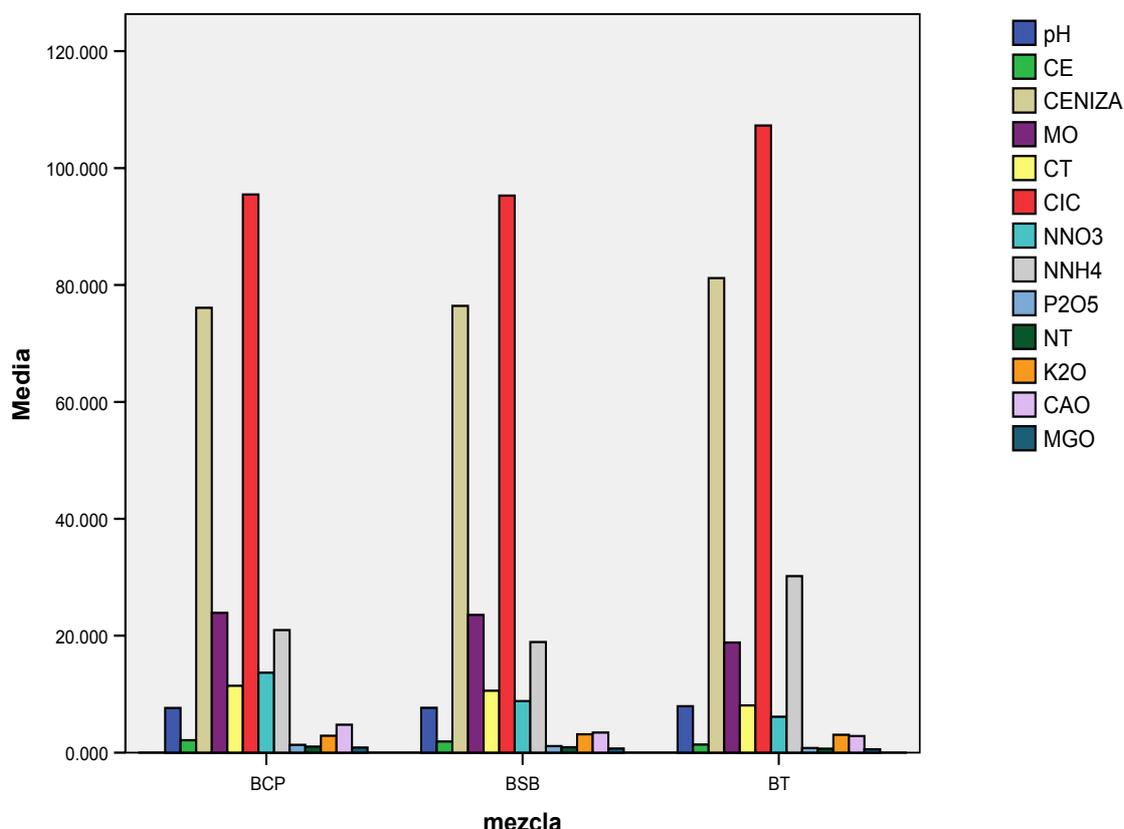
Diagrama de caja N°13 Resultados del contenido de MgO



En los resultados del Magnesio del BSV se puede observar una desviación estándar relativa del 26%, esto se debe a que en el BSV durante el proceso de fermentación de los materiales constituyentes del bocashi estos no fueron homogenizados por medio del volteo, lo que ocasionó que la liberación del Magnesio no fuera de manera uniforme.



Esquema N°2 Diagrama de barras de los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de bocashi (BT, BSV, BCP).



En el diagrama de barras se pueden observar las tres formas de preparación de abono bocashi y todos los índices de calidad que se midieron.

6 TRATAMIENTO ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS

Para el tratamiento estadístico de de los datos se utilizó el programa SPSS versión 14.0 para realizar la prueba de Leven's y determinar la homogeneidad de las varianzas; un análisis de varianza ANOVA para comprobar si la forma de elaboración de Bocashi influye en la disponibilidad de los índices de calidad analizados; y comparación de parejas de medias aplicando el método de la mínima diferencia significativa (LSD) para determinar si existe diferencia significativa entre las mediciones realizadas a las muestras de Bocashi.



