



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE CASCARILLA DE
CACAO”**

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR

PAOLA CATALINA LÓPEZ LÓPEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

DEDICATORIA

A Dios y a mis padres por haberme dado la vida y la oportunidad de prepararme y ser mejor persona. A Camila, mi hija, por ser la razón para luchar cada día. A toda mi familia por su apoyo permanente. A mis maestros politécnicos por todos los conocimientos impartidos y en especial a mi Tutora por ser mi guía permanente.

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecir cada día de mi vida. A mis padres y hermanos por brindarme su amor, sacrificio y apoyo incondicional. A mi familia por velar por mi bienestar. A mis amigos por tantos momentos buenos compartidos, A la ESPOCH y sus maestros por ser los responsables de mi formación académica y profesional. A la Dra. Cumandá Játiva y a la Dra. Nancy Veloz, Tutora y Colaboradora respectivamente, quienes gracias a su apoyo y enseñanzas hicieron posible la culminación del presente trabajo.

Un agradecimiento especial a la Ing. Rosita Castro quien con su colaboración valiosa y desinteresada hizo posible la complementación del presente trabajo de investigación.

A todos un Dios les pague de corazón.

INTRODUCCIÓN

La producción orgánica de hortalizas, frutas y vegetales en general requiere para un óptimo rendimiento, de proveer al suelo nutrientes de fácil descomposición, uno de ellos es el compost.

Expertos en la fabricación de productos a base de cacao, determinan que el rendimiento de 100kg de semillas de cacao es alrededor del 85%, su valor restante es considerado desechos (cáscara, granza, triturado, maguey). De estos desechos solo la cascarilla de cacao corresponde al 12% que se convierte en grandes volúmenes de basura.

Ante esta situación, las industrias han motivado el desarrollo de estudios a nivel de campo para aumentar el valor agregado de la producción de cacao, a través de la reincorporación de la cascarilla de cacao a procesos industriales como alternativa para la elaboración de compost orgánico por procesos fermentativos sólidos, controlando la humedad y la temperatura como factores que inciden en la calidad, el cual es utilizado para mejorar los cultivos de las distintas zonas geográficas.

La cascarilla de cacao nutricionalmente aporta al suelo como todo alimento con macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales); que son elementos indispensables para el desarrollo de microorganismos de descomposición o para la actividad en lombricultura.

Este desecho agroindustrial se considera como una fuente baja de energía debido a que presenta niveles de energía digestible menor a 2500kcal/kg; que es la base de la fibra para la elaboración del compost.

Todos estos componentes al ser incorporados al suelo pudieron contribuir al enriquecimiento del mismo, mejorando la textura del suelo que fue comprobada cultivando rábanos y realizando sus respectivos análisis tanto del compost como el fitoquímico del vegetal.

Los objetivos de esta investigación fueron:

- Elaborar compost utilizando cascarilla de cacao producida como desecho en la industria chocolatera;
- Dosificar la cascarilla de cacao y la materia orgánica para encontrar la proporción más adecuada para obtener un compost de óptimas condiciones;
- Verificar la efectividad del compost elaborado aplicándolo a un cultivo de rábanos.

Por medio del presente trabajo de investigación se logró obtener un compost elaborado a base de cascarilla de cacao que aplicado a un cultivo de rábanos, mejoró notablemente su textura, su color y su sabor, más agradable evidenciado por una mayor concentración de azúcares totales en dependencia de la cantidad de cascarilla presente en cada compost utilizado; como metabolito secundario se valoró el contenido de flavonoides en el rábano utilizando métodos gravimétricos y cromatográficos.

Todo esto aplicado a la industria agropecuaria generaría grandes beneficios, al igual que a los consumidores.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación: “ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE CASCARILLA DE CACAO”, de responsabilidad de la señorita egresada Paola Catalina López López, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Silvio Álvarez

DECANO FAC. CIENCIAS

Dr. Iván Ramos

DIRECTOR DE ESCUELA

Dra. Cumandá Játiva

DIRECTOR DE TESIS

Dra. Nancy Veloz

MIEMBRO DE TRIBUNAL

Tlgo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR CENTRO
DE DOCUMENTACIÓN**

NOTA DE TESIS ESCRITA

Yo Paola Catalina López López, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

