



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Sede Regional del Norte

Recinto Universitario Augusto C. Sandino

**Trabajo Monográfico para Optar al Título de
Ingeniero Agroindustrial**

***“Validación del mucílago de café para la producción de etanol y
abono orgánico”***

Autores:

Br. Ana Llancys López Castillo

Br. Bayardo Antonio Castillo Araúz

Tutora:

M. Sc. Sandra Lorena Blandón Navarro

Estelí, Julio, 2012

Dedicatoria

A Dios, que nos da la fortaleza necesaria para luchar por nuestro futuro y por la protección incondicional que nos demuestra cada día, permitiendo levantarnos en cada obstáculo que se nos presenta y haciendo su voluntad para con nosotros.

A nuestras madres, por la paciencia que han tenido con nosotros en este proyecto y por la confianza que han depositado para que cumplamos nuestras metas, a pesar de las dificultades que a ellas se les presenten, demostrando el amor sincero y el apoyo de motivación para terminar nuestra carrera, siendo el eje fundamental de nuestras vidas.

Agradecimientos

A Dios, que ha estado con nosotros y nos ha permitido culminar este proyecto.

A FUNICA, por haber contribuido con recursos económicos y técnicos que hicieron posible la realización de esta investigación.

A los productores y propietarios de beneficios que confiaron en nosotros y nos permitieron tener contacto directo con la materia prima y contribuyeron con esta investigación aportando sus conocimientos.

A nuestros profesores, especialmente a M.Sc. Sandra Lorena Blandón Navarro y M.Sc. Luis María Dicovskiy, que dedicaron tiempo a este trabajo y nos animaron en su ejecución.

Resumen

La investigación contó con el apoyo técnico y financiero de la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua (FUNICA) y su finalidad fue validar el mucílago de café para la obtención de etanol y abono orgánico, como una alternativa para disminuir la contaminación de fuentes de aguas contribuyendo a la reducción de efectos negativos en el medio ambiente. La elaboración de etanol se efectuó en el laboratorio de agroindustria de la UNI, sede Regional del Norte en dos periodos comprendidos de Enero a Marzo del 2011 y de Enero a Abril del 2012, respectivamente. Para la validación del etanol se realizó recolección del mucílago fresco y fermentado aplicando la técnica de lavado manual, utilizando 1 litro de agua para 10 libras de café. Se caracterizó la materia prima a nivel de azúcares o grados Brix a escala de laboratorio. En el primer período del estudio se obtuvieron valores de 3 y 5 grados Brix, y en el segundo período de 8 y 10 grados Brix. Los análisis bromatológicos del mucílago fresco y fermentado señalan que los porcentajes de carbohidratos, cenizas, proteínas, humedad son superiores a los presentados por el Investigador Nelson Rodríguez, sin embargo los rendimientos de alcohol obtenidos durante el estudio fueron inferiores en ambos períodos, 2% y 0.40%, lo que no apoya el uso del mucílago del café en la producción de alcohol. Con el mucílago residual del destilado se elaboró abono orgánico líquido sustituyendo el agua de la formulación inicial por mucílago. Se empleó 2.06% de leguminosa, 6.23 % de estiércol fresco de bovino y 91.70% de mucílago. La mezcla se fermentó durante 15 días, manteniéndola en un recipiente cerrado herméticamente para que los microorganismos actúen sobre la materia orgánica. Después, se extrajeron muestras y se analizó el contenido de Nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Los promedios de los resultados fueron N 0.85 %, P 0.0094 %, K 0.018 %, estos valores son menores al purín de estiércol bovino que contiene un 2% de estos elementos. Por otra parte, el nitrógeno posee contenido adecuado para este tipo de abono líquido, esto explica que el abono orgánico a partir de mucílago pueda ser utilizado como inductor del crecimiento, indicando que este producto se encuentra en una escala intermedia con respecto a la calidad del abono comercial. De los resultados de la experimentación se obtuvo que las dosis del 10% y 30% de abono orgánico a partir de mucílago de café sea una alternativa para la agricultura, por lo tanto aumentando el porcentaje de aplicación se podrían mejorar los resultados. Al analizar los costos de producción se demostró que el abono orgánico tiene un costo menor que el comprar fertilizante líquido comercial y por lo tanto, el productor se ahorraría C\$ 269 por ciclo vegetativo en una manzana de plantas de tomate.

INDICE

I.	Introducción	- 1 -
II.	Antecedentes	- 2 -
III.	Justificación.....	- 4 -
IV.	Objetivos.....	- 5 -
	4.1 Objetivo General.....	- 5 -
	4.2 Objetivos Específicos	- 5 -
IV.	Marco Teórico	- 6 -
	5.1 Generalidades sobre beneficiado de café	- 6 -
	5.2 Efectos contaminantes del beneficiado húmedo	- 6 -
	5.3 Aguas Mieles	- 7 -
	5.4 Disposición / tratamiento/aprovechamiento de las aguas mieles en el beneficio húmedo de café en Nicaragua	- 8 -
	5.5 Tratamiento anaeróbico de las aguas mieles	- 8 -
	5.6 Mucílago	- 9 -
	5.7 Composición Química (%) del mucílago del fruto de café	- 10 -
	5.8 Abono Orgánico.....	- 10 -
	5.9 TIPOS DE ABONO ORGANICO	- 11 -
	5.10 Las ventajas de utilizar abono orgánico	- 13 -
	5.11 Componentes necesarios del abono orgánico	- 13 -
	5.12 Cantidad del abono a ser aplicado en los cultivos.....	- 14 -
	5.13 Etanol o Alcohol Etilico	- 14 -
	5.13.1 Etanol Principalmente Usado como Combustibles	- 15 -
	5.14 Costos de Producción	- 16 -
VI.	Hipótesis.....	- 19 -
VII.	Diseño Metodológico	- 20 -
	7.1 Ubicación del estudio	- 20 -
	7.2 Fases Experimentales	- 21 -
	7.2.1. Realización de análisis para el mucílago de café	- 21 -
	7.2.2. Producción de materia prima para elaborar etanol	- 21 -
	7.3 Rendimiento del alcohol producido.....	- 24 -
	7.4 Elaboración de abono orgánico	- 25 -
	7.5 Diseño experimental para el abono orgánico.....	- 28 -
	7.7. Variables a medir.....	- 30 -
	7.7.1 Para Etanol	- 30 -

7.7.2 Para Abono orgánico	- 30 -
7.7.3. Cuadro de Certitud Metodológico	- 31 -
7.8 Determinación de los Costos de producción	- 33 -
7.9 Registro de datos	- 33 -
7.10 Análisis Estadístico.....	- 33 -
VIII. Presentación y análisis de resultados.....	- 35 -
8.1. Análisis Bromatológico de Mucílago Fresco y Fermentado	- 35 -
8.2 Primer Período de producción de Etanol.....	- 36 -
8.2.1 Resultado de Análisis de Mucílago a escala de laboratorio	- 36 -
8.2.2 Resultados de los datos obtenidos en el procesamiento de información-	37 -
8.2. Segundo Período, producción de etanol	- 39 -
8.2.3 Análisis Estadísticos para la Segunda período de la Validación del mucílago de café para la producción de Etanol.	- 40 -
8.3. Rendimiento de Alcohol Producido.....	- 42 -
8.4 Abono Orgánico.....	- 45 -
8.4.1. Diagrama de Flujo para elaborar Abono Orgánico.....	- 46 -
8.4.2 Análisis de N, P, K del abono orgánico elaborado a partir del mucílago de café.	- 47 -
8.3.4. Costos de producción	- 53 -
IX. Conclusiones.....	- 55 -
X. Recomendaciones	- 56 -
XI. Bibliografía.....	- 57 -

Índice de Figuras

Figura 1. Medición de pH y ° Brix del Mucílago.....	- 21 -
Figura 2. Medición de Materia prima y aditivos	- 23 -
Figura 3. Envasado del mucílago.....	- 23 -
Figura 4. Destilador de alcohol, destilación simple	- 24 -
Figura 5. Recolección de Materia Prima	- 25 -
Figura 6. Pesaje de componentes Orgánicos	- 26 -
Figura 7. Preparación para el cerrado hermético	- 27 -
Figura 8. Producto Obtenido	- 27 -
Figura 9. Creación de Semillero.....	- 28 -
Figura 10. Barra de Error, Diferencias entre ml de alcohol destilado y tratamientos aplicados.	- 38 -
Figura 11. Relación entre los diferentes tipos de tratamientos y ml de etanol ..	- 40 -
Figura 12. Relación ente los tratamientos y el tiempo de destilación.....	- 41 -
Figura 13. Diagrama de Flujo de Abono Orgánico	- 46 -
Figura 14. Barra de Error para la variable número de Flores.....	- 49 -
Figura 15. Barra de Error para variable Grosor del Tallo	- 51 -
Figura 16. Barra de Error Peso de materia Seca	- 53 -

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Cuadro de certitud metodológica</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabla 2. Proximal Completo Mucílago Fresco</i>	<i>- 35 -</i>
<i>Tabla 3. Proximal Completo para mucílago Fermentado</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Tabla 4. Resultados obtenidos de Mucílago en las fincas "Las Cuevitas" y "Tisey _ Estanzuela " en la primera etapa.</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Tabla 5. Comparación de promedios por medio de Duncan</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Tabla 6. Resultado de análisis de Mucílago obtenido en la Finca Las Cuevitas y el Volcán.</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Tabla 7. Comparación por Duncan</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Tabla 8. Rendimiento Alcohol en la Primera Etapa.....</i>	<i>- 43 -</i>
<i>Tabla 9. Rendimiento Alcohol en la Segunda Etapa</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Tabla 10. N, P, K del abono Orgánico.....</i>	<i>- 47 -</i>
<i>Tabla 11. Comparación de Abonos comerciales y Abono Mucílago de Café....</i>	<i>- 48 -</i>
<i>Tabla 12. Comparaciones entre tratamientos, Método de Duncan</i>	<i>- 49 -</i>
<i>Tabla 13. Comparaciones entre los tratamientos. Método de Duncan.</i>	<i>- 50 -</i>
<i>Tabla 14. Comparación por Duncan para variable peso de materia seca</i>	<i>- 52 -</i>
<i>Tabla 15. Inversión para la producción de abono</i>	<i>- 54 -</i>
<i>Tabla 16. Costos de producción del abono orgánico</i>	<i>- 54 -</i>

I. Introducción

El creciente número de beneficios húmedos de café en Nicaragua y el incremento en la producción de este rubro genera grandes cantidades de residuos orgánicos con alto potencial contaminante, entre ellos están el mucílago, la pulpa y las aguas residuales, las que son vertidas de manera directa en los ríos y terrenos superficiales cercanos al beneficio.

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel). Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucílago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica (ANACAFE, 2005), por lo tanto el residuo sólido que representa entre un 40% y 46% del peso del fruto con una carga contaminante equivalente a 20 kilogramos de demanda química de oxígeno (DQO) por quintal de café oro y el mucílago, residuo líquido que representa entre 9 y 11 % del peso del fruto con una carga contaminante equivalente a 6.0 kilogramos de demanda química de oxígeno (DQO) por quintal de café oro.

El grano de café recién despulpado está recubierto de una capa mucilaginososa (Mesocarpio), que es 15.5 a 22% del peso del fruto maduro con relación al contenido de humedad. El mucílago es una estructura rica en azúcares y pectinas que cubre el endospermo de la semilla y mide aproximadamente 0.4 milímetros de espesor (ANACAFE, 2005).

Tomando en cuenta lo anterior, se propuso la realización de la presente investigación, la cual requirió de la alianza con productores para visitar beneficios húmedos y recolectar muestras. Además fue necesario determinar las características del mucílago y la elaboración de productos (etanol y abono orgánico) para disminuir el impacto de los desechos orgánicos originados en los beneficios húmedos, siendo esta una alternativa medioambiental y económica para las zonas cafetaleras del país.

Este estudio contó con el apoyo técnico y financiero de FUNICA, en el marco del proyecto “Desarrollo de productos a partir de los desechos del café y validación de pequeñas estructura de beneficio húmedo”, de la alianza UNI FUNICA y pretende contribuir a la disminución del impacto ambiental de los desechos del café.

II. Antecedentes

Debido a la elevada cantidad de azúcares reductores contenidos en el fruto de café y a la elevada facilidad de ser utilizadas por los microorganismos, se le confiere al mucílago una importancia industrial como sustrato en fermentaciones para la producción de metabolitos de interés económico.

El mucílago del fruto del café es muy rico en sustancia pécticas, de las que se podría obtener pectinas, de igual forma por su contenido de azúcares se puede utilizar en la producción de miel y por fermentación anaerobia se puede producir gas metano.

Actualmente el Centro Nacional de Investigaciones del Café (CENICAFE de Colombia), está utilizando el mucílago, mezclado con la pulpa, como sustrato en la alimentación de la lombriz roja, con excelentes resultados tanto en la producción de lombricompuesto como en la producción de biomasa de lombriz(Rodríguez, s.f.).

De igual forma se evaluó la utilización del mucílago de café en la alimentación porcina. Se determinó la proporción en la dieta, utilizando el subproducto como suplemento del concentrado y según el peso del animal, en 2 ciclos de engorde, cada uno de 70 días, encontrándose que en los animales con peso mayor a 42 kg se les puede suministrar entonces 2 litros diarios de mucílago, manteniendo el 80 % del concentrado requerido por el porcino, según su peso.

Asimismo, están realizando pruebas para la obtención de pectinas comerciales por medio de hidrólisis ácida y alcalina y precipitaciones con alcohol y sales de aluminio.

Otras opciones plantean la producción de etanol a partir mucílago en la cual obtiene un resultado de 41.47 ml/L de etanol por cada libra de materia prima utilizada y una concentración de sustrato de 97.74%, como también se encontró una calidad calorífica en el producto obtenido de 1.24 MJ/KG(Rodríguez, 2009).

En la “Fundación La Salle de Ciencias Naturales Campus-Boconó” se utilizó el mucílago de Café como estimulante en el crecimiento de las plantas de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) y demostraron el efecto de abono orgánico a través de la descomposición aeróbica del mucílago de café, en un tiempo de 3 meses, este recurso es utilizado para mezclarse en sustrato para cultivos ornamentales, hortícolas, y para usos de viveros forestales(La Salle, 2011).

Es necesario destacar que a través de la producción de etanol y abono orgánico se aprovecharía al máximo los subproductos del beneficio húmedo de café, ya que esto permite la reducción de los efectos ambientales que se están generando en la actualidad, así como la generación de ingresos a los productores con la utilización de nuevos métodos tecnológicos.

Tomando en consideración estos antecedentes es que se ha planteado la presente investigación, debido a que cuenta con sustento teórico válido para su ejecución.

III. Justificación

Ocotal, al igual que el resto de municipios de Nueva Segovia ha venido enfrentando un proceso de decadencia productiva y ambiental. Las causas de esto son atribuidas principalmente a fuentes de contaminación de las aguas en la sub cuenca del Río Dipilto, debido a la ausencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales y a la actividad cafetalera por contaminación de pulpa de café y mucílago.

Las aguas mieles junto con el mucílago del café son considerados altamente contaminantes, debido a su composición, siendo éstas ricas en azúcares reductores (glucosa) y no reductores (sacarosa).