Tabla N°25 Análisis descriptivos de los resultados

Descriptivos

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
pH	BCP	10	7.6420	.02974	.00940	7.6207	7.6633	7.59	7.68
	BSB	10	7.6750	.01900	.00601	7.6614	7.6886	7.65	7.70
	BT	10	7.9600	.02494	.00789	7.9422	7.9778	7.93	8.00
	Total	30	7.7590	.14719	.02687	7.7040	7.8140	7.59	8.00
CE	BCP	10	2.1320	.03425	.01083	2.1075	2.1565	2.09	2.18
	BSB	10	1.9162	.05099	.01613	1.8797	1.9527	1.85	1.98
	BT	10	1.4042	.03754	.01187	1.3773	1.4311	1.38	1.49
	Total	30	1.8175	.31301	.05715	1.7006	1.9343	1.38	2.18
CENIZA	BCP	10	75.7910	.53900	.17045	75.4054	76.1766	74.94	76.73
	BSB	10	76.7190	1.02970	.32562	75.9824	77.4556	75.15	78.53
	BT	10	81.1010	.60960	.19277	80.6649	81.5371	80.09	81.83
	Total	30	77.8703	2.46609	.45024	76.9495	78.7912	74.94	81.83
MO	BCP	10	24.2090	.53900	.17045	23.8234	24.5946	23.27	25.06
	BSB	10	23.2810	1.02970	.32562	22.5444	24.0176	21.47	24.85
	BT	10	18.8940	.60572	.19154	18.4607	19.3273	18.17	19.90
	Total	30	22.1280	2.46805	.45060	21.2064	23.0496	18.17	25.06
CT	BCP	10	11.4370	.52622	.16641	11.0606	11.8134	10.93	12.48
	BSB	10	10.4200	.79360	.25096	9.8523	10.9877	9.54	12.00
	BT	10	8.3590	.83052	.26263	7.7649	8.9531	7.35	9.87
	Total	30	10.0720	1.48039	.27028	9.5192	10.6248	7.35	12.48
CIC	BCP	10	100.6500	7.74168	2.44814	95.1119	106.1881	89.46	112.14
	BSB	10	98.8190	11.70064	3.70007	90.4489	107.1891	83.47	117.72
	BT	10	109.3763	6.45285	2.04057	104.7602	113.9924	98.79	119.00
	Total	30	102.9484	9.79589	1.78848	99.2906	106.6063	83.47	119.00
NNO3	BCP	10	12.6708	1.84103	.58218	11.3538	13.9878	9.68	14.86
	BSB	10	8.6667	.96776	.30603	7.9744	9.3589	6.61	9.89
	BT	10	5.6520	1.25699	.39750	4.7528	6.5511	3.23	7.59
	Total	30	8.9965	3.22226	.58830	7.7933	10.1997	3.23	14.86
NNH4	BCP	10	19.6488	2.59497	.82060	17.7925	21.5051	15.36	24.57
	BSB	10	18.7311	2.26629	.71666	17.1099	20.3523	15.35	21.50
	BT	10	29.7830	2.91269	.92107	27.6994	31.8666	24.56	33.78
	Total	30	22.7210	5.67961	1.03695	20.6002	24.8418	15.35	33.78
P2O5	BCP	6	1.3378	.01248	.00510	1.3247	1.3509	1.33	1.35
	BSB	6	1.1207	.06890	.02813	1.0484	1.1930	1.04	1.20
	BT	6	.8055	.01782	.00727	.7868	.8242	.79	.84
	Total	18	1.0880	.22827	.05380	.9745	1.2015	.79	1.35
NT	BCP	6	1.0283	.02927	.01195	.9976	1.0590	.98	1.06
	BSB	6	.9333	.04844	.01978	.8825	.9842	.89	1.01
	BT	6	.6750	.01871	.00764	.6554	.6946	.65	.70
	Total	18	.8789	.15699	.03700	.8008	.9570	.65	1.06
K2O	BCP	6	2.8880	.50829	.20751	2.3546	3.4214	2.23	3.37
	BSB	6	3.1407	.54646	.22309	2.5672	3.7141	2.58	3.97
	BT	6	3.0618	.47399	.19351	2.5644	3.5593	2.51	3.67
	Total	18	3.0302	.49162	.11588	2.7857	3.2746	2.23	3.97
CAO	BCP	6	4.7638	.76885	.31388	3.9570	5.5707	4.03	5.48
	BSB	6	3.4307	.38112	.15559	3.0307	3.8306	3.07	3.80
	BT	6	2.8558	.05526	.02256	2.7978	2.9138	2.80	2.92
	Total	18	3.6834	.94538	.22283	3.2133	4.1536	2.80	5.48
MGO	BCP	6	.8698	.00527	.00215	.8643	.8754	.86	.88
	BSB	6	.6920	.18258	.07454	.5004	.8836	.52	.86
	BT	6	.5645	.00663	.00270	.5575	.5715	.56	.57
	Total	18	.7088	.16256	.03832	.6279	.7896	.52	.88



6.1 ANALISIS DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS

Prueba de Levene`s

Planteamiento de la hipótesis

H0: $S_1 = S_2 = S_3$ Hipótesis de homogeneidad

H1: $S_1 \neq S_2 = S_3$

$\alpha = 0.05$ valor critico de significancia asociado al estadístico de Levene´s establecido para el análisis. (Bilateral)

Si el valor critico de significancia calculado **Sig. < $\alpha 0.05$** se rechaza la hipótesis de homogeneidad de las varianzas.

Tabla No26 Prueba de Levene´s

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
pH	.962	2	27	.395
CE	11.033	2	27	.000
CENIZA	2.091	2	27	.143
MO	2.106	2	27	.141
CT	1.557	2	27	.229
CIC	2.991	2	27	.067
NNO3	2.272	2	27	.122
NNH4	.551	2	27	.583
P2O5	71.150	2	15	.000
NT	3.866	2	15	.044
K2O	.083	2	15	.921
CAO	1843.205	2	15	.000
MGO	13676.962	2	15	.000

6.2 ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA DE UN FACTOR)

Planteamiento de la hipótesis:

H0: $S_1 = S_2 = S_3$ Hipótesis nula

H1: $S_1 \neq S_2 = S_3$ Hipótesis alternativa

$\alpha = 0.05$ valor critico de significancia asociado al estadístico de Fisher establecido para el análisis (Bilateral). Si el valor critico de significancia calculado **Sig. < $\alpha 0.05$** se rechaza la hipótesis nula lo que indica que al menos dos de los conjuntos de datos analizados son diferentes.