PAOLA CATALINA LÓPEZ LÓPEZ

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ATP	Adenosín tri fosfato
°C	Grados Celsius
Ca	Calcio
CCF	Cromatografía en Capa Fina
CEC	Conductividad
Cu	Cobre
C/N	Relación Carbono Nitrógeno
CO₂	Dióxido de Carbono
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EM	Microorganismos efectivos
HPLC	Cromatografía Líquida de Alta Resolución
K	Potasio
Kcal	Kilocalorías
Kg	Kilogramo
mcg	Microgramo
meq	Miliequivalente
Mg	Magnesio
Mn	Manganeso
MO	Materia Orgánica
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
P	Fosforo
%	Porcentaje
%C	Porcentaje de ceniza
%ELnN	Porcentaje de extracto libre no nitrogenado
%F	Porcentaje de fibra
%G	Porcentaje de grasa
%H	Porcentaje de humedad
pH	Potencial de Hidrógeno
R1	Repetición 1
R2	Repetición 2
R3	Repetición 3
TA	Tratamiento A
TB	Tratamiento B
TC	Tratamiento C
TD	Tratamiento D
ton	Tonelada
Uc	Unidad de compostaje
UI	Unidad Internacional
UV	Ultravioleta

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	Cascarilla de Cacao	1
1.1.1	Obtención de la cascarilla de cacao	1
1.1.2	Valor nutricional de la cascarilla de cacao	2
1.2	El Compost	2
1.2.1	Fuentes de residuos orgánicos	3
1.2.2	Alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos	4
1.2.3	La elaboración del compost	5
1.2.3.1	Compostaje aeróbico	6
1.2.3.2	Sistemas de compostaje	10
1.2.3.3	Características de los residuos a compostar	12
1.2.3.4	Manejo del sistema	13
1.2.3.5	El proceso de refinación	15
1.2.3.6	Rendimiento	16
1.2.3.7	Acopio y empaque	16
1.2.3.8	Aspectos sanitarios	16
1.2.3.9	Aspectos ambientales	17
1.3	El rábano	17
1.3.1	Historia	17
1.3.2	Descripción	18
1.3.3	Composición química	18

1.3.4	Características	18
1.3.5	Variedades	19
1.3.6	Cultivo	20
1.3.7	Alteraciones en la forma	20
1.3.8	Alteraciones en la manipulación	20
1.3.9	Beneficios de los rábanos	21
1.4	Los flavonoides	21
1.4.1	Generalidades	21
1.4.2	Aspectos químicos	22
1.4.3	Distribución y estado natural	23
1.4.4	Propiedades Físicas	23
1.4.5	Métodos experimentales de análisis	24
1.4.5.1	Extracción y aislamiento	24
1.4.6	Métodos de identificación	25
1.4.6.1	Ensayos de coloración	25
1.4.6.2	Espectroscopia ultravioleta-visible	26
1.5	Análisis proximal y/o bromatológico	26
1.5.1	Determinación de humedad	27
1.5.2	Determinación de cenizas	28
1.5.3	Determinación de fibra	28
1.5.4	Determinación de proteína	28
1.5.5	Extracto etéreo	29
1.5.6	Extracto libre no nitrogenado	29
1.5.7	pH	29
1.6	Métodos cromatográficos	30
1.7	Evaluación sensorial	30
1.7.1	Atributos sensoriales	31
1.7.1.1	Gusto y sabor	31
1.7.1.2	Textura	31
1.7.1.3	Aroma y olor	31
1.7.1.4	Color y apariencia	31
2	PARTE EXPERIMENTAL	33