Es de importancia darle un adecuado tratamiento a los desechos provenientes de la transformación del café(ANACAFE, 2005). En este sentido, se propuso realizar la presente investigación con la finalidad de aprovechar el mucílago para desarrollar dos productos que contribuyan al bienestar ambiental y así disminuir los problemas que genera este material. Una de las opciones que se plantea es el aprovechamiento de sus características químicas para la producción de biocombustible, además existe la otra alternativa de producción de abono orgánico.

Por lo tanto, la realización de esta investigación contribuirá a la identificación de alternativas para la reducción del impacto ecológico de las aguas mieles en las regiones cafetaleras de Nicaragua, al proponer una opción tecnológica para disminuir estos desechos y dar origen a recursos amigables con el medio ambiente para las zonas más pobladas de las ciudades y cuya aplicación podría ayudar a aliviar la crisis del petróleo con la producción de etanol, lo cual generaría nuevos empleos que ayuden a las familias cafetaleras a mejorar sus ingresos. En cuanto al abono orgánico, se presentaría como una alternativa que aportaría nutrientes tanto a los suelos como a los cultivos que se siembren en lugares cafetaleros del país.

La presente propuesta de investigación contará con el apoyo técnico y financiero de FUNICA, en el marco del proyecto “Desarrollo de productos a partir de los desechos del café y validación de pequeña estructura de beneficio húmedo”, de la alianza UNI FUNICA. Los resultados de estas opciones tecnológicas serán presentados a los productores de café, para ser consideradas como alternativas para el manejo de residuos.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo General

- Validar el mucílago de café para la producción de etanol y abono orgánico a escala de laboratorio, para seleccionar una opción tecnológica de aprovechamiento del residuo.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima utilizada en el proceso de producción de etanol a través de análisis fisicoquímico.
- Definir parámetros del proceso de producción de etanol y abono orgánico a partir del mucílago por medio de la realización de experimentos.
- Caracterizar el etanol y abono orgánico producido con el mucílago de café a través de análisis bromatológico.
- Determinar la viabilidad económica para la opción tecnológica más apropiada, a través de la identificación de insumos y otros requerimientos del proceso.

IV. Marco Teórico

Para la presente investigación fue necesaria la búsqueda de información en relación al beneficiado de café, los residuos que se generan producto de esta actividad y los usos potenciales del mucílago. A continuación se presenta el resultado de la revisión de literatura.

5.1 Generalidades sobre beneficiado de café

El beneficiado del café puede ser por vía seca totalmente o por vía húmeda, seguida de procesos en seco, también existen procesos intermedios. El producto es el denominado “café oro o verde”, o bien un producto semiterminado llamado “café en pergamino”. El beneficiado totalmente seco es utilizado principalmente en Brasil, donde se produce el llamado café “natural o fuerte”. Este proceso origina bebidas de calidad media a baja, pes las cubiertas y tejidos exteriores del grano o endospermo se secan directamente sobre él. El resto de las naciones productoras de América se inclina por el proceso de beneficiado húmedo, lo que lleva a clasificar el café así procesado como “suave” “lavado” y “otros suaves”. En Nicaragua a finales del siglo pasado, el café se procesaba mediante beneficiado seco, pero en 1920 se había generalizado el beneficiado húmedo. En el beneficiado por vía húmeda sigue un proceso secuencial que involucra el uso del agua como medio de transporte o vehículo facilitador de las diferentes operaciones (Molina Gómez, 1999).

5.2 Efectos contaminantes del beneficiado húmedo

La pulpa es el desecho más importante del beneficiado, pues representa aproximadamente el 40% del peso total del fruto del café. Su poder contaminante es mayor cuando se transporta y separa por vía húmeda, pues la humedad en exceso retarda su descomposición y dificulta su manejo, la fermentación de esta pulpa causa malos olores y proliferación de moscas (Molina Gómez, 1999).

La otra fuente importante de contaminación por el beneficiado húmedo del café es el agua residual resultante de los procesos de despulpado y lavado. En el despulpado el agua que se pone en contacto con la pulpa y las cerezas recibe tanto a los componentes solubles de la pulpa como a los del mucílago. Esto incluye fibras y partículas pequeñas de pulpa de café, que aun siendo insolubles, son arrastradas por el agua durante los procesos de fricción (Molina Gómez, 1999).

Se estima que el despulpado es el que transmite más del 50% de la carga contaminante al agua residual del beneficiado. Así mismo, en este proceso se consume el 40% del agua que se gasta en el proceso de beneficiado total.

El agua del lavado es considerada menos contaminante que el agua del despulpado ya que es rica en pectinas, azúcares y ácidos grasos volátiles. Tiene cierta concentración del residuo y esto puede ser favorable para su manejo y/o tratamiento. Por ser muy ácidas y ricas en materia orgánica, las aguas de lavado y despulpado pueden ser particularmente nocivas si se descargan en cuerpos de agua, y si se retienen en lagunas o fosas, se corre el riesgo de contaminar el agua subterránea (Molina Gómez, 1999).

5.3 Aguas Mieleles

El agua utilizada para despulpar y lavar se convierte en residual (agua miel) .Su naturaleza química está relacionada con la composición físico-química de la pulpa y el mucilago, debido a que estos dos elementos proporcionan partículas y componentes durante el contacto turbulento e intenso con agua limpia. Así se origina su aporte como carga orgánica, del primer y segundo lavado, con alrededor en términos de DQO de 43,615 ppm equivalente a kg de DQO/quintal oro. Pero esta agua miel cuando es sometida al procesamiento en los sistemas de plantas de tratamientos de aguas residuales, se logra separar, por un lado el agua clarificada y por otro los lodos orgánicos; estos son un buen aporte de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio etc., se pueden mezclar con la pulpa para hacer un compost.

En cuanto a este residuo líquido , las aguas del despulpado y de lavado, que son las que arrastran la principal proporción de mucilago suelto o fermentado, requieren más atención para realizarles el proceso en las plantas de tratamientos de aguas residuales , para así aprovechar el abono de los lodos de origen orgánico en estado semiseco (oreados) y también las aguas clarificadas y neutralizadas ,previo análisis por el laboratorio, para riegos de pastos e inclusive plantaciones de café adulto , de lo contrario verterlas a efluentes con mínima carga orgánica (ANACAFE, 2005).

5.4 Disposición / tratamiento/aprovechamiento de las aguas mieles en el beneficio húmedo de café en Nicaragua

Para el tratamiento de las aguas mieles se ha experimentado muchas alternativas, pero pocas han probado ser efectivas. Independientemente del tratamiento que se siga, es recomendable que previamente se realice la separación de los sólidos suspendidos en esta agua. Esto se efectúa mediante tamizado o flotación y sedimentación, que son pre-tratamientos o preparación para los verdaderos cambios que deben hacerse en la composición de las aguas (Molina Gómez, 1999).

Estas operaciones mecánicas, que solo implican separación física de los contaminantes no resuelven el problema de contaminación, otras investigaciones sugieren como pre tratamiento más eficiente y menos costosos es la construcción de filtros que estén alejados del beneficio húmedo limpio y en suelos infértiles para que estos aprovechen el potencial orgánico que presenta esta agua y de esta manera estos suelos pueden ser utilizados para plantaciones futuras. Pero al tomar esta alternativa se debe de adoptar cal a estas aguas irrigadas ya que este componente favorece a la precipitación de los elementos en suspensión.

Para seleccionar el tipo de pre tratamiento, tratamiento y post tratamiento a seguir, es necesario conocer bien el volumen y carga orgánica de los efluentes dispuestos a tratar. En los beneficios de café de Nicaragua el consumo de agua varía entre 1 y 1.3 m³ de agua/qq oro; de cada 100 litros de agua ,60 se gastan en el despulpado y 40 en el lavado.

Cuando las concentraciones de contaminantes se elevan, por efecto de una reducción en el volumen de agua empleado en el proceso de beneficiado, las aguas resultantes son más fáciles de tratar. Esto significa que una vez que los beneficios se adaptan a los procesos del beneficiado ecológico, los tratamientos de sus aguas mieles pueden ser más sencillos y eficientes. Por ello es que se prefiere antes de elegir el sistema de tratamientos de aguas a implementar, se le hagan al beneficio todas las modificaciones requeridas para reducir el consumo de agua (Molina Gómez, 1999).

5.5 Tratamiento anaeróbico de las aguas mieles

En términos generales, la digestión anaeróbica (DA) de las aguas mieles es básicamente la descomposición natural de organismos vivos por medio de bacterias que actúan en la ausencia de aire. Este proceso bioquímico ofrece una

excelente oportunidad para convertir residuos orgánicos provenientes del beneficio húmedo de café en materias primas de mayor valor agregado tales como biogás y abonos orgánicos.

5.6 Mucílago

El mucílago por su alto contenido de diferentes tipos de azúcares, es un excelente medio para la elaboración de biofertilizantes enriquecidos con minerales, y así llegar a ser utilizado en los cultivos del propio café y de musas. En la preparación de abono orgánico tipo Bocashi, se recomienda usar el mucílago o aguas mieles directamente, sustituyendo al máximo el volumen de agua que se desee. El mucílago es un excelente sustrato para el crecimiento de hongos, bacterias y otros microorganismos benéficos y deseables para la recuperación de la calidad de vida de suelos deteriorados por las malas prácticas de la agricultura convencional (Gómez, Morales, & Adalid, 2006).

El mucílago es uno de los residuos que genera alta contaminación, dentro de su composición química, el 35,8 % son sustancias pécticas totales, el 17 % representa celulosa y cenizas y el 45,8 % son azúcares totales. Dentro de la composición del fruto, el 16 % es mucílago (mesocarpio), 42 % es pulpa (exocarpio), 18% es semilla (endospermo), el 4 % es pergamino o cascarilla (endocarpio) y el 20 % es agua (Gómez, Morales, & Adalid, 2006).

Por otro lado, del mucílago pueden obtenerse, en distintos estados de pureza los siguientes tipos de sustancias:

Pectinas sin refinar: Estas pectinas pueden estar en forma de gel soluble termorreversible o en forma de eslabón en cruz no reversible, que tienen un sabor distinto.

Azúcares naturales del fruto del café, procedentes principalmente del agua del despulpe reciclada: son en su mayor parte monosacáridos, glucosa, galactosa, ramnosa y arabinosa, con un sabor distinto, que recuerda al de las ciruelas, y podrían comercializarse como una novedad para el “connoisseur”¹ de café más refinado (Gómez, Morales, & Adalid, 2006).

¹ Experto en materia de gustos.

Compuestos antioxidantes y flavonoides: Éstos son principalmente los compuestos de antocianina de color del fruto, pero también contienen todos los demás polifenólicos, tales como los ácidos clorogénicos y, por supuesto, cafeína. Estas sustancias pueden combinarse de varias maneras para hacer una serie de aditivos de los alimentos que pueden tener interés para la industria del “alimento saludable”.

Pro-antocianinas incoloras: podrían usarse como recurso básico para la fabricación de otros alimentos o quizá para la síntesis más sofisticada de otras sustancias químicas(Gómez, Morales, & Adalid, 2006).

5.7 Composición Química (%) del mucílago del fruto de café

A partir de la revisión de literatura se presenta la composición del mucílago del café.

Sustancias pécticas totales	33.00%
Pectina	5.70%
Carbohidratos Totales	50.00%
Azúcares Reductores	30.00%
Azúcares no reductores	20.00%
Nitrógeno	0.95%
Proteína	5.95%
Acidez	4.56%
Ceniza	4.10%

(Rodríguez, Producción de etanol a partir de los subproductos del café, 2009)

5.8 Abono Orgánico

La utilización del abono orgánico permite el aprovechamiento sostenible de los sistemas agropecuarios, así como el manejo adecuado de desechos, producto del empleo de la materia orgánica.

Los abonos orgánicos están constituidos por el resultado de la fermentación de la materia orgánica, básicamente de origen vegetal o estiércol animal. La materia orgánica, es toda clase de desecho animal y vegetal, en este caso se realizará abono orgánico a base de mucílago de café con desechos vegetales en descomposición y su subsecuente transformación en humus. Este abono orgánico sustituye el abono químico, en la producción hortícola o frutal.

5.9 TIPOS DE ABONO ORGANICO

Existen diferentes tipos de abono orgánico, entre los cuales se pueden mencionar los estiércoles, abonos verdes, Bocashi y lombriabono. A continuación se describe cada uno de ellos (Universidad El Salvador, 2008).

ESTIERCOLES

a. Estiércol sólido

Se compone fundamentalmente de excrementos de animales domésticos y una pequeña cantidad de orina y paja. Contiene N orgánico y amoniacal, fósforo, potasio y micro nutrientes como Cu, Zn, Fe y Mn.

b. Estiércol líquido, purines

Está constituido por orina fermentada de los animales domésticos generalmente rumiantes y aves, mezclada con partículas de excrementos, jugos que fluyen del estiércol y agua de lluvia. Por su importante contenido en sales potásicas el purín es considerado como un abono N-K. Es un abono de efecto rápido, ya que los nutrientes que contiene se encuentran en su mayor parte en forma fácilmente disponible. La aplicación en dosis elevadas de residuos líquidos puede conducir a la acidificación del suelo.

c. Estiércol semi-líquido

Se trata de una mezcla de excrementos y orina, a la que se le añade agua para facilitar su transporte y distribución.

ABONO VERDE

Es un cultivo de cobertera o una planta que cubre la tierra y se siembra para alimentar a la tierra, no para cosecharse. Las leguminosas son las plantas más utilizadas para abonos verdes porque toman el nitrógeno del aire y lo llevan a la tierra. Un abono orgánico da vida a la tierra y mejora la producción de las cosechas.

ABONO LÍQUIDO (PURIN)

Este abono se origina de los excrementos líquidos de los animales que se retiene en recipientes especiales. En el mejor de los casos suponen orina sin diluir,

fermentada. Por cada animal mayor se precisan hasta 3 m. para poder almacenar los líquidos producidos durante 4 a 6 meses, es muy importante que el pozo del líquido sea vaciado dentro de pocos días (que se disponga de una bomba útil, un número suficiente de tanques o recipientes desmontables de un tamaño apropiado). El contenido en materias orgánicas de los abonos líquidos es reducido (un 0,5 %). Su valor principal radica en el contenido de materias nutritivas para las plantas. Es posible también que las cantidades de agua que se introducen con el líquido en el suelo, favorezcan el desarrollo de las plantas. El contenido de materias nutritivas oscila aún más que en el caso del estiércol, por tanto, no es posible dar cifras que puedan orientar en un caso concreto. (Universidad El Salvador, 2008)

Es conveniente sin embargo, emplear un hidrómetro para determinar, aproximadamente, el contenido en nitrógeno del líquido. Investigaciones sobre 206 muestras de abono líquido. Se obtuvieron los siguientes valores extremos: Nitrógeno 0,41 a 4,07 g Acido fosfórico 0,034 a 0,62 g Potasa 1,56 a 11,78 g Si el abono líquido contiene 0,2 % de N y 0,5 % de K se suministran al suelo con cada 10.000 litros de líquido unos 20 Kg. de N y 50 Kg. de K. Como soporte para materias nutritivas, el abono líquido tiene la desventaja, en comparación con el estiércol, que no es tan polivalente. Su contenido en ácido fosfórico en general es muy reducido, de manera que es necesario, completarlo con un abonado fosfórico mineral. El abono líquido contiene relativamente mucha cantidad de potasa. Y nitrógeno, en forma de amoniaco, tiene un gran valor como fertilizante, el peligro de que el nitrógeno se evapore es muy grande.(Universidad El Salvador, 2008)

BOCASHI

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición. En el proceso de elaboración del Bocashi hay dos etapas bien definidas: La primera etapa es la fermentación de los componentes del abono cuando la temperatura puede alcanzar hasta 70-75° C por el incremento de la actividad microbiana .Posteriormente, la temperatura del abono empieza a bajar por agotamiento o disminución de la fuente energética. La segunda etapa es el momento cuando el abono pasa a un proceso de estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan mayor dificultad para degradarse a corto plazo para luego llegar a su estado ideal para su inmediata utilización.