Tabla N°27 Análisis de varianza (ANOVA)

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Inter-grupos	.611	2	.306	491.059	.000
	Intra-grupos	.017	27	.001		
	Total	.628	29			
CE	Inter-grupos	2.870	2	1.435	1006.459	.000
	Intra-grupos	.038	27	.001		
	Total	2.908	29			
CENIZA	Inter-grupos	160.864	2	80.432	140.092	.000
	Intra-grupos	15.502	27	.574		
	Total	176.366	29			
MO	Inter-grupos	161.187	2	80.594	140.759	.000
	Intra-grupos	15.459	27	.573		
	Total	176.646	29			
CT	Inter-grupos	49.187	2	24.593	46.215	.000
	Intra-grupos	14.368	27	.532		
	Total	63.555	29			
CIC	Inter-grupos	636.525	2	318.262	4.004	.030
	Intra-grupos	2146.302	27	79.493		
	Total	2782.827	29			
NNO3	Inter-grupos	247.953	2	123.976	62.975	.000
	Intra-grupos	53.154	27	1.969		
	Total	301.107	29			
NNH4	Inter-grupos	752.299	2	376.149	55.442	.000
	Intra-grupos	183.184	27	6.785		
	Total	935.482	29			
P2O5	Inter-grupos	.870	2	.435	265.685	.000
	Intra-grupos	.025	15	.002		
	Total	.895	17			
NT	Inter-grupos	.401	2	.201	169.367	.000
	Intra-grupos	.018	15	.001		
	Total	.419	17			
K2O	Inter-grupos	.201	2	.100	.385	.687
	Intra-grupos	3.908	15	.261		
	Total	4.109	17			
CAO	Inter-grupos	11.496	2	5.748	23.321	.000
	Intra-grupos	3.697	15	.246		
	Total	15.194	17			
MGO	Inter-grupos	.282	2	.141	12.672	.001
	Intra-grupos	.167	15	.011		
	Total	.449	17			



6.3 COMPARACION DE PAREJAS DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS

Método de la Mínima Diferencia Significativa (LSD)

Denominación de las parejas de medias

μ_1 : **BT** Bocashi Testigo

μ_2 : **BSV** Bocashi sin volteo

μ_3 : **BCP** Bocashi con ácido piroleñoso

Planteamiento de la hipótesis

$H_0: \mu_1 = \mu_2$; $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

$H_0: \mu_1 = \mu_3$; $H_1: \mu_1 \neq \mu_3$

$H_0: \mu_2 = \mu_3$; $H_1: \mu_2 \neq \mu_3$

$\alpha = 0.05$ valor critico de significancia establecida para el análisis (Bilateral).

Si el valor critico de significancia calculado **Sig < α 0.05** se rechaza la hipótesis nula lo que indica que las parejas de medias analizadas presentan diferencias significativas diferentes.



Tabla N°28 Comparación de parejas de medias de tratamientos (LSD)

Variable dependiente	Tratamientos		Diferencia de medias (i-j)	Error Típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	(i)	(j)				Limite inferior	Limite superior
pH	BT	BCP	0.31800	0.1116	0.00	0.2951	0.3409
	BT	BSV	0.28500	0.1116	0.00	0.2621	0.3079
	BCP	BSV	- 0.3300	0.1116	0.06	- 0.0559	- 0.101
CE	BT	BCP	- 0.7278	0.1859	0.00	- 0.7659	- 0.6897
	BT	BSV	- 0.5120	0.1859	0.00	-0.5501	- 0.4739
	BCP	BSV	0.21580	0.1859	0.00	0.1777	0.2539
%Ceniza	BT	BCP	5.3100	0.3388	0.00	4.6147	6.0053
	BT	BSV	4.3820	0.3388	0.00	3.6867	5.0773
	BCP	BSV	- 0.9280	0.3388	0.01	-1.6233	- 0.2327
%MO	BT	BCP	-5.3150	0.3384	0.00	- 6.0093	- 4.6207
	BT	BSV	- 4.3870	0.3384	0.00	- 5.0813	- 3.6927
	BCP	BSV	0.9280	0.3384	0.01	0.2337	1.6223
%CT	BT	BCP	- 3.0780	0.3262	0.00	- 3.7474	- 2.4086
	BT	BSV	- 2.0610	0.3262	0.00	- 2.7304	- 1.3916
	BCP	BSV	1.0170	0.3262	0.004	0.3476	1.6864



Continuación de tabla No28

Variable dependiente	Tratamientos		Diferencia de medias (i-j)	Error Típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	(i)	(j)				Limite inferior	Limite superior
CIC	BT	BCP	8.7263	3.9873	0.037	0.5450	16.9076
	BT	BSV	10.5573	3.9873	0.013	2.3760	18.7386
	BCP	BSV	1.8310	3.9873	0.650	- 6.350	10.0123
NO ₃	BT	BCP	- 7.01885	0.62748	0.00	- 8.306	- 5.7314
	BT	BSV	-3.0147	0.62748	0.00	- 4.302	- 1.7272
	BCP	BSV	4.00415	0.62748	0.00	2.7167	5.2616
NH ₄ ⁺	BT	BCP	10.13420	1.16487	0.00	7.7441	12.5243
	BT	BSV	11.05194	1.16487	0.00	8.6618	13.4421
	BCP	BSV	0.91774	1.16487	0.438	- 1.472	3.3079
P ₂ O ₅	BT	BCP	- 0.53233	0.2409	0.00	- 0.583	- 0.4810
	BT	BSV	- 0.31517	0.2409	0.00	- 0.36	- 0.2638
	BCP	BSV	0.21717	0.2409	0.00	0.1658	0.2685
NT	BT	BCP	- 0.35333	0.1987	0.00	- 0.395	- 0.3110
	BT	BSV	- 0.25833	0.1987	0.00	- 0.300	- 0.2160
	BCP	BSV	0.09500	0.1987	0.00	0.0526	0.1374
K ₂ O	BT	BCP	0.17383	0.24970	0.564	- 0.454	0.8020
	BT	BSV	- 0.7883	0.24970	0.793	- 0.707	0.5493
	BCP	BSV	- 0.25267	0.24970	0.405	- 0.880	0.3755
CaO	BT	BCP	- 1.9080	0.28663	0.00	- 2.518	- 1.2971
	BT	BSV	- 0.57483	0.28663	0.063	- 1.185	0.0361
	BCP	BSV	1.33317	0.28663	0.00	0.7222	1.9441
MgO	BT	BCP	- 0.30533	0.06092	0.00	- 0.435	- 1.755
	BT	BSV	- 0.12750	0.6092	0.054	- 0.257	0.0024
	BCP	BSV	0.17783	0.6092	0.011	0.0480	0.3077

La principal diferencia es significativa al nivel 0.05



7. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Después de aplicar la prueba de Grubs a los datos obtenidos experimentalmente en las muestras de las tres formas de preparación de bocashi, no se encontraron valores anómalos.