2.1	Lugar de experimentación	33
2.2	Materiales, equipos y reactivos	33
2.2.1	Materia prima	33
2.2.2	Equipos	34
2.2.3	Materiales	34
2.2.4	Reactivos	35
2.3	Técnicas	36
2.3.1	Elaboración del compost	36
2.3.1.1	Materiales para la elaboración del compost	36
2.3.1.2	Herramientas	37
2.3.1.3	Preparación del terreno para el compostaje	37
2.3.1.4	Preparación de las materias primas	38
2.3.1.5	Construcción de las pilas de compostaje	38
2.3.1.6	Riego de la pila	40
2.3.1.7	Control de temperatura y humedad	40
2.3.1.8	Viraje de las pilas	41
2.3.1.9	Obtención del compost	42
2.3.2	Cultivo de rábanos	42
2.3.2.1	Requerimientos edafoclimáticos	42
2.3.2.2	Cultivo de rábanos utilizando compost a base de cascarilla de cacao	42
2.3.2.3	Determinaciones sensoriales del rábano	44
2.3.2.4	Valor nutricional	46
2.3.3	Análisis bromatológico de la cascarilla y compost de cacao	47
2.3.3.1	Determinación de humedad y materia seca	47
2.3.3.2	Determinación de cenizas	48
2.3.3.3	Determinación de fibra	48
2.3.3.4	Determinación de proteína	51
2.3.3.5	Determinación de extracto etéreo	53
2.3.3.6	Extracto libre no nitrogenado	54
2.3.3.7	Determinación de azúcares totales	54
2.3.3.8	pH	56
2.3.4	Determinaciones sensoriales en el rábano	56
2.3.4.1	Factores de apariencia	56

2.3.4.2	Factores de textura	57
2.3.4.3	Factores de olor y sabor	57
2.3.5	Determinaciones físicas del rábano	57
2.3.5.1	Peso	57
2.3.5.2	Diámetro	57
2.3.6	Extracción e identificación de flavonoides en el rábano	57
2.3.6.1	Preparación de la muestra	57
2.3.6.2	Preparación de la placa cromatográfica	58
2.3.6.3	Desarrollo de la placa	58
2.3.6.4	Interpretación	59
2.3.7	Análisis estadístico	61
3	RESULTADOS Y DISCUSION	62
3.1	Elaboración de compost a base de cascarilla de cacao	62
3.1.1	Control de temperatura y humedad	63
3.2	Cultivo de rábanos utilizando compost a base de cascarilla de cacao	64
3.3	Determinaciones sensoriales del rábano	64
3.3.1	Factores de apariencia	64
3.3.2	Factores de textura	65
3.3.3	Factores de olor y sabor	65
3.3.4	Determinaciones físicas del rábano	66
3.4	Análisis estadístico de los resultados	69
3.4.1	Análisis bromatológico del compost a base de cascarilla de cacao	68
3.4.2	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de pH	69
3.4.3	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de proteínas	70
3.4.4	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de fibra	72
3.4.5	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de grasa	73
3.4.6	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de humedad	74
3.4.7	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de cenizas	75
3.4.8	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de carbohidratos	77
3.4.9	Determinación de azúcares totales en el rábano	78
3.4.10	Prueba de Tukey al 5% para los resultados de azúcares totales en el rábano	78
3.4.11	Determinación de flavonoides	80

CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
RESUMEN	83
SUMMARY.....	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1	Análisis Proximal de la cascarilla de cacao	2
TABLA N° 2	Composición físico-química media del compost	6
TABLA N° 3	Parámetros de control de estabilidad del compost	10
TABLA N° 4	Composición de los rábanos por 100 gramos de porción comestible	19
TABLA N° 5	Tratamientos para la elaboración del compost	38
TABLA N° 6	Control diario de temperatura y humedad del compost	41
TABLA N° 7	Valor nutricional de los rábanos	46
TABLA N° 8	Características del compost elaborado.....	62
TABLA N° 9	Determinación de pesos de los rábanos cultivados	66
TABLA N° 10	Determinación de diámetros de los rábanos cultivados	68

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1	Análisis bromatológico del compost	69
CUADRO N° 2	Análisis de pH del compost	69
CUADRO N° 3	Análisis de proteína del compost	70
CUADRO N° 4	Análisis de fibra del compost	72
CUADRO N° 5	Análisis de grasa del compost	73
CUADRO N° 6	Análisis de humedad del compost	74
CUADRO N° 7	Análisis de ceniza del compost	75
CUADRO N° 8	Análisis de carbohidratos del compost	77
CUADRO N° 9	Resultado de azúcares totales en el rábano	78
CUADRO N° 10	Análisis de azúcares totales en el rábano	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1	Control de temperatura del compost	63
GRÁFICO N° 2	Control de humedad del compost.....	64
GRÁFICO N° 3	Análisis del peso de los rábanos	67
GRÁFICO N° 4	Análisis del diámetro de los rábanos.....	68
GRÁFICO N° 5	Análisis de pH del compost	70
GRÁFICO N° 6	Análisis de proteínas del compost	71
GRÁFICO N° 7	Análisis de fibra del compost	72
GRÁFICO N° 8	Análisis de grasa del compost	74
GRÁFICO N° 9	Análisis de humedad del compost	75
GRÁFICO N° 10	Análisis de azúcares totales en el rábano	76
GRÁFICO N° 11	Análisis de carbohidratos del compost	77
GRÁFICO N° 12	Análisis de azúcares totales en el rábano	79
GRÁFICO N° 13	Cromatografía de los flavonoides del rábano	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1	Preparación de las pilas de compostaje	88
ANEXO N° 2	Viraje de las pilas de compostaje	88
ANEXO N° 3	Diferentes tratamientos del compost	88
ANEXO N° 4	Preparación del terreno para el cultivo	89
ANEXO N° 5	Siembra de las semillas de rábano	89
ANEXO N° 6	Crecimiento del cultivo de rábanos	89
ANEXO N° 7	Cosecha de los rábanos	90
ANEXO N° 8	Determinaciones físicas de los rábanos	91
ANEXO N° 9	Determinación de flavonoides en los rábanos	91