LOMBRIABONO

El lombriz abono es un tipo de abono orgánico que producen lombrices de tierras cultivadas para este fin. El abono surge del desecho que expelen las lombrices luego de consumir insumos específicos para este fin, es el caso de estiércol de ganado o forraje.

TURBA

Hay dos tipos de turba: turba negra (la más habitual) y turba rubia (muy ácida, pH=3,5). Se emplean mucho como base para preparar sustratos para macetas y para hacer semilleros. También son buenas para adicionar al terreno.

Su uso en horticultura intensiva va en aumento, pero a nivel de jardines se emplea muy poco. Es una sustancia muy buena para el suelo, desbloquean minerales, fija

Nutrientes para que no se laven, activan la flora microbiana con lo que aumenta la mineralización y favorecen el desarrollo radicular. En esencia, se trata de ácidos húmicos y fúlvicos extraídos de sustancias orgánicas. Es, decir la parte más selecta, lo que tiene mejores cualidades de la materia orgánica. Los fertilizantes o abonos de origen orgánico (estiércol, turba, compost.) son lentos porque los nutrientes, como, Nitrógeno, se tienen que ir liberando a medida que los microorganismos los descomponen para ponerlos a disposición de las raíces. Los microorganismos actúan mejor en suelos calientes, pH neutro o alcalino, con humedad y muy aireado. Ahí aumenta la descomposición (Universidad El Salvador, 2008)

5.10 Las ventajas de utilizar abono orgánico

Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Estimula el crecimiento de las plantas.

Favorece y estimula los microorganismos del suelo.

Se obtienen cosechas más sanas y abundante.

Es económico y reduce los costos de producción por hectárea. (PROMEGA)

5.11 Componentes necesarios del abono orgánico

Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3) o de amonio (NH_4). En la planta se combina con componentes

producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

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

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

5.12 Cantidad del abono a ser aplicado en los cultivos:

La cantidad del abono a ser aplicado en los cultivos está condicionada principalmente a varios factores, como son: la fertilidad original del suelo donde se desea el cultivo, el clima y la exigencia nutricional de las plantas que se quieren cultivar. Sin embargo, algunos agricultores vienen experimentando dosis de abonos que varían desde 30 gramos para hortalizas de horas, 80 gramos para hortalizas de tubérculos o que forman cabeza sobre la superficie como son la coliflor, el brócoli y el repollo, hasta 100 gramos para el tomate y el pimentón (chile dulce).

Independientemente de la forma que se escoja para abonar los cultivos, el abono orgánico, una vez aplicado, se debe cubrir con tierra para que no se pierda y obtener mejores resultados. (Restrepo, 1994)

5.13 Etanol o Alcohol Etílico

El Etanol o alcohol etílico es un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable y soluble en agua cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno e hidroxilos (CH₃-CH₂-OH)(MINCETUR, 2003).

El etanol se produce a partir de 3 principales materias primas, sacarosa, almidones y celulosa.

- **Sacarosas**, se encuentran en la caña de azúcar, la melaza, el sorgo dulce, etc. La caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas para la elaboración de etanol, debido a que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables.

Se estima que de una tonelada de melaza se produce 230 litros de alcohol.

Además, con una tonelada de caña de azúcar se produce entre 30 y 40 kg de melaza, que a su vez generaría entre 6,9 y 9,2 litros de alcohol.

- **Almidones**, se encuentran en cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y tubérculos (yuca, camote, papa, etc.). Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión (sacarificación), introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación (MINCETUR, 2003).

No obstante, existen algunos cultivos amiláceos como la yuca, que pueden ser desarrollados con una mínima cantidad de insumos y en tierras marginales donde generalmente no se desarrollan otras especies.

- **Celulosa**, se encuentra en la madera, residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa.

5.13.1 Etanol Principalmente Usado como Combustibles

A nivel mundial el etanol es usado principalmente como:

- Combustibles: ya sea para mezclar o reemplazar el petróleo y derivados. El 65,4% de producción mundial de etanol se usa como combustibles.
- Insumo en la industria procesadora: dado que el 21% de la producción mundial se destina a las industrias de cosméticos, farmacéutica, química, entre otras.
- Insumo en la elaboración de bebidas: que utiliza alrededor del 13% de la producción mundial.

Cabe destacar que, la producción mundial de alcohol destinada al uso de combustibles se encuentra mayormente subsidiada.

En el Perú la producción de etanol se destina principalmente a la elaboración de bebidas, así como en la industria química y cosméticos(Negrillo Ramírez, s.f.)

5.14 Costos de Producción

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto (FAO, 1998).

El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas en los países en vías de desarrollo. La primera es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminados los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente (FAO, 1998).

Clasificación de los costos de Producción

Costos Variables

- Materia Prima
- Mano de obra directa
- Mantenimiento
- Servicios
- Envases
- Suministros

Materia prima

Este rubro está integrado por las materias primas principales y subsidiarias que intervienen directa o indirectamente en los procesos de transformación (pescado, aceite, sal, condimentos, etc.), ya que la característica esencial de esta actividad es manufacturera(FAO, 1998).

La estimación de este rubro podrá llevarse a cabo mediante el conocimiento de los siguientes elementos de juicio:

- Cantidades de materias primas requeridas para elaborar una unidad de producto.
- Precios unitarios de las materias primas puestas en fábricas.

Mano de obra directa (MOD)

Mano de obra es el esfuerzo humano indispensable para transformar esa materia prima. Incluye los sueldos de los obreros y/o empleados cuyos esfuerzos están directamente asociados al producto elaborado.

Las dos variables que regulan este rubro son: costo de la hora-hombre u hombre-año y número de horas-hombre o número de hombres/mujeres requerido.

Mantenimiento

Este rubro incluye los costos de materiales y mano de obra (directa y supervisión) empleados en rutinas o reparaciones incidentales y, en algunos casos, la revisión de equipos y edificios.

Servicios

Energía Eléctrica

Una vez estimado el consumo de energía eléctrica en kWh, de acuerdo al nivel de producción elegido, queda por establecer el costo de la energía eléctrica. Al respecto pueden presentarse dos situaciones distintas, a saber:

Comprada: Este es el caso más simple desde el punto de vista de la estimación pues se tendrá un valor para el kWh puesto en entrada de fábrica fijado por el proveedor de energía que estará definido por la zona, nivel de consumo, etc.

Agua

El costo del agua depende de varios factores, una empresa puede tener que: comprar el agua, extraerla (de pozos, o de río o lago y tratarla).

A pesar que el costo del agua comúnmente es bajo en la mayoría de los países (algunas veces por un subsidio del Estado), la tendencia actual es hacia un

incremento en el costo del agua como consecuencia del conocimiento de la caída mundial en la disponibilidad de este recurso.

Envases

Este es un rubro que normalmente puede considerarse dentro del costo de materia prima, pero se ha preferido detallarlo separadamente, dado que en algunos casos particulares representa un porcentaje muy importante del costo total de producción.

Suministros

Aquí se hace referencia a todas las herramientas y elementos auxiliares utilizados para la manufactura del producto en cuestión.

Costos Fijos

- ✓ **Costos indirectos**
- Depreciación
- Amortización
- ✓ **Costos indirectos**

Depreciación: Significa una disminución en valor. La mayoría de los bienes van perdiendo valor a medida que crecen en antigüedad. Los bienes de producción comprados recientemente, tienen la ventaja de contar con las últimas mejoras y operan con menos chance de roturas o necesidad de reparaciones. Excepto para posibles valores de antigüedad, el equipo de producción gradualmente se transforma en menos valioso con el uso. Esta pérdida en valor se reconoce en la práctica contable como un gasto de operación. En lugar de cargar el precio de compra completo de un nuevo bien como un gasto de una sola vez, la forma de operar es distribuir sobre la vida del bien su costo de compra en los registros contables. Este concepto de amortización puede parecer en desacuerdo con el flujo de caja real para una transacción particular, pero para todas las transacciones tomadas colectivamente provee una representación realista del consumo de capital en estados de beneficio y pérdida (FAO, 1998).

En contabilidad financiera, la depreciación es un costo indirecto. Los principales objetivos para cargar un costo de depreciación pueden resumirse como: 1) recuperación del capital invertido en bienes de producción, 2) determinar con seguridad costos indirectos de producción para registro de costos y 3) incluir el costo de depreciación en gastos de operación con propósito de impuestos.

La importancia de la depreciación debería ser enfatizada particularmente a nivel artesanal e industrial de pequeña escala.

Amortización: Se trata de un valor, con una duración que se extiende a varios periodos o ejercicios, para cada uno de los cuales se calcula una amortización, de modo que se reparte ese valor entre todos los periodos en los que permanece (FAO, 1998).

VI. Hipótesis

Para el etanol

El rendimiento de mucílago de café en la producción de etanol es aproximadamente del 5%.

Para el abono orgánico

El abono orgánico líquido a partir de mucílago de café es un buen inductor de crecimiento para las plantas y mejora los efectos en las plantas de tomate en comparación a los productos sintéticos utilizados tradicionalmente.

VII. Diseño Metodológico

Al comienzo de la investigación se recopiló información acerca del uso del mucílago en los beneficios húmedos de café existentes en el país. La fase experimental se dio en dos períodos de Enero a Marzo del 2011 y de Enero a Abril del 2012.

En este acápite se describe la metodología utilizada para los dos períodos en el caso de la producción de etanol. Para la elaboración del abono orgánico sólo se hizo en una etapa comprendida de Febrero a Abril del 2012. Este experimento se validó en tomate Shanty. El abono se aplicó en una proporción de 10%,20% y 30% del producto.

7.1 Ubicación del estudio

El estudio sobre la producción de etanol se llevó a cabo en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería Sede Regional del Norte, ya que éste reunía las condiciones necesarias para hacer los respectivos análisis de las muestras de los productos resultantes. Las pruebas con el abono orgánico se realizaron en el invernadero de la misma universidad.

A continuación se describe las fincas visitadas y la ubicación geográfica de éstas:

Finca El Volcán: Ubicado a 45 kilómetros de la ciudad de Jinotega, Propietario Rogelio Gutiérrez, en este beneficio se utiliza por cada quintal de café cereza 50 litros de agua, lo que indica que esa cantidad de agua es tipo residual. Teniendo en cuenta los litros de agua utilizada por quintal de café se estima que en un día hay 50 litros de agua/qq oro.

Finca Las Cuevitas: Situado a 18 kilómetros de la ciudad de Estelí, Propietaria Valentina Reyes, en esta finca se utiliza por cada quintal de café cereza 40 litros de agua, esto explica que en un día se utilizan 40 litros de agua/qq oro.

Finca TiseyEstanzuela: Se encuentra ubicada a 20 kilómetros de la ciudad de Estelí, propietario Vicente Serrato, en esta finca se utilizan 40 litros de agua/qq oro.

Cabe destacar que el agua utilizada en estas fincas se da en el proceso de despulpado y lavado después de la fermentación.

7.2 Fases Experimentales

7.2.1. Realización de análisis para el mucílago de café

Entre los parámetros que se midieron en el laboratorio de Agroindustria se tienen:

1. pH: Este se midió introduciendo a las muestras una cinta papel de litmus o papel tornasol ya que es uno de los indicadores más usuales para medir este parámetro, aunque también se puede obtener este dato introduciendo la muestra de esta agua en un aparato llamado pH metro. Al realizar este experimento con algunas de las dos opciones antes mencionadas dio como resultado la clasificación de las muestras entre ácidas y básicas.
2. Porcentaje de azúcares: se utilizó un instrumento especializado en esta característica química como es el refractómetro con un porcentaje de error de 05, en el cual se colocaron 2 gotas de mucílago para que de manera automática brinde la información necesaria del porcentaje de azúcares contenidos en la muestra.(figura 1)



Figura 1. Medición de pH y ° Brix del Mucílago

7.2.2. Producción de materia prima para elaborar etanol

Al elaborar etanol se utilizó de materia prima (mucílago). Para obtener este producto primeramente se lava el café cereza de manera manual removiendo el grano para obtener la miel o baba de éste. Este proceso de lavado se hizo al igual como se lava el maíz nixtamalizado, pero con poca agua para obtener la materia deseada.

El mucílago de café se recolectó en fincas que presentaran niveles altos de producción de café y que usaran menores proporciones de agua para el lavado

de éste, aunque para obtener el mucílago fresco se utilizó por cada 100 libras de café cereza 10 litros de agua y para el fermentado 0.5 litros de agua para 10 libras de café, lo que significa que la materia prima fue manipulada directamente por los investigadores. Se determinó a través de esta técnica que a menor cantidad de agua el mucílago no podía ser desprendido.

Para elaborar etanol se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

Después que se han realizado los respectivos análisis a las muestras, se procedió a realizar cada procedimiento, que se presenta a continuación:

Esterilización de Materiales: Los materiales esterilizados fueron los envases de dos litros donde se almacenó el mucílago, beaker, erlenmeyer y recipientes almacenadores de la materia prima para trasladarlo de un lugar a otro; esto se realizó con el propósito de que los recipientes estuvieran libres de bacterias y microorganismos que afectarán al proceso de producción de etanol.

Medición de materia prima y de aditivos: Para medir la cantidad de mucílago se necesitó de dos erlenmeyer de 1000 ml (1 litro). El total de materia prima utilizada fueron 20 litros de mucílago fresco y 20 litros de mucílago fermentado, 10 por cada tratamiento (1L por repetición); además se adicionó el 1% de levadura (*Saccharomyces Cereviciae*).

La levadura se pesó en una balanza analítica de 0.1 g de precisión. Esta levadura se activó utilizando 20 ml de agua a 38 °C y 10 gramos de azúcar. Esta mezcla se dejó en reposo por 15 minutos en un beaker de 50 ml. (Figura 2)

Es importante mencionar en que condiciones se trabajó con la levadura para la fermentación, dentro de estas tenemos: Inicialmente estaba almacenada a temperatura ambiente, una vez destapada se refrigeró para evitar el deterioro de sus características, debe conservarse siempre en refrigerador o en cámara frigorífica, entre 0° C y 10° C, si bien la temperatura óptima es de 4° C.