En cuanto a la prueba de Levene's, ésta refiere que para los índices de calidad: pH, Materia Orgánica (MO), Cenizas, Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno-Amoniaco (NH_4^+), Carbono orgánico-Total (C-T), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Potasio Total (K_2O) las varianzas son homogéneas. En cambio para los índices Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo Total (P_2O_5), Nitrógeno Total (N-T), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO) las varianzas resultan ser heterogéneas,

En el análisis de varianza ANOVA, se puede observar que existe diferencia significativa en los índices de calidad: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Cenizas, Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico-Total (C-T), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno-Amoniaco (NH_4^+), Fósforo Total (P_2O_5), Nitrógeno Total (N-T), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO), por lo que se puede decir que la forma de elaboración de Bocashi influye en la variabilidad de éstos. Por el contrario no se observó diferencia significativa para el caso del Potasio Total (K_2O), por lo tanto se puede señalar que el método de elaboración de Bocashi no afecta los niveles de éste.

Al realizar la comparación de parejas de medias de tratamientos aplicando el Método de la Mínima Diferencia Significativa (LSD) se corrobora que en los índices de calidad: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Cenizas, Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico-Total (C-T), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno-Amoniaco (NH_4^+), Fósforo Total (P_2O_5) y Nitrógeno Total (N-T) existen diferencias significativas por lo que se puede decir que los procedimientos de elaboración de Bocashi Testigo (BT) y Bocashi con ácido piroleñoso (BCP) son diferentes. No así para los índices: Potasio Total (K_2O), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO).



Para los procedimientos de elaboración de Bocashi Testigo (BT) y Bocashi sin volteo (BSV) existen diferencias significativas en los índices de calidad: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Cenizas, Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico-Total (C-T), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno-Amoniacal (NH_4^+), Fósforo Total (P_2O_5), Nitrógeno Total (N-T), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO) por lo tanto se puede indicar que estos procedimientos son diferentes. Sin embargo no existe diferencia significativa en el índice Potasio Total (K_2O).

Para los procedimientos de elaboración de Bocashi BSV y BCP existen diferencias significativas en los índices de calidad: Conductividad Eléctrica (CE), Cenizas, Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico-Total, Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Fósforo Total (P_2O_5), Nitrógeno Total (N-T), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO), con lo que se puede afirmar que son diferentes. Pero no se encontró diferencias significativas en los índices: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno-Amoniacal (NH_4^+) y Potasio Total (K_2O).



8. CONCLUSIONES

1. Después de realizar los ensayos fisicoquímicos pertinentes y de efectuar el tratamiento estadístico oportuno a los datos obtenidos de las muestras de las tres formas de preparación de Bocashi se concluye que entre el Bocashi Testigo (BT), Bocashi Sin Volteo (BSV) y Bocashi con ácido piroleñoso (BCP) los índices de calidad son mejores en éste último.
2. Los índices de calidad de los abonos orgánicos que se midieron para caracterizar el bocashi fueron: pH, conductividad Eléctrica (CE), Cenizas, Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico-Total (C-T), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno-Amoniacal (NH_4^+), Fósforo Total (P_2O_5), Nitrógeno Total (N-T), Calcio Total (CaO) Magnesio Total (MgO) y Potasio total (K_2O).
3. El Bocashi preparado con ácido piroleñoso mejoró los índices de calidad: Conductividad eléctrica (CE), Materia Orgánica (MO), Carbono orgánico Total (C-T), Nitrógeno-Nitrato (NO_3), Nitrógeno Total (N-T), Fósforo Total (P_2O_5), Calcio Total (CaO) y Magnesio Total (MgO). Sin embargo no fue así en el caso de: Nitrógeno-amoniacal (NH_4^+), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Potasio total (K_2O).
4. En el Bocashi Sin Volteo se observó que los índices de calidad son ligeramente superiores a los del Bocashi que se voltea durante el proceso de fermentación (BT).
5. El procedimiento que más contribuyo a la mejora de los índices de calidad del bocashi, fue el que se preparó con ácido piroleñoso.



9. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios con diferentes dosis de ácido piroleñoso en la preparación de Bocashi con el fin de encontrar la relación más adecuada que mejore aún más los índices de la calidad de éste.
2. Efectuar un estudio donde se comparen los índices de calidad del bocashi con acido piroleñoso con volteo y sin volteo.
3. Evaluar el efecto que tiene el Bocashi con acido piroleñoso (BCP) en los índices de calidad del suelo y en el rendimiento de diferentes cultivos.