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CASCARILLA DE CACAO

También denominada cáscara de cacao. Es rica en magnesio y teobromina y muy útil en caso de debilidad, diarrea e inflamación. (19)

El cacao, originario de América Central, era ya cultivado y consumido, tanto su semilla como su cáscara, por los antiguos mayas hace más de 2.500 años. Precisamente en su cascarilla se hallan sus principales propiedades terapéuticas y medicinales. (17)

1.1.1. OBTENCIÓN DE LA CASCARILLA DE CACAO

El cacao en grano se obtiene a partir de las semillas del cacao. De este cacao se puede producir cuatro subproductos (licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo) y productos finales como el chocolate y sus derivados a través de diferentes procesos industriales.

Para llegar a obtener estos productos intermedios así como también el producto final, el grano de cacao es secado, fermentado y sometido al proceso del tostado, obteniendo como residuo de este proceso la cascarilla de cacao. (18)

1.1.2. VALOR NUTRICIONAL DE LA CASCARILLA DE CACAO

La cascarilla de cacao nutricionalmente aporta como todo alimento con macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales). Este desecho agro-industrial se considera como una fuente baja de energía debido a que presenta niveles de energía digestible menor a 2500 Kcal/Kg; que es la base de la fibra para la nutrición animal. (19) (20)

Tabla 1. Análisis proximal de la cascarilla de cacao

PARÁMETRO	VALOR
Humedad (%)	1,00
Proteína (%)	13,00
Fibra (%)	25,00
Energía (Kcal/kg)	1409,00

FUENTE: www.fao.org/docrep/field/003/AB461S/AB461S06.htm

1.2. EL COMPOST

El compost es un material al que se llega por biotecnologías de bajo coste, que nos permite mantener la materia orgánica dentro del ciclo natural, no incinerándola ni "ensilándola", con difícil y cara recuperación, como sería el caso de los rellenos sanitarios.

Es un mejorador de suelos, sumamente útil en el combate a la erosión, en la mejora de los cultivos en cuanto a cantidad y calidad de los mismos. Su producción trae beneficios directos e indirectos si consideramos los beneficios en la producción, la mano de obra que ocupa su procesamiento, las posibilidades de obtener producciones ambientalmente sanas, la disminución de materia a eliminar y su valor como elemento formativo ambiental. (32)

En última instancia, el compost podemos considerarlo como un bien "ambiental - social": por los beneficios ambientales que comprobamos (reutilización de desechos y optimización de recursos), a los que debemos sumar que disminuye la cantidad de agroquímicos requeridos por los cultivos donde es aplicado y al considerar que

devolvemos al suelo un bien que fue generado por este, evitando el agotamiento del humus y tierras productivas. (26)

La **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)**, define a los residuos como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto que son producidas, ningún valor económico; ello puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados. (10)

1.2.1. FUENTES DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Actividad agropecuaria

En esta actividad, se generan una gran variedad de residuos de origen vegetal y animal.