Figura 2. Medición de Materia prima y aditivos

Tratamientos aplicados: Una vez realizada la medición de la materia prima y los aditivos se procedió a realizar los tratamientos, los cuales fueron cuatro:

Mucílago Fresco sin pasteurizar + 1% de levadura

Mucílago Fresco Pasteurizado + 1% de levadura

Mucílago Fermentado sin pasteurizar + 1% de levadura

Mucílago Fermentado pasteurizado + 1% de levadura

El mucílago que se pasteurizaba llegaba a una temperatura de hasta 70°C. Se enfriaba hasta 30°C y se adicionaba la levadura.

Envasado: El envase usado fue de capacidad de 1,5 litros, pero por cada recipiente se agregaba un litro de mucílago dejando 0,5 litro de espacio de cabeza(Figura 3).



Figura 3. Envasado del mucílago

Fermentación Alcohólica: Es un proceso anaeróbico realizado por acción de la levadura (*Saccharomyces Cereviciae*). Este proceso se lleva a cabo cuando la levadura se encuentra en un medio rico de azúcares (glucosa), permitiendo generar CO_2 y etanol en el proceso de fermentación. El periodo de fermentación fue de 24 horas, a temperatura ambiente, controlando que no hubiese presencia de oxígeno para proporcionar energía a la levadura.

Destilación simple: Es una operación unitaria en la cual se produce la vaporización de un material por la aplicación de calor para obtener el componente más volátil. En esta operación se procedió a armar el destilador de alcohol, una vez armado se agrega la sustancia a destilar (Mucílago) en el balón de pírex con capacidad de 1000 ml, se inyecta agua en el condensador para que haya un enfriamiento del vapor, dirigiendo al recipiente el líquido obtenido. (Figura 4)



Figura 4. Destilador de alcohol, destilación simple

Medición de volumen de alcohol obtenido: Se determinó el porcentaje de etanol en el producto. Para esto se procedió a medir 100 ml de alcohol etílico en una probeta graduada luego se le introdujo a este recipiente un alcoholímetro el cual indicó el porcentaje de alcohol presente en la muestra evaluada.

7.3 Rendimiento del alcohol producido

Se determinó a través de la medición del volumen final de alcohol producido y del volumen inicial de mucílago empleado en el proceso. El resultado de esta relación se multiplica por 100. Esto se hizo en cada muestra.

7.4 Elaboración de abono orgánico

La metodología empleada en la producción de abono orgánico se basó en la descrita por el Equipo (ECA-CTAF, 2007). En la formulación se sustituyó el agua por mucílago de café.

Los materiales empleados en la producción del abono orgánico fueron:

Estiércol 3 libras
Leguminosas 1 libra
Mucílago 20 litros
Sacos 1
Mecate 1
Manguera ½ pulgada de grosor
Silicón

El método para el abono orgánico líquido fue el siguiente:

Materia Prima resultante del destilado: Antes de ser utilizada para su elaboración pasa por un proceso de filtrado para eliminar todos los agentes extraños que se encuentra en el mucílago. Esta materia prima fue la resultante del destilado para la obtención de alcohol.

Recolección de materiales utilizados (Estiércol, leguminosa): El estiércol utilizado tenía que presentar consistencia suave y fresco para que se desprendiera con más facilidad el caldo orgánico que posee el estiércol y los residuos de hojas de leguminosas debían de estar sanas y frescas porque contienen mayor cantidad de agua. (Figura 5)



Figura 5. Recolección de Materia Prima

Pesaje de Materia prima y componentes orgánicos: Para elaborar el abono orgánico se pesó estrictamente cada componente de este, para preparar un caldo orgánico rico en nutrientes que se aplicó directamente al suelo.(Figura 6)



Figura 6. Pesaje de componentes Orgánicos

Formulación de la materia prima con materia orgánica: En la elaboración de este abono orgánico se utilizó 20 litros de mucílago, 3 libras de estiércol y 1 libra de hojas de leguminosas, se utilizó esta formulación porque lo que se necesitaba era un abono orgánico líquido.

Fermentación Natural por 15 días (Cerrado hermético): Este proceso consistió en una fermentación anaerobia sin presencia de oxígeno, lo cual favorece a la proliferación de microorganismos para que actúen sobre los componentes orgánicos, lo cual hace que la fermentación se realice en pocos días. Además el mucílago es una sustancia que se fermenta fácil y rápidamente debido a la presencia de azúcares. En esta operación se utilizó, un balde un saco, una manguera y silicón para el cerrado hermético. (Figura 7)



Figura 7. Preparación para el cerrado hermético

Producto Terminado: Una vez pasado el tiempo de fermentación el producto es destapado para observar si las características son las esperadas en cuanto a su color, olor y consistencia. En esta operación se utiliza el mecate para halar el saco que contenía estiércol y leguminosas. (Figura 8)



Figura 8. Producto Obtenido

7.5 Diseño experimental para el abono orgánico

Para efectuar la validación del abono orgánico obtenido del mucílago de café se requirió llevar a cabo la siembra de semillas de tomate para comprobar si el abono era de calidad y no acarrearía ningún daño a la planta; por tanto se realizó la siembra en semilleros.

Creación de Semillero: Al elaborar el semillero se llenó de sustrato a vasos de 12 onzas cuyo material era de polietileno, por cada recipiente se le agregaron dos semillas de tomate Shanty, y se le hicieron tres orificios en la parte inferior del vaso, esto con el propósito de que saliera agua por la parte de abajo si había exceso de ésta y para la oxigenación de las raíces. (Figura 9)



Figura 9. Creación de Semillero.

El semillero se dejó por 23 días hasta que la semilla se desarrollara y empezara a crecer la planta, para luego ser trasplantada en maceteros.

7.6 Validación del abono orgánico

Para validar el abono orgánico se realizó seis tratamientos diferentes, con el fin de comprobar si el abono elaborado a partir de mucílago era efectivo sobre el crecimiento de la planta, y para ello fue necesario hacer una comparación entre diversos tipos de abonos, que permitieran identificar las características del producto elaborado.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para la distribución de las unidades experimentales. El criterio para seleccionar un DCA fue porque las unidades experimentales eran homogéneas (no había variación en las unidades experimentales) y están bajo las mismas condiciones ambientales.

La dosis del abono orgánico se definió tomando en cuenta los abonos sintéticos comerciales debido a que estos presentan mayor porcentaje de micronutriente y micronutrientes en su composición química, de tal manera que la dosis del 10%, 20% y 30% se planteo debido a que este producto presenta menores porcentajes de Nitrógeno, Fosforo y Potasio en comparación al Byfolan y al Crop Plus.

A continuación se describen los tratamientos que se llevaron a cabo en este proceso:

Para validar el abono orgánico se contó con 120 plántulas, con los cual se dividieron las 120 plantas entre los 6 tratamientos para hacer un total de 20 repeticiones por cada método.

Tratamiento 1: A 20 plantas se aplicó agua, convirtiéndose en el tratamiento testigo de esta validación.

Tratamiento 2: Se adicionó 10 % de abono orgánico (a partir de mucílago) a 5 litros de agua para 20 plantas.

Tratamiento 3: Se aplicó 20 % de abono orgánico (a partir de mucílago) a 5 litros de agua para 20 plantas.

Tratamiento 4: Se agregó 30 % de abono orgánico (a partir de mucílago) a 5 litros de agua para 20 plantas.

Tratamiento 5: Se agregó 25 cc de Byfolan a 10 litros de agua, este abono es sintético comercial.

Tratamiento 6: A 10 litros de agua se aplicó 25 cc de Crop plus, este es abono orgánico elaborado a partir de algas marinas.

Mediante estos tratamientos se observó cual era el más efectivo para la planta, permitiendo validar al abono orgánico elaborado a partir de mucílago de café. Estos abonos orgánicos eran aplicados al pie de las plantas cada 8 días.

7.7. Variables a medir

7.7.1 Para Etanol

Grados Brix: Sirven para determinar el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. La unidad de medida es en porcentaje de grados brix, la medición se lleva a cabo al momento de extracción de materia prima.

pH: ElpH (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución. Para calcular el pH se utilizó el papel de litmus o papel tornasol es el indicador mejor conocido y esta medición se realiza en el momento de extracción de la materia prima.

Rendimiento de alcohol: Se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener alcohol y el resultado que se consigue. Este se mide en porcentaje y se lleva a cabo después de la destilación.

Caracterización de la Materia Prima: Es la determinación de las características químicas que posee el producto y las cualidades que permitan identificar que el producto sea distinto a otros.

7.7.2 Para Abono orgánico

Altura de Planta: Consiste en medir los distintos tipos de plantas, desde la base del tallo hasta el ápice, utilizándose una regla milimétrica y se realizó en intervalos de 15 días. Unidad de medida centímetros.

Grosor del Tallo: Se realizó en el mismo intervalo de tiempo, midiendo el diámetro del tallo en su base, utilizando un vernier o pié de rey.

Longitud de raíz: Es el crecimiento longitudinal de las raíces de la planta y se va a tomar desde el cuello del tallo hasta la cofia con una cinta milimétrica, ésta medición se realizara al finalizar la investigación.

Materia seca: Es la disponibilidad de vegetación seca libre de agua. Se pesaron las plantas y se registró el peso inicial. Posteriormente se sometieron las plantas a un secado a 60 °C por 24 horas y luego se pesaron nuevamente. De dividir el peso final entre el inicial y multiplicarlo por 100 se obtuvo el porcentaje de materia seca. La balanza a utilizada fue una de precisión de 0.1 g.

Cantidad de flores por planta: Se comparó la densidad poblacional de flores por planta con respecto a los diferentes tipos de fertilizantes utilizados.

Costos de producción: Se define costos de producción a la valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados en la obtención de un bien.

7.7.3. Cuadro de Certitud Metodológico

Para la definición teórica y operacional de las variables se presenta la siguiente tabla.

Tabla 1. Cuadro de certitud metodológica

Variables	Definición Teórica	Definición Operacional
Etanol		
Grados Brix	Los grados Brix (símbolo °Bx) sirven para determinar el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido.	Es la medición de los Brix a cada muestra de mucílago de las fincas visitadas, mediante un refractómetro.
pH	El pH (potencial de hidrógeno) es una medida de la acidez o alcalinidad de una disolución.	Para calcular el pH se utilizó el papel de litmus o papel tornasol es el indicador más utilizado para experimentos.
Rendimiento de alcohol	Se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener alcohol y el resultado que se consigue.	Se determinó a través de la medición del volumen final de alcohol producido y del volumen inicial de mucílago empleado en el proceso. El resultado de esta relación se multiplica por 100. Esto se hizo en cada muestra.
Caracterización de la Materia Prima	Es la determinación de las características químicas que posee el producto y las cualidades que permitan identificar que el producto sea distinto a otros.	La composición química del etanol se realizó mediante un estudio de proximal completo de 1 litro de mucílago fresco y fermentado, esto se efectuó en LAQUISA (Laboratorios químicos S.A., León)

Abono Orgánico		
Altura de la planta	Es la medida de la planta desde la base del tallo hasta el ápice.	Consiste en medir los distintos tipos de plantas, desde la base del tallo hasta el ápice, utilizándose una regla milimétrica y se realizara en intervalos de 15 días.
Grosor del tallo	Se refiere al diámetro que presentan los tallos.	Se realiza en el mismo intervalo de tiempo, midiendo el diámetro del tallo en su base, utilizando un vernier o pie de rey.
Longitud de la raíz	Es el crecimiento longitudinal de las raíces de la planta.	Se va a tomar desde el cuello del tallo hasta la cofia con una cinta milimétrica, ésta medición se realizara al finalizar la investigación.
Materia Seca	Es la disponibilidad de vegetación seca libre de agua.	Se pesaron las plantas y se registró el peso inicial. Posteriormente se sometieron las plantas a un secado a 60 °C por 24 horas y luego se pesaron nuevamente. De dividir el peso final entre el inicial y multiplicarlo por 100 se obtuvo el porcentaje de materia seca.
Cantidad de Flores por planta	Es el total de flores por planta.	Se comparará la densidad poblacional de flores por planta con respecto a los diferentes tipos de fertilizantes utilizados.
Costos de producción	Se define costos de producción a la valoración monetaria de los gastos incurridos y aplicados en la obtención de un bien.	Se tomaron en cuenta todos los gastos tanto directos como indirectos que se incurren en la elaboración del abono orgánico a partir de mucílago de café; la cantidad de materia prima a utilizar, equipos necesarios, mano de obra requerida, análisis

		bromatológicos, depreciación y gastos de operación.
--	--	---

7.8 Determinación de los Costos de producción

Para determinar costos de producción se tomaron en cuenta todos los gastos tanto directos como indirectos que se incurren en la elaboración del abono orgánico a partir de mucílago de café; la cantidad de materia prima a utilizar, equipos necesarios, mano de obra requerida, análisis bromatológicos como herramienta en el control de la calidad, depreciación y gastos de operación.

Para estipular el costo unitario por unidad producida se divide el costo total de producción entre el número de unidades elaboradas; con este valor se comparó el costo de abono orgánico a partir de mucílago de café y la efectividad del abono comercial.

7.9 Registro de datos

Para Etanol

Para facilitar el registro de información, clasificación de esta y posterior análisis se planteó una hoja de colección de datos la cual se empleó a todas y cada una de los beneficios visitados para saber la procedencia de la materia prima. (anexo 1.)

Luego de haber almacenado los datos generales de las fincas visitadas, se diseñó una hoja de recogida de datos para las características iniciales del producto (anexo 2.)

Para abono orgánico

Se diseñó una hoja de colección de datos con la finalidad de registrar información durante el crecimiento y desarrollo de la planta. (anexo 3)

7.10 Análisis Estadístico

Para Etanol

Los datos que se obtuvieron en el periodo de validación del mucílago de café, se analizaron mediante el uso de un Programa Estadístico (SPSS, 17.0).

Los gráficos se elaboraron a partir de los promedios, para lo cual se empleó el diagrama “Barra de Error” con un intervalo de confianza del 95%. Posteriormente, se hizo una partición de datos por tratamiento versus volumen de alcohol, a los que se le aplicó esta prueba, para conocer el comportamiento individual ante el experimento; esto se llevó a cabo en la primera etapa.

En la segunda etapa del experimento se realizó Intervalo de confianza mediante grafico de barra de error, al igual que la primera etapa, lo que permitió la separación de promedios, estimando intervalos de confianza con un 95%. En esta etapa se hicieron dos diagramas de error donde en uno explica el comportamiento de los tratamientos con respecto al tiempo y el otro con respecto a los mililitros de alcohol destilado.

Cabe destacar que para ambas etapas se realizó Análisis de Varianza (ANDEVA) (anexo 6) lo que nos permitió comparar promedios y determinar si los tratamientos eran diferentes o iguales, para el análisis de medias se utilizó la prueba de Duncan.

Para Abono Orgánico

Los datos obtenidos en la validación del abono orgánico, se analizaron con el uso de Programa Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS Statistics, 17.0). En esta etapa se hicieron diagramas de error donde en uno explica el comportamiento de los tratamientos con respecto a las variables consideradas relevantes para este estudio

De los datos finales de cada tratamiento se obtuvieron los resultados de los distintos bloques de plantas para ser evaluadas con métodos estadísticos.