10 BIBLIOGRAFIA

1. Alberta (Agricultural, Food and Rural Development). 2000 La Materia Orgánica Canadá. Consultado 25/6/2007. Disponible en: www.agric.gov.ab.ca
2. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrometry, Atomic Spectrometry, Singapore, 1964-2000.
3. Aplicación de ácido piroleñoso. Cooperante Japones Kasuiro Naruo. (presentación powerpoint) Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-LEON.
4. Diseño y Análisis de Experimentos. Douglas C. Montgomery, Traductor Lic. Jaime Delgado Saldivar. Estados Unidos de Ameritas 1991, Grupo Editorial Iberoamericana.
5. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la producción y calidad de suelos sembrados con frijoles en Olancho, Honduras. Juan Pablo Flores Godoy, Zamorano Carrera de ciencias y producción Agrícola. Agosto, 2001.
6. El Análisis de suelo, Plantas y Aguas para Riego, Manual de Asistencia Técnica. Leyla Rojas E. ;Gloria I. Gonzales L. ; Alvaro Garcia C. ; Luis Castillo P. Bogota Colombia 1989, N° 47.
7. Ekostar. 2006. Bocashi. *In* Nuestro Respeto a la naturaleza. Guayaquil, Ecuador. Consultado 2/07/2007. Disponible en: www.ekostar.com/html/es/natu/bocashi.
8. Estadística Para Química Analítica. Miller J.C, Miller J.N. E.U.A. 1988. Addison-Wesley Iberoamericana.
9. Geocities. 2007, consultado 13/11/2007. Disponible en: http://www.geocities.com/vitamindominicana/acido_fulvico.htm



10. InfoAgro.com Toda la Agricultura Orgánica. consultado 9/10/2007
Disponibile en: <http://www.infoagro.com>
11. Methods of Soil Analysis Part 2 Number 9, Chemical and Microbiological properties; A.L. Page, D.E. Baker, Roscoe Ellis Jr, D.R Keeney, R.H. Miller, J.D. Rhoades. Madison, Wisconsin USA 1982. Second Edition, Soil Science Society of America Inc. Publisher.
12. Manual del Extensionista, Manejo integrado de la fertilidad de los suelos de Nicaragua. Agustín Castillo (INTA), Michel Eresue (FAO), Leonel Rodríguez (consultor), José Ángel Rugada (INTA), Managua Nicaragua. Arco Producciones S.A.
13. Manual de procedimientos de análisis de abonos orgánicos. Traducido por: Ing Kasuero Naruo, Lic. Emilio Escoto. UNAN-León, León Nicaragua 2006.
14. Manual Practico. El A, B, C de la agricultura orgánica y harina de roca. Jairo Restrepo Rivera, SIMAS (Servicio de Información Mesoamericano sobre la Agricultura Sostenible) Primera Edición Enero 2007.
15. Método de análisis de Abono Orgánico y Materia Orgánica, Comité de Suelo de Japón.
16. Producción orgánica en Nicaragua: limitaciones y potencialidades. Gerd Schnepel, (Asociación sano y salvo), Salvador V. Garibay Instituto de Investigación para la Agricultura Orgánica (**FIBL**), Eduardo Zamora Grupo de Asesoría en Agricultura Sostenible (**GAAS**). EDISA, Servicio de Información Mesoamericano sobre la Agricultura Sostenible (**SIMAS**), 2003.



17. Química agrícola, El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Simón Navarro Blaya, Gines Navarro García. Madrid España 2000, Ediciones Mundi Prensa.
18. Química de suelo, con énfasis en los suelos de América Latina. Hans W. Fassbender, Elemer Bornemisza. San José Costa Rica 1987 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura **IICA**, Segunda Edición.
19. Química Analítica. Skoog Douglas A, West Donald M, Holler F. James, Crouch Stanley R. Mexico 2001. Septima Edition Mcgraw-Hill Interamericana, Editores, S.A. de C.V.
20. Serie Agrícola Orgánica Producción y vida sana: Abonos Orgánicos para una vida sana. Proyecto PLAGSALUD OPS/OMS. San José Costa Rica, Editorial del Norte.
21. Técnicas Estadísticas con SPSS. Cesar Pérez López, Madrid España 2001. Prentice Hall, Pearson Educación S.A.
22. Curso Teórico-Práctico en Aspectos Técnicos del Control de Calidad Interno del Laboratorio de Análisis. Expositor-docente: Dr. Jorge Chacón, Director de la escuela de Química de la UCR.



ANEXOS

ANEXO 1

Tabla N°29 cristalería Utilizada en el Análisis de las Muestras de bocashi.

Tipo	Capacidad	Marca	Clase
Balones	25, 50, 100, 250 500 y 1000mL	Pyrex, Kimax	A
Beaker	10, 50, 100 y 250ml	Pyrex	A
Bureta	10mL	Pyrex	A
Erlenmeyer	100 y 300mL	Pyrex	A
Pipeta Volumétrica	5 10 y 25mL	Kimax	A
Probeta	10, 50, 100 mL	Pyrex	A
Tubos de Ensayos	50ml	Pyrex	A
Tubos de extracción	50mL	FHK	A
Tubos kjeldahl	100mL	Selecta	A

ANEXO 2

Tabla N°30 Materiales utilizados en el análisis de las muestras de Bocashi

Materiales	Marca
Cápsula ó Crisol	Merck
Tamiz	Fisher scientific
Desecador	
Espátula	Fisher scientific
Gotero	Fisher scientific
Papel Aluminio	
Papel Toalla	Klenex
Papel	
Papel filtro	Fisher scientific
Pinza	Fisher scientific
Pisetas	Nalgene
Tremómetro	



ANEXO 3

Tabla N°31 Equipos Utilizados en el Análisis de las Muestras de bocashi.