Los *residuos vegetales* están integrados por restos de cosechas y cultivos (tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc., procedentes de diversas especies cultivadas. El contenido de humedad de este tipo de residuos es relativo dependiendo de varios factores. Características de las especies cultivadas, ciclo del cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, manejo, condiciones de la disposición, etc. (8)

Entre los *residuos animales*, se incluyen excrementos sólidos y semisólidos (estiércoles) y líquidos (purines). Desechos de faena, cadáveres, sobrantes de suero y leche, etc. Los estiércoles y purines son los residuos que presentan mayor interés por la concentración espacial que alcanzan en producciones como la lechera, cunicultura, avicultura, feed-lots, entre otros y por el impacto ambiental negativo que producen en la mayoría de los casos. (8)

Estiércoles: Es una descripción general de cualquier mezcla de heces, orines y desperdicios. La composición físico-química del estiércol varía de una producción

agropecuaria a otra, dependiendo entre otros factores del tipo de ganado, de la dieta, y de las condiciones bajo las cuales se produce el estiércol. (8)

Purines: A diferencia de los estiércoles los purines tienen un alto contenido de agua, por lo que son manejados como líquidos. (8)

Actividad agroindustrial

Existe una gran diversidad de residuos generados en la actividad agroindustrial.

Muchos residuos de las actividades agroindustriales son reutilizados a través de alternativas que se aplican desde hace ya algunos años, con menor o mayor grado de eficacia. Para otros residuos agroindustriales aún no existen alternativas de transformación en insumos útiles dentro de un marco económico viable. (16)

Industria cerealera

Arroz, trigo, maíz, sorgo, cebada, avena, leguminosas en grano son los principales cultivos industrializados. En cultivos e industrialización de cereales la generación de desechos: pajas, rastrojo y cáscaras (caso del arroz), igualan en cantidad a la producción de granos.

Muchos de estos residuos reúnen los requisitos para la producción de alimentos con destino al consumo humano o forrajes y piensos para animales. No obstante, para residuos del cultivo e industrialización del arroz, no se han desarrollado tecnologías sostenibles para resolver la problemática de los grandes volúmenes de emisión. (6)

1.2.2. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Los *abonos orgánicos o bioabonos*, son aquellas sustancias o compuestos de origen biógeno vegetal o animal que pertenecen al campo de la química orgánica, y que son en general incorporados directamente al suelo sin tratamientos previos. La

aplicación de estiércoles y purines es una práctica tradicional de abonado orgánico. En esta categoría se puede incluir los *abonos verdes*.

Si bien potencialmente, la incorporación al suelo de residuos orgánicos puede llegar a tener algún efecto beneficioso sobre la estructura y fertilidad de los suelos, no en todos los casos esto se cumple e inclusive el efecto puede ser perjudicial. En algunos casos, se terminan favoreciendo los procesos anaerobios, con la consiguiente acidificación, movilización y pérdidas de nutrientes. En resumen, los procesos de estas prácticas son incontrolables por lo que los resultados finales quedan en muchos casos librados al azar.

Parece entonces razonable, que para aprovechar el potencial que los desechos orgánicos tienen como abonos, estos deben pasar por un proceso previo antes de su integración al suelo, de forma tal que, el material que definitivamente se aporte, haya transcurrido por los procesos más enérgicos de la mineralización, se presente desde el punto de vista de la biodegradación de la forma más estable posible, y con los macro y micro nutrientes en las formas más asimilables posibles para los productores primarios.

Una de las técnicas que permite esta biodegradación controlada de la materia orgánica previa a su integración al suelo es el Compostaje y el producto final es conocido como Compost. (9)

1.2.3. LA ELABORACIÓN DEL COMPOST

A lo largo de la historia, se han empleado distintos procedimientos en la producción de Compost que han generado numerosas publicaciones de divulgación con diferentes enfoques, posiblemente debido al desconocimiento de los mecanismos íntimos del proceso. Actualmente, se conoce la base científica de este proceso, y se lleva a cabo de una forma controlada. En tal sentido, el compostaje, se puede definir como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y

microbiológicas predeterminadas, conocido como Compost. A este proceso controlado de compostaje los denominamos *Compostaje aerotérmico o termoaeróbico* para diferenciarlo de las técnicas tradicionales. (11)

Tabla 2. Composición Físico – Química media del Compost

PARÁMETRO	VALOR
pH H ₂ O	7,8 – 8,0
M.O. (Materia Orgánica)	35,0 – 40,0%
C/N	16,0 – 20,0
Humedad	40,0 – 45,0%
Nitrógeno Total	1,5 – 1,8%
Fósforo Total	0,8 – 1,0%
Potasio (K)	1,0%
Calcio (Ca)	1,0%
Magnesio (Mg)	0,9 – 1,0%
Cobre (Cu)	4,0%
Zinc (Zn)	3,0 – 4,0%
Manganeso (Mn)	0,5%
Germinación	Inferior al 8,0%
Presentación	Granos inferiores a 10mm
Densidad	0,48 – 0,50 ton/m ³
Nemátodos	Ausentes