El análisis que se utilizó en esta investigación fue el Análisis de Varianza (ANDEVA), el cual sirve para analizar resultados de experimentos en los que se han utilizado diseños como el Diseño Completamente al Azar (DCA). Además se realizó gráficos de barra de error para visualizar si los tratamientos eran diferentes o iguales con algunas variables.

Con este procedimiento se determinó si la aplicación del fertilizante a base de mucílago de café tuvo efecto significativo en la media de cada una de las variables estudiadas.

VIII. Presentación y análisis de resultados

Una vez aplicada la metodología antes descrita, se presentan los resultados para determinar la opción tecnológica más adecuada para procesar el mucílago del café.

8.1. Análisis Bromatológico de Mucílago Fresco y Fermentado

Se realizaron los análisis bromatológicos de mucílago fresco pasteurizado y fermentado en el Laboratorio Químico S.A. (LAQUISA) para caracterizar la materia prima. Este análisis consiste en un estudio de proximal completo de las muestras del producto determinando características tales como: humedad, proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos, fibra cruda, calcio y fósforo.

La tabla 2 muestra la composición química del mucílago fresco. Según las fuentes bibliográficas el mucílago apropiado para la producción de etanol debe presentar características tales humedad 98.7%, Proteínas: 0.07%, Carbohidratos: 0.65%, Cenizas: 0.05%

Con respecto a las características del mucílago analizado en LAQUISA; se observa que el porcentaje de humedad es más bajo que el presentado por el investigador Nelson Rodríguez. Con respecto a los demás componentes, especialmente carbohidratos, se obtuvieron valores superiores en el análisis del mucílago fresco y fermentado. Esto se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 2. Proximal Completo Mucílago Fresco

Análisis	Unidad	Resultado
Humedad	%	95.27
Proteínas(6.25)	%	0.43
Grasas	%	0.006
Cenizas	%	0.2
Carbohidratos	%	4.094
Fibra Cruda	%	0.333
Calcio	%	0.013
Fósforo	%	0.01

En la tabla 3 muestra las características del mucílago fermentado, indicando que los valores obtenidos del mucílago fermentado no presentan una gran diferencia con respecto al mucílago fresco.

Tabla 3. Proximal Completo para mucílago Fermentado

Análisis	Unidad	Resultado
Humedad	%	96.1
Proteínas(6.25)	%	0.5
Grasas	%	0.0053
Cenizas	%	0.3
Carbohidratos	%	3.094
Fibra Cruda	%	0.566
Calcio	%	0.02
Fósforo	%	0.01

8.2 Primer Período de producción de Etanol

En este primer período se efectuaron una serie de procedimientos para obtener la materia prima (Mucílago), tomando en cuenta las características necesarias para la transformación de éste en alcohol etílico. En esta fase se hizo un análisis a la materia prima tomando en cuenta los grados Brix y pH a escala de laboratorio.

En lo que respecta esta fase del proyecto para la recolección de la materia prima se tomó en cuenta la finca “Las Cuevitas” y “Tisey, Estanzuela” ya que en estos lugares la materia prima reunía las características sensoriales y químicas para la obtención de etanol.

8.2.1 Resultado de Análisis de Mucílago a escala de laboratorio

Cabe mencionar que las características presentadas en la tabla 4, reflejan que la materia prima de la finca Tisey Estanzuela tenía el mayor de grados Brix(8 y 10), lo cual quiere decir que era más efectivo para producir etanol, debido a la cantidad de azúcares que éste presentaba, pero el pH es de 6.1 lo cual no es apropiado para éste experimento, reduciéndolo en 4 mediante la adición de ácido cítrico.

Según el Investigador Nelson Rodríguez indican que el pH ideal para este tipo de experimento oscila entre 3.5 y 5.5; además para los °Brix determinan que estos deben estar en un promedio de 8 a 10 ° de concentración de azúcares(Rodríguez, 2009).

Tabla 4. Resultados obtenidos de Mucílago en las fincas "Las Cuevitas" y "Tisey _ Estanzuela " en la primera etapa.

Características del producto	Fincas Visitadas	
	Mucílago Fresco	Mucílago Fermentado
	Las Cuevitas	Tisey Estanzuela
°Brix	8°Brix	10°Brix
pH	5	6.1

En este caso el mucílago fermentado presenta 10° brix debido a que la cantidad de agua utilizada para extraer la materia fue de 0.5 litros de agua por cada 10 libras de café en cambio para el mucilago fresco se utilizó 1 litro de agua para 10 libras de café.

8.2.2 Resultados de los datos obtenidos en el procesamiento de información

Esta información fue procesada y se interpretó estadísticamente, para evaluar la hipótesis de la investigación. En este sentido se evaluó el volumen de alcohol obtenido durante la destilación en los cuatro tratamientos descritos en el diseño experimental. La figura 10 muestra ml de alcohol versus tratamientos aplicados.

8.2.2.1. Separación de promedios de manera global

La figura 10 muestra de manera global las diferencias existentes por tratamiento aplicado par la variable ml de alcohol.

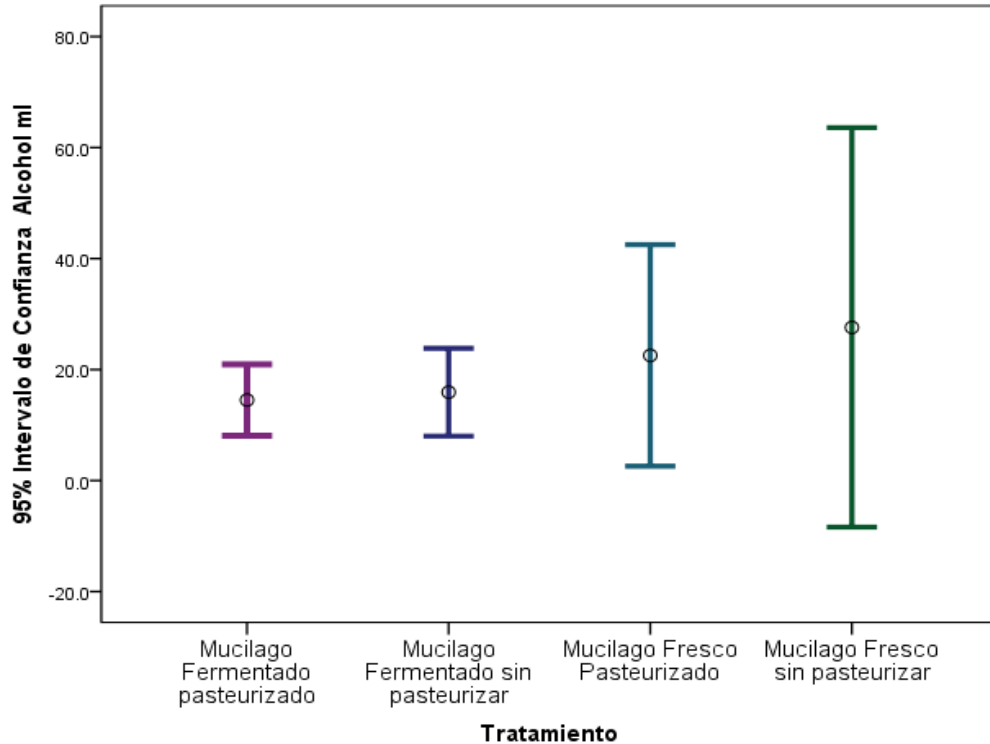


Figura 10. Barra de Error, Diferencias entre ml de alcohol destilado y tratamientos aplicados.

De manera general, para la variable volumen de alcohol se encontró que no hay diferencia entre los tratamientos ($p=0.603$). Así mismo en la figura 9 se puede apreciar que los promedios son iguales porque las barras se traslapan; pero de igual manera indica que el tiempo del mucilago fermentado pasteurizado y mucilago fermentado sin pasteurizar son similares ya que los datos se agrupan lo que significa que no hay variabilidad en estos dos tratamientos con respecto a los ml de alcohol producido. Sin embargo, en los tratamientos mucilago fresco pasteurizado y mucilago fresco sin pasteurizar existe variabilidad en los datos pero no hay diferencia

La mayoría de los datos de los dos tratamientos mencionados primeramente oscilan entre 6 ml y 25.8 ml de alcohol por cada 1000 ml y los otros dos tratamientos oscilan de 5.6 ml a 74.4 ml de alcohol, lo que se explica por la falta de control de la temperatura en el equipo, que puede haber inducido a una destilación de agua mezclada con el alcohol.

Tabla 5. Comparación de promedios por medio de Duncan

Alcohol ml		
Tratamiento	N	Subconjunto
		1
Mucílago Fermentado pasteurizado	5	14.500
Mucílago Fermentado sin pasteurizar	5	15.920
Mucílago Fresco Pasteurizado	5	22.550
Mucílago Fresco sin pasteurizar	5	27.600
Sig.		.281

8.2. Segundo Período, producción de etanol

Al igual que en el primer período, se realizaron una serie de procedimientos como la medición del pH y los grados Brix en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Las fincas visitadas en esta etapa fueron “El Volcán” y las “Cuevitas” para la recolección de materia prima apropiada para la obtención de Alcohol etílico.

8.2.1 Resultado de Análisis de Mucílago a escala de Laboratorio

En la tabla 6 se reflejan las características iniciales del mucílago fresco y fermentado, cuyos valores oscilaron entre 3 a 5 °Brix.

Tabla 6. Resultado de análisis de Mucílago obtenido en la Finca Las Cuevitas y el Volcán.

Características del producto	Fincas Visitadas			
	Finca Las Cuevitas		Finca El Volcán	
	Fresco	Fermentado	Fresco	Fermentado
° Brix	4	5	3	5
pH	5.5	5.5	5.83	5.33

Un aspecto relevante de los datos presentados en la tabla 6 es que resultan ser menores al compararlos con los datos del primer período (8 y 10 Brix).

Un factor que incidió en estas variaciones fue que en el caso de la finca “El Volcán”, ubicada en Jinotega, aún cuando las muestras se mantenían en termos con hielo, el proceso de fermentación continuaba, lo que provocaba que la cantidad de azúcar disponible en el producto se disminuyera y en el caso del alcohol producido, éste se degradara a ácidos orgánicos.

8.2.3 Análisis Estadísticos para la Segunda período de la Validación del mucílago de café para la producción de Etanol.

Los datos obtenidos en las etapas de validación del mucílago de café para la producción de etanol, se introdujeron en el Programa estadístico de Ciencias Sociales (SPSS 17) para representar los datos mediante gráficos de barra de error.

8.2.3.1 Separación de Promedios de manera global

Según la figura 11, explica que los promedios de los cuatro tratamientos en cuanto al contenido de alcohol son iguales estadísticamente, indicando que en los tratamientos: Mucílago fresco pasteurizado y mucílago fermentado sin pasteurizar no existe mucha variación respecto a los datos de los ml de etanol producido, lo cual indica que los otros dos tratamientos son iguales con alta variación dentro de los tratamientos.

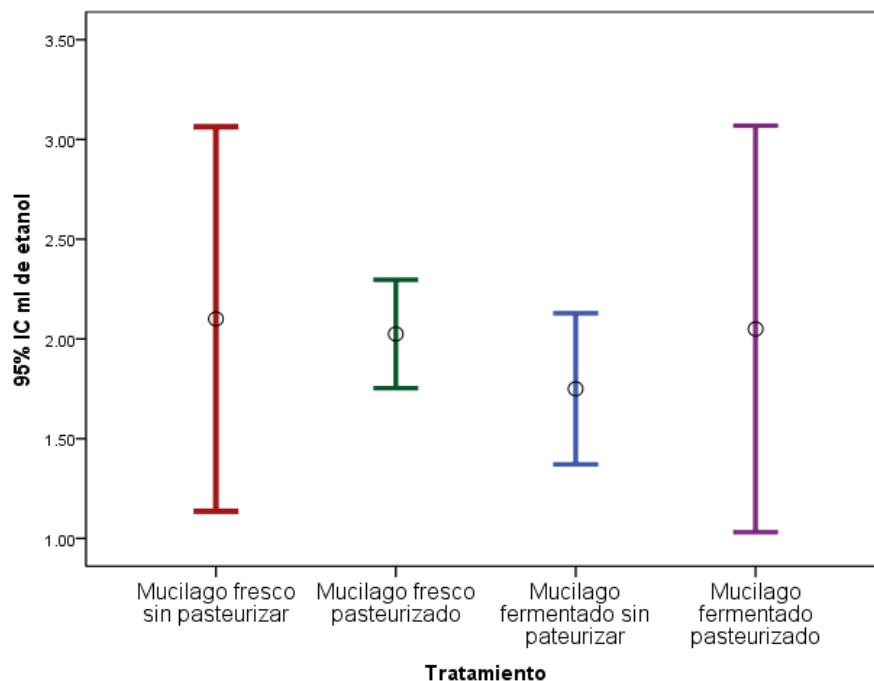


Figura 11. Relación entre los diferentes tipos de tratamientos y ml de etanol

En la figura 12, explica que el mucílago fresco pasteurizado existe variabilidad en el tiempo, mientras que el mucílago fermentado sin pasteurizar no existe diferencia de datos porque el tiempo está en un intervalo de 18 a 20 minutos, al igual que los otros dos tratamientos.

Todo explica que a mayor variabilidad en cuanto al tiempo de producción de etanol menor variabilidad en cuanto al contenido.

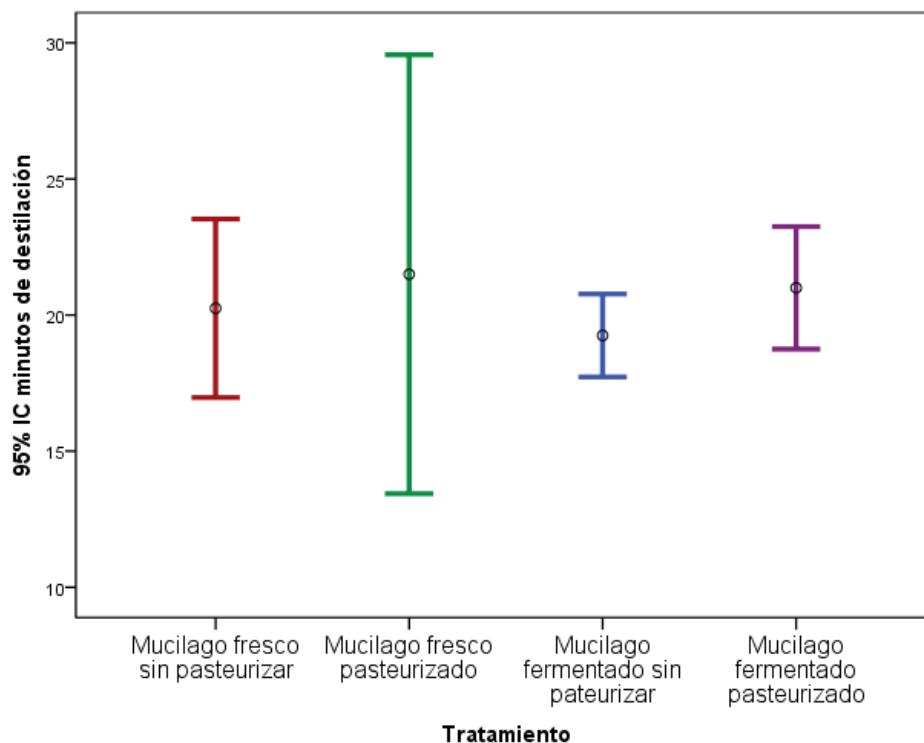


Figura 12. Relación ente los tratamientos y el tiempo de destilación.