Equipo	Marca	Modelo
Horno	Perkin Elmer	699091084
Destilador kjeldahl	Selecta	Pronitro 1
Agitador magnético	Selecta	Agimatic-N
Agitador de tubos	Fujihira FHK	MF-50
Horno Mufla	Nabertherm	1.5/11/C6

ANEXO 4

Preparación de las soluciones utilizadas en el Análisis de las Muestras de bocashi

Solución de Acido Crómico ($H_2Cr_2O_7$) 0.4N: Disuelva exactamente 19.614g de $K_2Cr_2O_7$ en 1L de ácido sulfúrico diluido en agua desionizada en proporción (1:1).

Solución de Difenilamina (Indicador): Disuelva 0.5g de $(C_5H_5)_2NH$ en 20 mL de agua desionizada y adicione lentamente en baño frío 100 mL de H_2SO_4 concentrado.

Solución de sulfato ferroso heptahidratado 0.4N: La cual se prepara disolviendo 111.2g de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ en aproximadamente 800ml de agua desionizada, agregando 15 ml de H_2SO_4 concentrado y completando a 1L con agua desionizada.

Solución de Hidróxido de Sodio al 35%: Disuelva 350g de NaOH en 1L de agua desionizada.

Indicador mixto: Disuelva 15 mg de verde de bromocresol y 30 mg de rojo de metilo en 50 ml de etanol. Añada solución diluida de hidróxido de sodio o ácido clorhídrico hasta obtener un color azulado – púrpura y afore a 100 ml con etanol.

Solución de Acido Bórico al 2 %: Disuelva 20g de H_3BO_3 en 500 ml de agua desionizada. Añada 10 ml de indicador mixto y suficiente ácido clorhídrico diluido hasta que el color azulado se debilite hacia el rosa. Luego afore a 1L con agua desionizada.



Solución Estandarizada de Acido Clorhídrico 0.1N: Diluya a 1L con agua desionizada 8.4 ml de HCl concentrado (P. esp.1.19) y valore con solución estándar de hidróxido de sodio

Reactivo Calorimétrico Vanado-Molibdato: Disuelva 1.12g de Metavanadato de Amonio (NH_4VO_3) en 250 ml de agua desionizada caliente. Deje enfriar y agregue cuidadosamente 250 ml de Acido Nítrico (HNO_3) concentrado. Aparte, disuelva 27g de Molibdato de Amonio Tetrahidratado ($(\text{NH}_4)_2\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) en 250 ml agua desionizada caliente. Luego mezcle en frío ambas soluciones y complete a 1L con agua desionizada. Guarde en frasco ámbar y renueve anualmente.

Solución Madre de Fósforo (100 ppm): Deseque durante aproximadamente 4 horas a 105 °C una cantidad suficiente de Fosfato diácido de potasio (KH_2PO_4). Luego pese 1.9170g y disuélvalos en 100 ml de agua desionizada.

Solución de Lantano al 1%: Disuelva 2.674g de $\text{LaCl}_3\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 100ml de agua desionizada.

Solución de Cloruro de Potasio 1N (Extractante): Disuelva 74.56g de KCl en 1L de agua desionizada

Acido Salicílico 5 %: Disuelva 0.5g de ácido salicílico en 10ml de ácido sulfúrico concentrado. Guardar en refrigeración y renueve cada 2 semanas.

Solución de Hidróxido de Sodio 2N: Disuelva 80g de NaOH en 1L de agua desionizada.

Solución Extractante: Acetato de Bario Ba (CH_3COO)₂ 0.5 M, ajuste el a pH 7 con CH_3COOH y $\text{Ba}(\text{OH})_2$

Solución de Acido Clorhídrico 0.05N: Diluya 4.2ml de HCl concentrado (P.esp.1.19) en 1L de agua desionizada. Valore el ácido con solución estándar de NaOH.

Solución de Hidróxido de Sodio 0.05N: Disuelva 2.0g de NaOH en 1L de agua desionizada.



ANEXO 5

REACTIVOS

Tabla N°32 Reactivos Utilizados en el Análisis de las Muestras de bocashi

Nombre del reactivo	Marca Comercial	Peso Mol g/mol	Nivel de Pureza %	Formula Química
Acido Bórico	Fisher Chem	61.83	99.6	H ₂ BO ₃
Acido clorhídrico	Fisher Chem	36.46	36.5-38.0	HCl
Acetato de Bario	Fisher Chem	255.43	99.0-102.0	Ba (CH ₃ COO) ₂
Acido Nítrico	Fisher Chem	63.01	69.3	HNO ₃
Acido fosfórico	Fisher Chem	98	86.9	H ₃ PO ₄
Acido Perclórico	Fisher Chem	100.46	69.0-72	HClO ₄
Acido Sulfúrico	Fisher Chem	98.08	96	H ₂ SO ₄
Acido Salicílico	Fisher Chem	138.2	99.0	C ₇ H ₇ O ₃
Cloruro de potasio	Fisher Chem	74.56	99.1	KCl
Dicromato de Potasio	Fisher Chem	294.19	99.0	H ₂ Cr ₂ O ₇
Etanol	Fisher Chem	52.12	90.7	C ₂ H ₆ O
Hidróxido de Sodio	Fisher Chem	40	98.5	NaOH
Indicador Difenilamina	Acros organics	169.23	99.0	(C ₆ H ₇) ₂ NH
Indicador Rojo de Metilo	Acros organics	269.30	99.0	C ₁₅ H ₁₅ N ₃ O ₂
Indicador Meta vanadato de Amonio	Fisher Chem	116.98	99.3	NH ₄ VO ₃
Indicador Molibdato de Amonio Tetrahidratado	Fisher Chem	1235.86	82.9	((NH ₄) ₂ Mo ₇ O ₂₄ *4H ₂ O)
Indicador Verde de Bromocresol	Acros organics	698.04	99.0	C ₂₁ H ₁₄ B ₁₄ O ₅ S
Oxido de Magnesio	Fisher Chem	40.31	96-100.5	MgO
Peroxido de Hidrogeno	Fisher Chem	34	35	H ₂ O ₂
Sulfato Ferroso	Fisher	279.02	99.2	FeSO ₄ *7H ₂ O