FUENTE: <http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf>

1.2.3.1. Compostaje aeróbico: descripción general del proceso

Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos

fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos) entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada. (26)

Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y
- La corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados. (26)

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo, podemos diferenciar las siguientes etapas:

Etapa de latencia: es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs. (26)

Etapa mesotérmica 1 (10-40°C): en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de

compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. (26)

La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

Etapa termogénica (40-75°C): la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas.

Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

Etapa mesotérmica 2: con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas.

Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se

dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.

Las etapas mencionadas, no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descrita se presenta por lo general más de una vez.

Desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable.

Las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorio. (26)

Algunos Parámetros de control de estabilidad del Compost

Tabla 3. Parámetros de control de estabilidad del compost

PARÁMETRO	ESPECIFICACIONES
Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro – negro ceniza
Olor	Sin olor desagradable
pH	Alcalino
C/N	>20,0
N° de Termófilos	Decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
DQO	< 700 mg/g peso seco
ATP	Decreciendo estable
CEC	> 60meq/100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose a estable
Polisacáridos	< 30,0 – 50,0mg glúcidos/g peso seco
Reducción de azúcares	35,0%
Germinación	>8,0
Nemátodos	Ausentes

FUENTE: <http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf>

1.2.3.2. Sistemas de compostaje

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es además de transformar los residuos en Compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas).

a) Sistema en Camellones o Parvas

Parvas, camellones o pilas es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. A los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina *Sistema en Parvas o Camellones*. (11)

De acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en:

Sistema en Parvas o Camellones Móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconfiguración de las parvas, y

Sistema de Camellones o Parvas Estáticas, cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje (métodos Beltsville y Rutgers), que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas.

b) Sistema en Reactores

Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como *Reactores*. Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante. Los reactores móviles además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje.

Los sistemas de compostaje en reactores son siempre sistemas industriales. Se aplican en aquellas situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos, y para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas. (11)

1.2.3.3. Características de los residuos a compostar

Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

Una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir

$$C (25)/N (1) = 25.$$

Con respecto al Balance de Nutrientes podemos sacar las siguientes reglas básicas:

1. Utilizando materiales con una buena relación C/N, no es necesario realizar mezclas.
2. Los materiales con relativo alto contenido en Carbono deben mezclarse con materiales con relativo alto contenido en Nitrógeno y viceversa. (11)

Estructura y Tamaño de los Residuos

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por ej.: excretas), otros no obstante son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre, no olvidar el carácter osmótrofo de la gran mayoría de las bacterias. (11)

Humedad

El contenido en humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable, tal es el caso de la excretas y estiércoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior

a un 50 %, necesariamente debemos buscar la forma de que el material pierda humedad, antes de conformar las pilas o camellones. (11)

El pH

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 compostaje se produce una sucesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos. (11)

La Aireación

La aireación es conjuntamente con la relación C/N uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de Compostaje Aeróbico.

Cuando como consecuencia de una mala aireación la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas. (11)

1.2.3.4. Manejo del sistema

Una de las reglas fundamentales a tener en cuenta para un sistema como el propuesto es mantener la independencia física de la Unidad de Compostaje (Uc). Nunca, debemos adicionar material nuevo a una Parva que ya ha sido conformada.

Es muy importante llevar de cada Unidad de Compostaje, registros de los datos más relevantes. Fecha de conformación, relación C/N de entrada, temperatura del material antes de su ingreso al sistema, temperatura ambiente y todo dato que se considere que puede ser de valor para sistematizar el proceso. (11) (8)

Aireación y Homogeneización de la masa en Compostaje

Este procedimiento tiene dos objetivos: favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje. Esta operación se puede hacer tanto manualmente como mecánicamente. Siempre debe procurarse en los movimientos de las parvas, que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste del núcleo. (11)

Cuando airear y cuando regar

No existen frecuencias preestablecidas de aireación y riego que resulten aplicables para todos los casos posibles. Las aireaciones excesivas, son tan perjudiciales como los riegos en exceso. Uno de los parámetros, que resultará de fácil determinación es la temperatura y es a partir de la misma que podremos en gran parte, ejercer un control sobre el proceso. (11)

Control de la Temperatura

La temperatura debe ser tomada en el núcleo del camellón. Existen termómetros especialmente diseñados para este fin. También existen instrumentos digitales.