La tabla 7, muestra que los tratamientos son iguales al igual que los diagramas de error, ya que en los promedios no hay diferencias significativas, y la probabilidad de estar en hipótesis nula es alta y no se tiene suficiente certeza de que el tratamiento mucílago fresco sin pasteurizar sea mejor que los otros tres tratamientos.

Tabla 7. Comparación por Duncan

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Mucilago fermentado sin pasteurizar	4	1.7500
Mucilago fresco pasteurizado	4	2.0250
Mucilago fermentado pasteurizado	4	2.0500
Mucilago fresco sin pasteurizar	4	2.1000
Sig.		.342

En general el análisis estadístico en ambas etapas del proceso de producción de etanol apunta que los tratamientos son iguales y que no hay diferencias en las dos etapas de validación, indicando que no se tiene evidencias suficientes que expliquen que el mucílago fresco sin pasteurizar es el mejor para obtención de etanol, debido a que el número de repeticiones por tratamiento fueron cuatro, lo que indica que al aumentar las repeticiones disminuiría la variabilidad y quizás se pueda encontrar diferencias entre los tratamientos y no para aumentar el volumen de alcohol.

8.3. Rendimiento de Alcohol Producido

La tabla 8 muestra el cálculo de rendimiento de alcohol producido en la primera etapa del proceso de validación del mucílago de café para la producción de etanol, está ilustra que el promedio aproximado de rendimiento es del 2%, indicando que este es bajo en comparación al volumen de alcohol destilado propuesto en la hipótesis de la investigación, debido a que no se trabajó con los materiales sofisticados como desmucilagador, Columnas de recuperación de alcohol Vigreux y Rashing, destilador con temperaturas controladas.

El tratamiento con mayor rendimiento fue el mucílago fresco sin pasteurizar con una diferencia no significativa.

Tabla 8. Rendimiento Alcohol en la Primera Etapa

Tratamiento	Vol. Final alcohol producid.	Vol. Inic. De Mucílago	Rendimiento
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	25.8	1000	2.58%
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	10.63	1000	1.063%
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	17.25	1000	1.725%
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	10	1000	1%
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	15.92	1000	1.592%
Mucílago Fermentado pasteurizado	14.8	1000	1.48%
Mucílago Fermentado pasteurizado	17.7	1000	1.77%
Mucílago Fermentado pasteurizado	6	1000	0.6%
Mucílago Fermentado pasteurizado	19.5	1000	1.95%
Mucílago Fermentado pasteurizado	14.5	1000	1.45%
Mucílago Fresco sin pasteurizar	74.4	1000	7.44%
Mucílago Fresco sin pasteurizar	5.6	1000	0.56%
Mucílago Fresco sin pasteurizar	36.6	1000	3.66%
Mucílago Fresco sin pasteurizar	14.8	1000	1.48%
Mucílago Fresco sin pasteurizar	6.6	1000	0.66%
Mucílago fresco pasteurizado	23.25	1000	2.325%
Mucílago fresco pasteurizado	6.5	1000	0.65%
Mucílago fresco pasteurizado	36.25	1000	3.625%
Mucílago fresco pasteurizado	40.5	1000	4.05%
Mucílago fresco pasteurizado	6.25	1000	0.625%

La tabla 9 muestra el rendimiento promedio de alcohol producido en la segunda etapa, este es un rendimiento inferior a la primera etapa del proceso, ya que se obtuvo 0.40%, esto se puede justificar debido a las características de la materia

prima utilizada ya que presentaba grados Brix de 3 y 5, los cuales no son apropiados para la producción de etanol.

Tabla 9. Rendimiento Alcohol en la Segunda Etapa

Tratamiento	Vol. Final. De alcohol producido	Vol. Inic de Mucílago	Rendimiento
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.6	500	0.32%
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.7	500	0.34%
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	2.1	500	0.42%
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.6	500	0.32%
Mucilago Fermentado Pasteurizado	2.7	500	0.54%
Mucilago Fermentado Pasteurizado	1.5	500	0.3%
Mucilago Fermentado Pasteurizado	2.5	500	0.55%
Mucilago Fermentado Pasteurizado	1.5	500	0.3%
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	1.5	500	0.3%
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	1.8	500	0.36%
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	2.2	500	0.44%
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	2.9	500	0.58%
Mucílago Fresco Pasteurizado	2.2	500	0.44%
Mucílago Fresco Pasteurizado	1.8	500	0.36%
Mucílago Fresco Pasteurizado	2.1	500	0.42%
Mucílago Fresco Pasteurizado	2	500	0.4%

En conclusión, el rendimiento de alcohol producido en ambas etapas del proceso de producción no fue satisfactorio, debido a que no se produjo un porcentaje considerable de alcohol ya que el rendimiento propuesto en nuestra investigación era del 5%, para este estudio se tomó en cuenta la Investigación de producción de alcohol (Rodríguez, 2009) adaptando parte de la metodología de esta, debido a que nuestra técnica de producción de materia prima (lavado manual) difiere con respecto a la del Investigador Nelson Rodríguez que utilizó un desmucilagador para extraer el mucílago puro, además de la utilización de

equipos sofisticados a nivel industrial, por consiguiente la presente investigación se modificó a escala de laboratorio.

Partiendo de estos resultados no se realizó la eficiencia energética en el proceso de validación de etanol debido a que el rendimiento de alcohol es menor al 5% y en esas condiciones el volumen es menor, además no existe capacidad de equipo en el laboratorio para realizar esta medición. Por lo tanto, no se recomienda la producción de etanol cuando la materia prima sea trasladada a larga distancia por lo que podría ocurrir un proceso de fermentación del producto durante su traslado, no extraer la materia prima de manera manual, equipos de laboratorio y el porcentaje bajo de grados brix.

8.4 Abono Orgánico

Las características iniciales del producto elaborado son: *pH* 6.5, color marrón oscuro, sin olor desagradable.

Según la Biblioteca Virtual de la salud,1999, relata que el rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6,5-7,5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos.

Durante el proceso de elaboración se produce una secesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos.

No es habitual que se encuentre desechos orgánicos agrícolas que presenten un pH muy desplazado del neutro (pH= 7). Puede ser el caso de algunos residuos provenientes de actividades agroindustriales. Este tipo de residuos, se caracteriza por su estabilidad (resistencia a la biodegradación), y en general se trata de desechos con pH marcadamente ácido. De presentarse una situación de este tipo, se procede a determinar el valor del pH y posteriormente realizar una neutralización mediante la adición de Piedra Caliza, Calcáreo o Carbonato de calcio de uso agronómico.

8.4.1. Diagrama de Flujo para elaborar Abono Orgánico

A continuación se describe los diferentes procedimientos realizados en el proceso de la elaboración de abono orgánico. La materia prima utilizada para la producción de este abono fue resultado de la destilación realizada durante el proceso de obtención de etanol, además se utilizó Estiércol fresco y leguminosas; lo que indica que se está aprovechando residuos no utilizados por los agricultores, siendo este producto una alternativa para disminuir la contaminación ambiental.

Para este experimento inicialmente había 20 kg de mucílago, 1.81 kg de materia sólida, sin embargo en la etapa de filtración se obtuvo 1 kg de producto, quedando como lodos resultantes 0.81 kg.

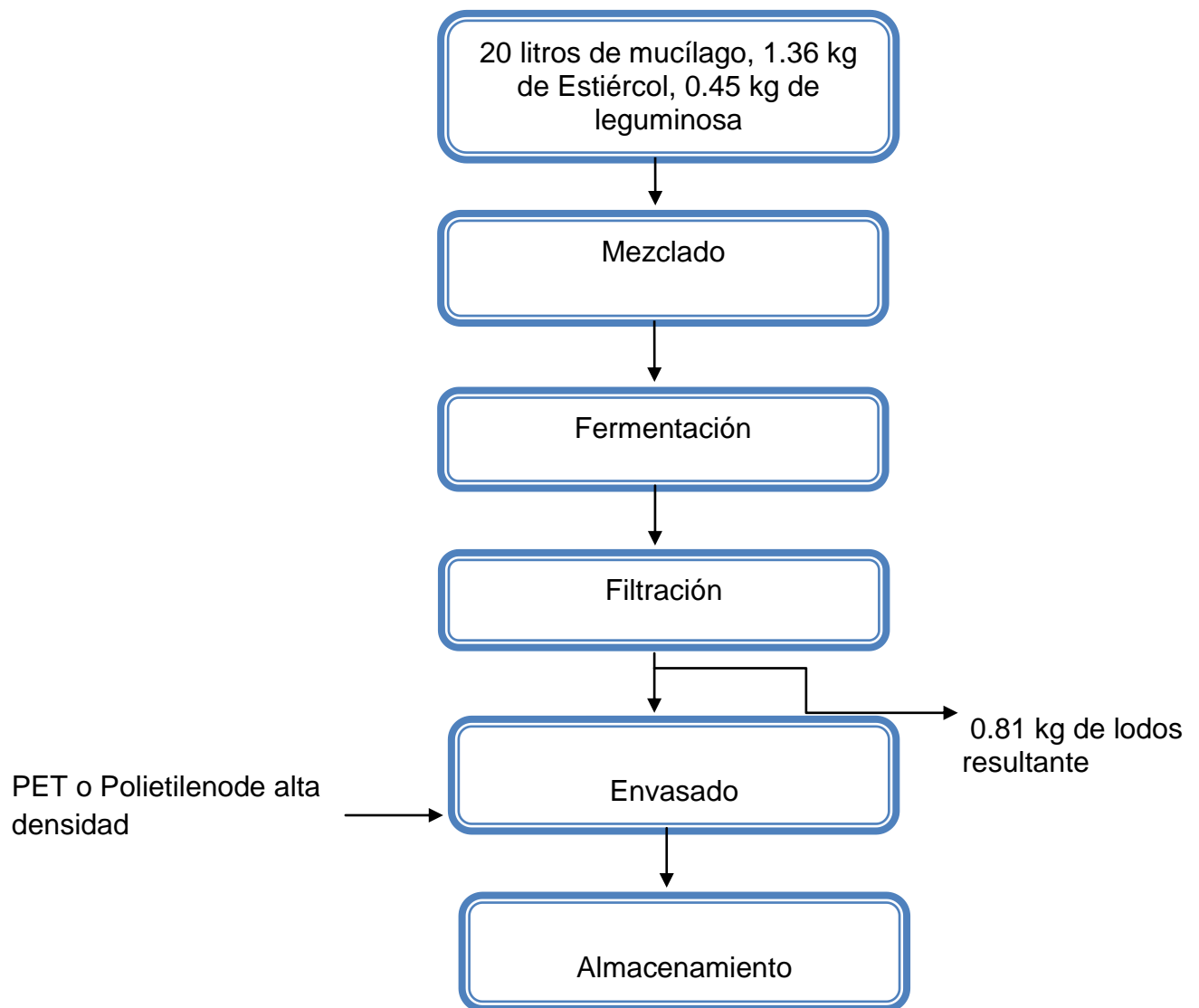


Figura 13. Diagrama de Flujo de Abono Orgánico

8.4.2 Análisis de N, P, K del abono orgánico elaborado a partir del mucílago de café.

Los análisis de nitrógeno, fósforo y potasio se realizaron con el objetivo de determinar la cantidad de estos macronutrientes, ya que son los elementos esenciales que en pequeñas o grandes cantidades, cumplen una función específica en el crecimiento de la planta y en la producción alimentaria, y que un nutriente no puede ser sustituido por otro (FAO, 2002).

En la tabla 10 muestra el porcentaje de nitrógeno, fósforo y potasio del abono orgánico elaborado a partir de mucílago de café, estiércol fresco de bovino y desechos de leguminosas, la cantidad de nitrógeno que posee este abono orgánico es del 0.85% lo que indica que está en una escala apropiada, pero en el caso del fósforo y potasio el porcentaje es bajo en relación al NPK del purín de estiércol que va de 0.2 al 2% en general. Este análisis de composición química se llevó a cabo en el Laboratorio Químico S.A. LAQUISA.

Tabla 10. N, P, K del abono Orgánico

Análisis	Unidad	Resultados
Nitrógeno	%	0.85
Fósforo	%	0.0094
Potasio	%	0.0180

Cabe destacar que dentro del análisis bromatológico realizado para este abono orgánico, se tomaron en cuenta los tres principales macronutrientes (N, P, K) debido a los altos costos que incurre un análisis completo de micronutriente y micronutrientes.

8.4.2.1 Comparación de NPK entre abono orgánico a partir de mucílago de café y los abonos comerciales utilizados en el experimento.

En la tabla 11 se refleja la composición del N, P, K para los abonos comerciales, donde permite distinguir las diferencias entre estos con respecto al abono orgánico elaborado a partir de mucílago.

Tabla 11. Comparación de Abonos comerciales y Abono Mucílago de Café.

Tipo de Abono	N	P	K
Abono Orgánico Mucílago de café	0.85%	0.0094%	0.0180%
Bayfolan	9.1	6.6	5%
Crop Plus	1%	1.5%	1.5%

Cabe destacar que el mejor abono orgánico sintético es el Bayfolan, debido a que presenta porcentajes de N, P, K altos que contribuyen al desarrollo y crecimiento de las plantas, seguidamente el Crop plus que es un abono orgánico a partir de algas marinas con un porcentaje de N, P, K considerable aunque más bajo que el bayfolan; pero en el caso del abono orgánico a partir de mucílago de café estos componentes son bajos en comparación con los anteriores. Sin embargo es una fuente de nutrientes reflejándose en la validación de este, lo que indica que es mejor que al agregar agua al cultivo de tomate.

8.4.3. Análisis Estadísticos

Para el análisis de datos se realizó en el programa Estadístico SPSS, el cual permitió la elaboración de diagramas de error donde permitió encontrar diferencias o relaciones significativas de las variables versus tratamientos.

Las variables medidas fueron: Número de flores, grosor del tallo y peso de materia seca, estas se tomaron en cuenta para determinar si el abono orgánico a partir de mucílago de café era efectivo o no. A continuación se describen los resultados:

- **Número de Flores**

En cada uno de los tratamientos se contaron el número de flores por planta, a los 45 días de trasplantados Esta variable no indica que entre mayor adición de abono orgánico mejor sea el resultado.

En la tabla 11 se presentan las comparaciones entre los tratamientos y la variable numero de flores.

Tabla 12. Comparaciones entre tratamientos, Método de Duncan

Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
Abono 30%	20	4.05	
Abono 20%	20	4.45	
Testigo	20	4.45	
Crop plus	20	4.55	
Abono 10%	20	5.00	
Bayfolan	20		7.80
Sig.		.172	1.000

La tabla 11 refleja el comportamiento de cada tratamiento con respecto a la variable Número de flores, indicando que el mejor tratamiento para este caso es el bayfolan y que el resto de los tratamientos son iguales.