Heptahidratado	Chem			
Solución de Ref. de Calcio	Fisher Chem	EAA	1000ppm	CaCO ₃
Solución de Ref. de Magnesio	Fisher Chem	EAA	1000ppm	Mg(NO ₃) ₂
Solución de Ref. de Potasio	Fisher Chem	EAA	1000ppm	KCl
Tricloruro de Lantano Heptahidratado	Fisher Chem	371.38	100	LaCl ₃ *7H ₂ O
Fenolftaleina	Acros organic	318.82	98.0-102.0	C ₂₀ H ₁₄ O ₄

ANEXO N° 6

EQUIPO VOLUMETRICO UTILIZADO

Tabla N°33 Calibración de equipo volumétrico (Balones y Probetas) utilizado en los análisis fisicoquímicos

Balón/Probeta ml	25	50	100	50	100
Clase	A	A	A	A	A
Fabricante	Pyrex	Pyrex	Brand	Pyrex	Brand
Media	25.017	49.976	99.885	49.265	100.032
Desvestd	0.0130	0.044	0.022	0.024	0.047
n	10	10	10	10	10
tn 9,0.05%	2.262	2.262	2.262	2.262	2.262
Intervalo 95%	0.013	0.031	0.016	0.017	0.033
Limite inferior	25.004	49.954	99.869	49.247	99.998
Limite superior	25.030	50.007	99.901	49.283	100.055
Tolerancia fabricante	0.03	0.05	0.1	0.75	1.0
Máx. Fabricante	24.97	49.95	99.9	49.25	99.0
Min. Fabricante	25.03	50.05	100.1	50.75	101.0
Dentro de tolerancia	SI	SI	NO	SI	SI



Tabla N°34 Calibración de equipo volumétrico (Pipetas) utilizado en los análisis fisicoquímicos

Pipetas/ml	1	2	5 # 1	5 # 2
Clase	A	A	A	B
Fabricante	Asistent	KIMAX	KIMAX	Futura
Media	0.994	2.012	5.012	5.024
Desvestd	0.007	0.014	0.018	0.013
n	10	10	10	10
tn 9,0.05%	2.262	2.262	2.262	2.262
Intervalo 95%	0.005	0.010	0.012	0.016
Limite inferior	0.988	2.001	5.00	5.007
Limite superior	0.999	2.022	5.025	5.041
Tolerancia fabricante	0.006	0.02	0.01	0.05
Máx. Fabricante	0.994	1.98	4.99	4.95
Min. Fabricante	1.006	2.02	5.01	5.05
Dentro de tolerancia	NO	SI	NO	SI

Tabla N°35 Calibración de equipo volumétrico (Pipetas y Bureta) utilizado en los análisis fisicoquímicos

Pipetas/Bureta	10	20	25	10
Clase	A	B	B	A
Fabricante	KIMAX	Futura	Futura	Pyrex
Media	10.213	20.013	25.125	10.027
Desvestd	0.029	0.057	0.049	0.018
n	10	10	10	10
tn 9,0.05%	2.262	2.262	2.262	2.262
Intervalo 95%	0.021	0.041	0.035	0.013
Limite inferior	10.0004	19.971	25.090	10.014
Limite superior	10.0212	20.054	25.161	10.041
Tolerancia fabricante	0.02	0.2	0.2	0.02
Máx. Fabricante	9.98	19.80	24.80	9.98
Min. Fabricante	10.02	20.2	25.2	10.02
Dentro de tolerancia	SI	SI	SI	NO



**Tabla N°36 Cálculo de incertidumbre en el equipo volumétrico
utilizado en los análisis fisicoquímicos**

Equipo	Capacidad/ml	Volumen real vertido o Contenido $\pm u$ (volumen/ml)
Balón	25	25.017 \pm 0.019
Balón	50	49.975 \pm 0.036
Balón	100	99.885 \pm 0.067
Probeta	50	49.265 \pm 0.307
Probeta	100	100.032 \pm 0.412
Pipeta serológica	1	0.994 \pm 0.003
Pipeta serológica	2	2.012 \pm 0.009
Pipeta volumétrica	5# 1	5.013 \pm 0.007
Pipeta serológica de embolo	5# 2	5.024 \pm 0.021
Pipeta volumétrica	10	10.021 \pm 0.013
Pipeta serológica de embolo	20	20.012 \pm 0.084
Pipeta serológica de embolo	25	25.125 \pm 0.084
Bureta	10	10.027 \pm 0.011

ANEXO N°7

FOTOGRAFIAS

Elaboración de Acido Piroleñoso







Aboneras donde se preparó el bocashi



Carbonización de la cascarilla de arroz





GLOSARIO

Abonos orgánicos fermentados: Se puede entender como abono orgánico fermentado como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos quimiorganotróficos, que existen en los propios residuos, bajo condiciones controladas que producen un material parcialmente.

Absorción: Es el fenómeno por el cual una sustancia se une a una superficie, al ser atraída por fuerzas que pueden ser electrostáticas, de Van Der Waals o químicas, por un período más o menos largo.

Acido fulvico: Es una sustancia natural orgánica soluble en agua, de bajo peso molecular que se deriva del humus. Las fuentes de minerales derivados de las plantas se conocen como el sustrato húmico del suelo o depósitos húmicos, y usualmente están en las capas superiores del suelo. El humus es producido a partir de fuentes vegetales en descomposición. Cuando estos depósitos contienen elementos biodisponibles, solubles en agua, también contendrán ácidos húmicos. El ácido fúlvico es uno de los diferentes ácidos húmicos.