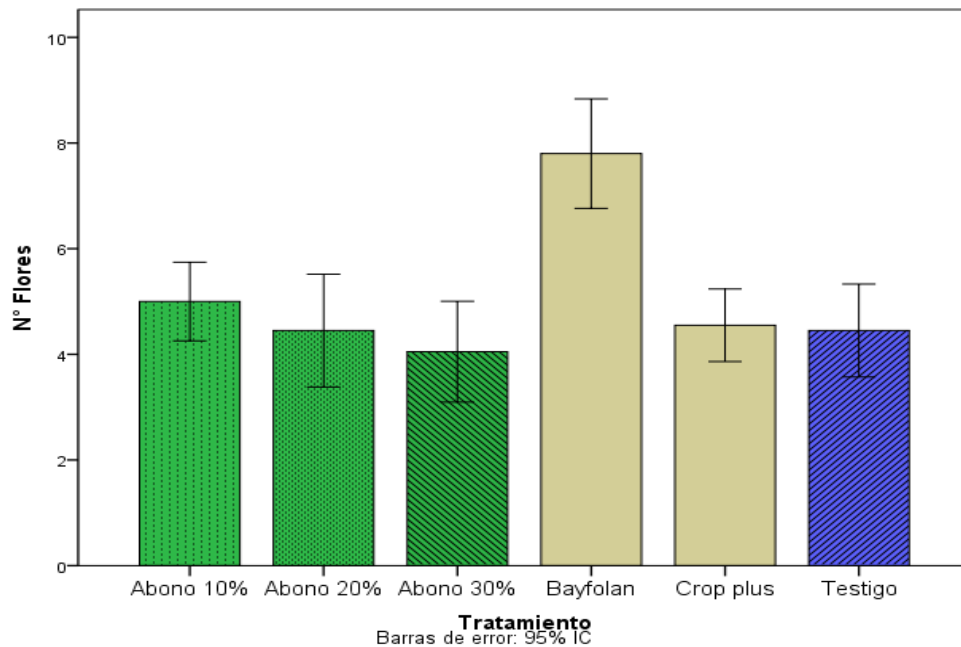


Figura 14. Barra de Error para la variable número de Flores

La figura 14 muestra el comportamiento de los 6 tratamientos con respecto al número de flores, reflejando que el Bayfolan es el tratamiento más efectivo para las plantas; éste tratamiento sirve como parámetro de comparación con respecto

al abono orgánico elaborado a partir de mucílago de café, determinando que los otros tratamientos son iguales.

- **Grosor del tallo**

En cada uno de los tratamientos se midió el grosor del tallo, a los 45 días de trasplantados.

En la tabla 12 refleja que los tratamientos para la variable grosor son diferentes predominando el bayfolan y el Crop plus, por consiguiente los otros cuatro tratamientos no presentan ninguna diferencia, lo que indica que el abono orgánico a partir de mucílago de café no presenta contraste en comparación al tratamiento testigo, cabe señalar que el abono de mucílago de café no causa efectos negativos en esta variable.

Tabla 13. Comparaciones entre los tratamientos. Método de Duncan.

Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
Abono 20%	20	1.720		
Testigo	20	1.990		
Abono 30%	20	2.010		
Abono 10%	20	2.055		
Crop plus	20		2.610	
Bayfolan	20			3.010
Sig.		.070	1.000	1.000

La figura 15 muestran que el mejor de los tratamientos aplicados es el Bayfolan, seguidamente el Crop plus, luego en los otros cuatro tratamientos se encontró que son iguales, las diferencias que tienen no son significativas entre estos.

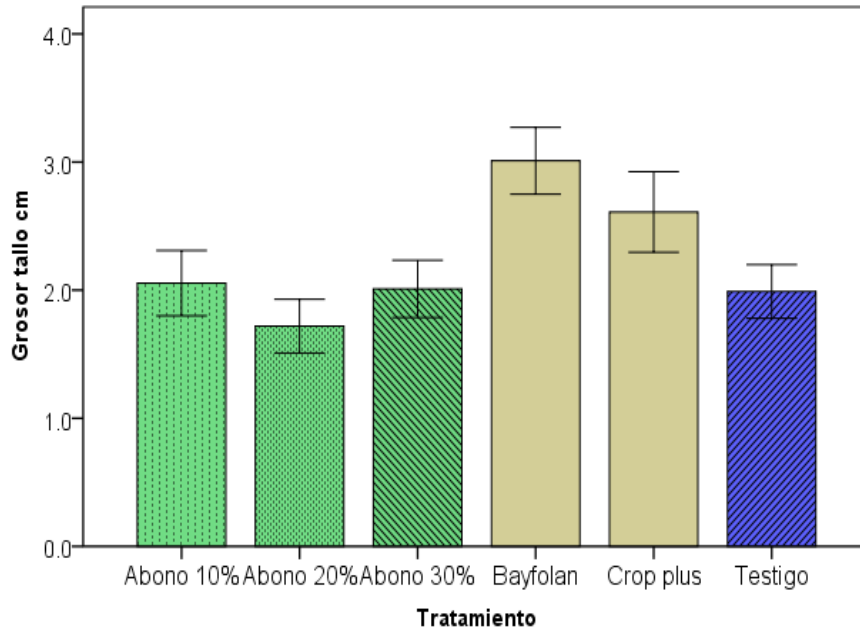


Figura 15. Grosor de tallo representado con barra de error

- **Peso de Materia Seca**

De las variables medidas durante el estudio de la validación de abono orgánico a partir de mucílago de café, el peso de la materia seca es la más importante, porque en ésta se denota la asimilación de los nutrientes hacia la planta, el periodo de medición de materia seca fue a los 45 días después del transplante, luego esto fue secada en un horno secador marca Thermo Scientific a una temperatura de 60°C por 24 horas.

La tabla 13 explica que entre los tratamientos aplicados hay diferencias significativas entre ellos, en este caso el mejor tratamiento aplicado es el bayfolan, seguidamente el Crop plus, luego sigue el 10% y 30% de abono de mucílago de café en un rango igual, y por último el 20% y el testigo. En este caso para la variable materia seca se afirma que el los tratamientos a partir de mucílago de café del 10 y 30% son efectivo sobre la planta , lo que indica que a proporciones intermedias no hay efecto alguno ,debido a que existe una regresión cuadrática negativa en el proceso de la validación del abono orgánico.

Tabla 14. Comparación por Duncan para variable peso de materia seca

Tratamiento	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
Testigo	20	9.625			
Abono 20%	20	9.840			
Abono 30%	20		13.005		
Abono 10%	20		13.060		
Crop plus	20			15.550	
Bayfolan	20				20.060
Sig.		.849	.961	1.000	1.000

La figura 16 muestra la incidencia de los seis tratamientos con respecto a la variable más importante que abarca el estudio. La materia seca en este caso es la variable que indica si el tratamiento a base de mucílago de café es una fuente de nutriente para las plantas, debido a que durante el proceso de desarrollo de la planta ocurre la asimilación de los macronutrientes y micronutrientes obtenidos en el abono orgánico.

La secuencia de los seis tratamientos que indica la figura 16 nos refleja que el abono químico bayfolan es el más efectivo, seguidamente el Crop Plus y un rango similar está el abono orgánico del 10% y 30% teniendo efecto porque es mejor o más pesado que al aplicarle agua y por el último el abono orgánico del 20% y el testigo, lo que explica que en comparación a los abonos orgánicos comerciales el abono orgánico a partir de mucílago es un inductor de crecimiento para las plantas.

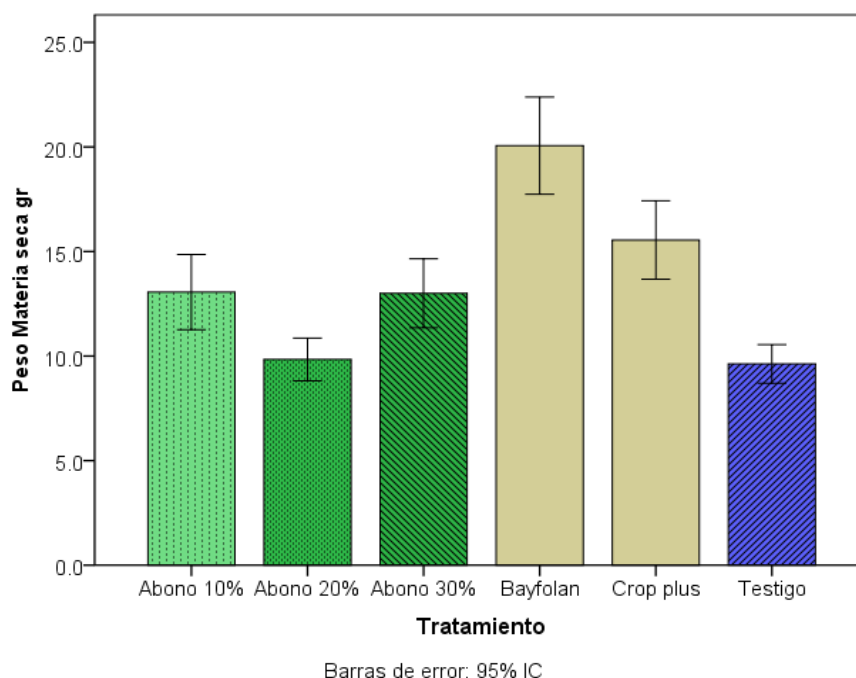


Figura 16. Barra de Error Peso de materia Seca

8.5. Costos de producción

Los productores de tomate realizan aplicaciones de fertilizantes foliares al menos una vez por semana. En los primeros 45 días de crecimiento de la planta, en cada aplicación usan 1 barril (158 litros) de fertilizante para una manzana de tomate, en la cual se encuentran aproximadamente 12000 plantas. Después de los 45 días duplican la dosis a 2 1/2 barriles (395 litros) por aplicación semanal. Esto implica que durante el ciclo vegetativo del tomate, después de los 25 días de la germinación, se realizan aproximadamente 9 fertilizaciones foliares, de las cuáles tres se harán antes de los 45 días y las restantes posterior a los 45 días. Significa entonces que para una manzana de tomate se requerirán 474 litros de solución de fertilizante en los primeros 45 días y 2370 litros posteriormente.

La dosis con la que se obtuvieron mejores resultados fue la del 10% y 30% en ambos es el mismo resultado, que equivale a 0.5 litro en una formulación de 5 litros de producto. Esto implica que para una manzana de plantas de tomate se requiere fabricar 284.4 litros.

Tabla 15. Inversión para la producción de abono

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario U\$	Costo total U\$
Barril	Unidad	2	57.79	115.58
Manguera	Metros	4	1.07	4.28
Pichingas de plástico	Galón	2	0.72	1.44
Costo total U\$				121.3

Los conceptos Barril, manguera y pichingas son reutilizables y por lo tanto, esto contribuiría a recuperar la inversión.

A continuación se presenta la tabla de los costos para producir 284.4 litros de producto.

Para realizar los costos se tomó en cuenta el precio del dólar de C\$ 23.3.

Tabla 16. Costos de producción del abono orgánico

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario U\$	Costo total U\$
Silicón líquido	Unidad	1	1.71	1.71
Saco de polipropileno	Unidad	2	0.21	0.42
Mecate de nylon	Metros	2	1.07	2.14
Mano de Obra	Hombre	2	4.29	8.58
Mucílago de café	Litros	284	0.04	12.18
Costo total U\$				25.08

El litro de fertilizante líquido comercial tiene un precio de U\$ 5.15 el litro y durante el ciclo vegetativo del tomate se requerirían 7.1 litros, cuyo costo es de U\$ 36.56. Por lo tanto, producir el abono orgánico resulta más barato, ya que como se muestra en la tabla 15, el costo de producción es de U\$ 25.08, con lo que el productor se ahorraría U\$ 11.54 por ciclo vegetativo en una manzana de plantas de tomate.

IX. Conclusiones

Partiendo de la justificación, objetivos y metodología descrita en el trabajo, se plantea la conclusión de los resultados obtenidos a través de la investigación de Validación de Mucílago para la obtención de dos productos no alimentarios:

Para el Etanol

Para la elaboración de alcohol etílico a partir de mucílago de café, los tratamientos aplicados son iguales, debido a que en el laboratorio no se contaba con todas las herramientas necesarias partiendo desde la fermentación hasta la destilación, ya que se necesitaba controladores de temperatura en el momento de la fermentación, además de destiladores donde la temperatura se hubiese podido controlar a una temperatura de 78° C y columnas de rectificación para recuperar 89 a 96% de alcohol.

El rendimiento de alcohol obtenido en el proyecto fue de 2% en la primera etapa y en la segunda etapa 0.40%, lo que indica que los grados Brix en la primera etapa eran más apropiados para la obtención de etanol (8 a 10°Bx) y en la segunda etapa (3 a 5°Bx).

El cálculo de eficiencia energética no fue posible debido a que el volumen inicial de cada etapa fue bajo en relación a lo esperado.

Para el Abono Orgánico

El abono orgánico a partir de mucílago de café es una alternativa para los productores, ya que este es un inductor al crecimiento de las plantas en cantidades considerables.

El abono orgánico que mejor resultado obtuvo en comparación a los abonos orgánicos comerciales y al testigo fue el del 10% y 30%. Lo que indica que el 20% no fue efectivo, para este caso no existe explicación dentro de agronomía.

La producción de abono orgánico tiene un costo menor que el comprar fertilizante líquido comercial y por lo tanto, el productor se ahorraría U\$ 11.54 por ciclo vegetativo en una manzana de plantas de tomate.

X. Recomendaciones

Para Etanol

Mediante las fases experimentales del proyecto de elaboración de etanol se sugiere:

Adquirir tecnología adecuada en el laboratorio para poder efectuar una nueva evaluación del mucílago del café en la producción de etanol utilizando columnas de Rashing y Vigreux.

Para Abono Orgánico

Realizar una validación del abono orgánico aumentando las dosis del producto y evaluar los variables peso, uniformidad y color de frutos de hortalizas en una investigación de validación del abono orgánico, de manera que se logren visualizar los efectos de este producto sobre la producción.

Utilizar mucílago puro sin haber pasado por un proceso de destilación, ya que durante esta operación debido a la aplicación de calor hay pérdida de nutrientes.

XI. Bibliografía

ANACAFE. (2005). *Manual de beneficiado humedo del café*. (a. V. Arturo Villeda, Ed.) Guatemala.