Ácidos húmico: Son una mezcla compleja de material orgánico, procedente de las hojas, ramas, troncos y demás, que están decayendo en el suelo. El proceso es llevado a cabo por microorganismos y hongos, produciéndose el ácido fúlvico. Estos ácidos tienen la propiedad de formar compuestos de muy bajo peso molecular con iones de carga positiva, un proceso conocido como quelación.

Acido piroleñoso: Líquido ácido obtenido en la destilación seca de la materia orgánica. Está integrado por 80 a 90 % de agua y muchos compuestos orgánicos, entre ellos ácido acético y alcohol metílico.

Agregados del suelo: Es cuando las partículas del suelo se agrupan para formar sustancias pegajosas producidas por unión de organismo del suelo con agrupación del suelo. La alta calidad de los suelos se da cuando los componentes minerales y orgánicos son organizados dentro de las partículas de los poros. Los agregados afectan la porosidad del suelo, movimiento del agua y gases dentro del suelo.



Agricultura Orgánica: “La AO también conocida como Biológica, o Ecológica es un sistema holístico, basado en una serie de procesos que resultan en un ecosistema sostenible, alimentos seguros, buena nutrición, bienestar animal y justicia social. La producción orgánica es por lo tanto más que un sistema de producción que incluye o excluye ciertos insumos. Los principales objetivos de la producción orgánica están descritos en las Normas Básicas de IFOAM, que establecen un marco internacional para la producción y el procesamiento de productos orgánicos”.

Biofertilizantes: Es una de las aportaciones importantes en los recientes adelantos de las técnicas agrícolas, china emplea los fertilizantes (Algas, Mixoficias y Azollas) para fijar nitrógeno atmosférico.

Bocashi: Palabra del idioma Japonés que significa abono orgánico fermentado. Es una técnica japonesa para transformar en abono orgánico todo tipo de desechos orgánicos, se obtienen a través de la fermentación de materiales húmedos y secos que van mezclados. Tiene como base de activación las levaduras agregadas, los microorganismos contenidos en el suelo vegetal, en el estiércol y otros componentes agregados. Desarrolla grandes temperaturas los primeros tres a cuatro días y el tiempo de maduración oscila entre los 10 a 15 días.

Capacidad de Intercambio Catiónico: Cantidad máxima de cationes que puede adsorber el complejo de cambio por unidad de peso de suelo.

Coloide: Partícula diminuta capaz de ser suspendida en agua sin asentarse rápidamente. Los coloides del suelo (la mayoría humus y arcilla) poseen una superficie cargada que atrae cationes.

Compost: Es la descomposición y transformación químico biológico planificada, de las sustancias orgánicas y restos de vegetales, con el fin de producir humus.

Deyecciones: Defecación de las aves.

Desnitrificación: Proceso mediante el cual algunos microorganismos del suelo descomponen el nitrógeno nítrico en compuestos gaseosos.

Erosión: Desgaste de la superficie terrestre ocasionado por el aire y el agua.

Extensionista: Son los técnicos o ingenieros agrónomos que dan las capacitaciones técnicas del manejo adecuado del suelos, elaboración y



aplicación de abonos ya sean químicos u orgánicos a los productores en sus fincas.

Fertilidad del suelo: Capacidad del suelo para suministrar los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas.

Gallinaza: Es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de los abonos orgánicos fermentados. Su principal aporte consiste en la mejora de las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes principales.

Hipomagnesia: Tetania de los pastos, mal de los avenales, es un desorden metabólico de los rumiantes, que ocurre en regiones templadas, con clima frío y húmedo, en sistemas de producción que basan la alimentación del ganado en el pasto.

Humus: Materia orgánica muy compleja, de naturaleza coloidal, procedente de la transformación lenta de la materia orgánica.

INFOAM: Internacional Federation of Organic Agricultur Movement

Intercuartilica: es una medida de dispersión que se representa por **q** que son los cuartiles de un conjunto de datos. Los cuartiles son la división en cuatro partes iguales de un conjunto de datos. Rango intercuartil: es la longitud del intervalo donde esta contenido el 50% central de los datos.

Indicadores de la calidad del suelo: Son la forma de medir ciertas características del suelo, para evaluar el manejo y sostenibilidad del mismos.

Lixiviación: Lavado de los nutrientes en el suelo por acción de el agua o otros solventes

Laboreo: Trabajo mecánico del suelo para cambiar sus condiciones para el crecimiento de las cosecha o para matar las malas hierbas.

Melaza: Es un producto líquido espeso derivado de la caña de azúcar y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce ligeramente similar al del regaliz.

Micronutrientes: Elemento esencial utilizado en pequeñas cantidades por las plantas.



Mineralización: Proceso de transformación de la materia orgánica en sustancias minerales.

Quélatos: Molécula con un átomo metálico rodeado por una molécula orgánica compleja. Algunos quélatos de humus-metal son insolubles. Otros quélatos protegen a los metales de la fijación en el suelo. Los quélatos artificiales se utilizan para fertilizantes de elementos traza.

Semolina: Harina granulada con altos índices de proteínas puede ser de arroz, trigo, maíz etc.

Suelo: La parte más superficial de la corteza terrestre, donde se desarrollan las raíces de las plantas.

Percentil: Es una medida de la dispersión de los datos .El percentil $\alpha\%$ de la distribución de los datos es el valor por de bajo del cual se encuentra el $\alpha\%$ de los datos en la muestra ordenada.