FAO. (2002). Recuperado el 10 de marzo de 2012, de Los Fertilizantes y su Uso: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>

FAO. (1998). *Ingenieria economica aplicada a la industria pesquera*. Recuperado el 21 de Diciembre de 2011, de Ingenieria economica aplicada a la industria pesquera: <http://www.fao.org/DOCREP/003/V8490S/v8490s06.htm>

Gómez, L., Morales, N., & Adalid, J. (Diciembre de 2006). *Producción de alcohol etílico apartir de mucílago de café*. Recuperado el 29 de septiembre de 2010, de <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/31-06.pdf>

MINCETUR. (2003). Recuperado el 2006 de Febrero de 2011, de <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/otros/penx/pdfs/Etanol.pdf>

Molina Gómez, L. V. (1999). *Gastos defensivos del beneficiado de café en la zona pacífica de Nicaragua*. Recuperado el 24 de septiembre de 2010

PROMEGA. (s.f.). Recuperado el 26 de Febrero de 2011, de http://www.promega.org.pa/pdf/plegable_extras_1.pdf

Ramírez, J. (Diciembre de 1999). *Pulpa de café ensilada. Producción, caracterización y utilización en alimentación animal*. Recuperado el 25 de Agosto de 2011, de www.funtha.gov.ve/doc_pub/doc_249.pdf

Restrepo, J. (Diciembre de 1994). *Abonos Orgánicos Fermentados*. Recuperado el 05 de Marzo de 2012, de <http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/presentacion/documentos/A3%81NICOSFERMENTADOBONOSORG%CS.pdf>

Rodríguez, N. (1997-1998). *Manejo de Residuos en la agroindustria cafetalera*. Recuperado el 01 de Marzo de 2012, de www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal/xxx.pdf

Rodríguez, N. (2009). *Producción de etanol a partir de los subproductos del café*. Recuperado el 24 de septiembre de 2010

Universidad El Salvador. (01 de diciembre de 2008). *Elaboración de abono orgánico utilizando desechos Orgánicos de los cafetines de la Universidad del Salvador*. Recuperado el 15 de marzo de 2012, de <http://es.scribd.com/doc/15402129/Abono-organico-col8>

La Salle, F. (13 de Mayo de 2011). *Mucílago De Café Como Estimulante En El Crecimiento De Las Plantas De Tomate (Lycopersicum Esculentum) En Fundación La Salle De Ciencias Naturales Campus-Boconó*. Recuperado el 05 de Mayo de 2012, de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Muc%C3%ADlago-De-Caf%C3%A9-Como-Estimulante-En/2149499.html>

Anexos

Anexo 1. Hoja de recogida de datos de la procedencia de la materia prima

Nombre del productor	Extensión del terreno	Nombre del Beneficio	Cantidad de café cereza que entra al beneficio por día	Volumen de agua por quintal de café.	Aproximación en litros de agua mieles producidas por día

Anexo 2. Hoja de recogida de datos del experimento

Tratamiento	Repetición	Valores Iniciales	
		pH	Brix
1.			
2.			
3.			
4.			

Anexo 3. Hoja de Recogida de datos para validación de abono orgánico

Tratamientos	Repetición	Altura	Grosor	Materia seca	Numero de Flores	Longitud de la raíz
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Anexo 4. Datos del volumen de alcohol producido, primer período

Tratamiento	Vol. Final alcohol producido.	Vol. Inic. De Mucílago
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	25.8	1000
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	10.63	1000
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	17.25	1000
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	10	1000
Mucílago Fermentado sin Pasteurizado	15.92	1000
Mucílago Fermentado pasteurizado	14.8	1000
Mucílago Fermentado pasteurizado	17.7	1000
Mucílago Fermentado pasteurizado	6	1000
Mucílago Fermentado pasteurizado	19.5	1000
Mucílago Fermentado pasteurizado	14.5	1000
Mucílago Fresco sin pasteurizar	74.4	1000
Mucílago Fresco sin pasteurizar	5.6	1000
Mucílago Fresco sin pasteurizar	36.6	1000
Mucílago Fresco sin pasteurizar	14.8	1000
Mucílago Fresco sin pasteurizar	6.6	1000

Mucílago fresco pasteurizado	23.25	1000
Mucílago fresco pasteurizado	6.5	1000
Mucílago fresco pasteurizado	36.25	1000
Mucílago fresco pasteurizado	40.5	1000
Mucílago fresco pasteurizado	6.25	1000

Anexo 5. Datos del volumen de alcohol producido, segundo período

Tratamiento	Vol.Final. De alcohol producido	Vol.Inic de Mucílago
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.6	500
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.7	500
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	2.1	500
Mucilago Fermentado sin Pasteurizar	1.6	500
Mucilago Fermentado Pasteurizado	2.7	500
Mucilago Fermentado Pasteurizado	1.5	500
Mucilago Fermentado Pasteurizado	2.5	500
Mucilago Fermentado Pasteurizado	1.5	500
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	1.5	500
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	1.8	500
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	2.2	500
Mucilago Fresco sin Pasteurizar	2.9	500
Mucílago Fresco Pasteurizado	2.2	500
Mucílago Fresco Pasteurizado	1.8	500
Mucílago Fresco Pasteurizado	2.1	500
Mucílago Fresco Pasteurizado	2	500

Anexo 6. Análisis de Varianza para el alcohol producido

Pruebas de los efectos inter-sujetos, Análisis de Variancia

Variable dependiente: Alcohol ml

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	555.388 ^a	3	185.129	.635	.603
Intersección Tratamiento	8114.406	1	8114.406	27.838	.000
Error	555.388	3	185.129	.635	.603
Total	4663.749	16	291.484		
Total corregida	13333.543	20			
Total corregida	5219.137	19			

a. R cuadrado = .106 (R cuadrado corregida = -.061)

Anexo 7. Resultados de la medición de las variables por tratamiento aplicado, abono orgánico

Tratamiento	N° Plantas	N° Flores	Altura Pta	Grosor tallo	Long. Raíz	Peso verde Planta	Peso de MS	Materia Seca
Abono 30%	1	5	80	2.0	P		16.2	31.0345
Abono 30%	2	3	63	2.0	8.0	38.4	10.8	28.1250
Abono 30%	3	3	67	2.5	9.0	43.9	13.4	30.5239
Abono 30%	4	6	50	1.8	10.0	48.6	13.6	27.9835
Abono 30%	5	6	53	2.5	8.0	48.9	13.9	28.4254
Abono 30%	6	7	79	1.8	7.0	49.9	15.6	31.2625
Abono 30%	7	3	75	2.0	7.0	61.1	19.7	32.2422
Abono 30%	8	3	67	1.4	7.0	40.6	11.7	28.8177
Abono 30%	9	3	63	2.0	10.0	38.7	10.2	26.3566
Abono 30%	10	3	57	2.1	9.0	41.0	12.8	31.2195
Abono 30%	11	2	62	1.8	9.5	40.7	9.6	23.5872
Abono 30%	12	1	54	1.0	7.5	28.0	6.0	21.4286
Abono 30%	13	1	54	2.0	8.0	40.6	10.3	25.3695
Abono 30%	14	3	56	2.0	8.0	42.8	13.1	30.6075
Abono 30%	15	5	74	2.1	9.0	55.9	11.3	20.2147
Abono 30%	16	3	66	2.5	7.0	42.0	11.0	26.1905
Abono 30%	17	8	72	2.7	11.0	48.7	16.1	33.0595

Tratamiento	N° Plantas	N° Flores	Altura Pta	Grosor tallo	Long. Raíz	Peso verde Planta	Peso de MS	Materia Seca
Abono 30%	18	3	62	1.3	9.0	39.2	10.7	27.2959
Abono 30%	19	6	61	1.7	9.0	47.6	12.8	26.8908
Abono 30%	20	7	70	3.0	10.0	65.3	21.3	32.6187
Abono 20%	1	4	70	1.7	9.5	54.0	13.3	24.6296
Abono 20%	2	3	57	1.0	7.0	37.8	8.6	22.7513
Abono 20%	3	1	57	1.7	6.0	31.4	6.9	21.9745
Abono 20%	4	5	70	1.5	8.0	45.8	8.4	18.3406
Abono 20%	5	7	60	2.7	10.0	63.9	12.4	19.4053
Abono 20%	6	1	60	1.0	9.5	40.8	7.8	19.1176
Abono 20%	7	7	66	2.0	7.0	54.9	8.1	14.7541
Abono 20%	8	4	65	1.1	9.0	46.1	7.2	15.6182
Abono 20%	9	2	61	1.1	5.5	37.5	12.2	32.5333
Abono 20%	10	7	60	1.7	8.0	55.0	7.7	14.0000
Abono 20%	11	2	63	2.0	9.0	43.0	9.6	22.3256
Abono 20%	12	8	60	2.0	5.0	57.8	10.0	17.3010
Abono 20%	13	5	66	2.0	10.0	52.0	10.3	19.8077
Abono 20%	14	2	65	2.0	7.0	44.5	11.4	25.6180
Abono 20%	15	5	65	2.0	5.5	49.6	12.0	24.1935
Abono 20%	16	7	63	1.9	8.0	52.3	8.9	17.0172
Abono 20%	17	7	65	1.7	9.0	53.5	6.5	12.1495
Abono 20%	18	2	59	1.2	13.0	36.3	11.0	30.3030
Abono 20%	19	6	65	2.0	9.5	48.5	13.5	27.8351
Abono 20%	20	4	63	2.1	12.0	45.6	11.0	24.1228
Abono 10%	1	6	67	2.2	5.0	62.4	16.7	26.7628
Abono 10%	2	7	72	2.5	6.0	70.0	21.8	31.1429
Abono 10%	3	4	70	2.5	9.5	47.4	8.6	18.1435
Abono 10%	4	5	70	1.5	8.0	59.1	13.2	22.3350
Abono 10%	5	3	60	2.5	10.0	45.0	16.0	35.5556
Abono 10%	6	5	73	1.9	8.0	50.0	11.2	22.4000
Abono 10%	7	3	69	2.0	8.5	56.7	14.1	24.8677
Abono 10%	8	5	69	2.0	11.0	60.4	13.1	21.6887
Abono 10%	9	7	62	3.5	7.0	58.4	14.9	25.5137
Abono 10%	10	4	50	2.0	6.0	37.9	8.8	23.2190
Abono 10%	11	7	63	1.5	7.0	50.3	11.6	23.0616
Abono 10%	12	7	68	2.5	7.0	61.0	15.5	25.4098
Abono 10%	13	6	59	1.6	6.0	73.9	16.3	22.0568

Tratamiento	N° Plantas	N° Flores	Altura Pta	Grosor tallo	Long. Raíz	Peso verde Planta	Peso de MS	Materia Seca
Abono 10%	14	3	62	1.8	8.0	43.1	6.8	15.7773
Abono 10%	15	5	68	2.8	9.0	54.0	10.2	18.8889
Abono 10%	16	3	64	1.8	7.0	44.4	11.2	25.2252
Abono 10%	17	2	60	1.2	6.0	41.2	7.4	17.9612
Abono 10%	18	6	63	2.1	12.0	59.2	18.5	31.2500
Abono 10%	19	6	65	1.5	8.0	57.3	14.1	24.6073
Abono 10%	20	6	63	1.7	8.0	49.7	11.2	22.5352
Testigo	1	3	60	2.6	9.0	52.6	10.4	19.7719
Testigo	2	3	60	2.0	8.0	48.6	9.6	19.7531
Testigo	3	8	50	2.1	10.0	56.4	8.8	15.6028
Testigo	4	5	60	2.0	8.0	52.8	9.6	18.1818
Testigo	5	3	59	2.0	7.0	47.7	6.8	14.2558
Testigo	6	3	60	2.0	7.0	43.4	9.6	22.1198
Testigo	7	3	60	2.0	7.0	55.4	9.5	17.1480
Testigo	8	3	60	1.0	9.0	45.9	9.9	21.5686
Testigo	9	3	53	2.0	7.0	40.0	7.7	19.2500
Testigo	10	6	54	2.5	8.0	57.7	12.0	20.7972
Testigo	11	6	60	3.0	9.0	62.6	11.6	18.5304
Testigo	12	3	57	2.0	7.0	47.0	9.5	20.2128
Testigo	13	7	60	2.0	8.0	58.4	11.5	19.6918
Testigo	14	5	55	1.6	8.0	42.7	11.5	26.9321
Testigo	15	2	46	1.0	8.0	31.0	5.5	17.7419
Testigo	16	7	55	2.1	7.0	72.0	14.2	19.7222
Testigo	17	3	55	1.9	8.0	44.4	9.9	22.2973
Testigo	18	3	54	1.9	8.0	52.2	7.8	14.9425
Testigo	19	6	55	2.0	8.0	44.0	7.8	17.7273
Testigo	20	7	53	2.1	7.0	64.7	9.3	14.3740
Crop plus	1	6	73	2.0	9.0	58.0	11.7	20.1724
Crop plus	2	7	74	2.5	11.0	72.5	16.8	23.1724
Crop plus	3	5	70	2.9	12.0	56.5	18.1	32.0354
Crop plus	4	2	52	2.2	12.0	36.6	11.3	30.8743
Crop plus	5	5	72	4.0	6.0	56.9	17.6	30.9315
Crop plus	6	5	70	2.4	9.0	66.2	15.5	23.4139
Crop plus	7	6	65	2.9	7.0	45.7	9.7	21.2254
Crop plus	8	6	65	2.6	10.0	56.7	19.3	34.0388
Crop plus	9	4	71	2.2	11.0	59.1	13.1	22.1658

Tratamiento	N° Plantas	N° Flores	Altura Pta	Grosor tallo	Long. Raíz	Peso verde Planta	Peso de MS	Materia Seca
Crop plus	10	5	70	2.4	6.0	64.9	14.0	21.5716
Crop plus	11	2	63	2.1	8.0	55.0	16.1	29.2727
Crop plus	12	4	61	2.1	10.0	53.1	8.1	15.2542
Crop plus	13	3	66	2.3	9.0	67.2	21.2	31.5476
Crop plus	14	4	65	2.1	8.0	66.4	18.2	27.4096
Crop plus	15	5	70	2.2	9.0	67.9	18.8	27.6878
Crop plus	16	3	66	2.0	6.0	48.5	7.8	16.0825
Crop plus	17	3	75	2.1	9.5	60.8	18.2	29.9342
Crop plus	18	4	70	3.6	9.0	59.4	16.9	28.4512
Crop plus	19	7	70	3.5	9.5	66.3	20.0	30.1659
Crop plus	20	5	64	4.1	7.0	59.9	18.6	31.0518
Bayfolan	1	6	68	3.7	8.0	96.0	20.2	21.0417
Bayfolan	2	7	62	3.0	7.0	82.6	24.0	29.0557
Bayfolan	3	3	65	3.0	8.0	80.0	22.7	28.3750
Bayfolan	4	7	70	2.1	7.0	82.7	24.2	29.2624
Bayfolan	5	5	65	2.0	7.0	57.6	15.5	26.9097
Bayfolan	6	8	69	3.0	7.0	68.9	12.7	18.4325
Bayfolan	7	9	71	3.0	8.0	93.9	24.0	25.5591
Bayfolan	8	10	69	3.6	7.0	83.3	22.2	26.6507
Bayfolan	9	4	70	3.0	9.0	46.4	12.5	26.9397
Bayfolan	10	9	73	3.4	9.0	85.8	18.1	21.0956
Bayfolan	11	9	68	2.2	9.0	90.1	29.1	32.2974
Bayfolan	12	7	65	3.0	8.0	80.0	21.7	27.1250
Bayfolan	13	8	70	3.0	9.0	78.5	14.4	18.3439
Bayfolan	14	10	78	2.8	10.0	94.4	20.5	21.7161
Bayfolan	15	10	68	3.9	8.0	79.6	18.2	22.8643
Bayfolan	16	6	63	3.0	5.0	62.6	13.6	21.7252
Bayfolan	17	7	84	2.6	6.0	77.2	16.8	21.7617
Bayfolan	18	10	86	4.1	8.0	94.4	30.0	31.7797
Bayfolan	19	11	72	3.2	9.0	81.0	21.1	26.0494
Bayfolan	20	10	70	2.6	7.0	88.7	19.7	22.2097