Control de Humedad

Para el control del contenido de humedad, puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

1. Tome con la mano una muestra de material.
2. Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.

3. Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.
4. Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.
5. Sin el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %
6. Finalmente si abrimos el puño y el material se disgrega, asumimos que el material contienen una humedad inferior al 20 %. (11)

Control de aireación y riego por temperatura

Se recomienda realizar las aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, luego de haber alcanzado su valor máximo en etapa termogénica. Inmediatamente a la remoción del material la temperatura experimenta un descenso, y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogénica.

Si hay necesidad de riego es conveniente hacerlo en las etapas mesotérmicas. El riego debe ser lo más atomizado posible, para no producir cambios bruscos en la temperatura.

Este procedimiento de aireación y riego por control de temperatura, es una alternativa que tiene sus fundamentos en los grupos fisiológicos que intervienen, en los tipos de metabolismos y en los productos de estos metabolismos. En otras literaturas, recomiendan realizar una aireación o “volteo” una vez por semana durante las primeras cuatro semanas. (11)

1.2.3.5. El proceso de refinación

Para lograr un compost apto para su aplicación agronómica, sea en forma manual o mecánica, el mismo debe presentar una granulometría adecuada y homogénea y estar libre de elementos orgánicos o inorgánicos que dificulten su aplicación. Hay muchas alternativas técnicas para el refinado del compost:

separación balística, centrífuga, o cribado (granulométrica). La experiencia indica que la separación granulométrica por cribado es sin duda la menos costosa de instrumentar, y la que ha dado mejores resultados. (10)

1.2.3.6. Rendimiento

En términos generales, durante el proceso de compostaje se produce una pérdida del orden del 6 a 10 % del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. A esta merma, se le debe adicionar la producida por los procesos de refinación. (10)

1.2.3.7. Acopio y empaque

Finalizado el proceso de Compostaje y la refinación del mismo, es conveniente acopiar bajo techo. Si no se dispone de la infraestructura necesaria, una alternativa es cubrir los acopios con materiales impermeables (por ejemplo, film de polietileno). El Compost expuesto a la intemperie, pierde rápidamente valores de sus nutrientes esenciales, por lavado y lixiviación. En referencia al empackado, son muchas las alternativas hoy disponibles que aseguran el mantenimiento de la calidad del producto. Se debe evitar, el empleo para el empackado de cualquier tipo de bolsa o recipiente que haya contenido agrotóxicos o cualquier otra sustancia química. (10)

1.2.3.8. Aspectos sanitarios

Si el compost ha sido debidamente procesado, el material final no ofrece mayores riesgos, salvo aquellos que puedan ser originados por elementos inertes cortopunzantes que puedan haber venido con la materia prima inicial, por lo que es recomendable la utilización de guantes anticorte, si manipula directamente el material. Las mayores precauciones deben tomarse con el material fresco, en las manipulaciones precompostaje, más aún si se trata de excretas y/o estiércoles.

Se recomienda la utilización de guantes de goma, sobre los anticorte. Finalmente, no es conveniente, subir sobre las cúspides de los camellones activos para tomar

temperaturas, o realizar otro tipo de registro. Recuerde que durante el proceso se producen emanaciones importantes de gases, que por un *efecto chimenea* tienden a escapar por el lomo del camellón o parva.

Algunos de estos gases en momentos puntuales del proceso se producen en concentraciones que pueden llegar a ser letales, en ambientes cerrados. (8)

1.2.3.9. Aspectos ambientales

Durante el proceso de compostaje se producen líquidos lixiviados que deben ser recolectados para su tratamiento. En emprendimientos donde se composten volúmenes significativos, debe preverse el diseño y construcción de una Planta de Tratamiento. (8)

1.3. EL RÁBANO

(*Raphanus sativus*). Es una hortaliza de raíz de fácil cultivo, que no ocupa mucho espacio y crece con gran rapidez. Muy apreciada por su color escarlata y su sabor picante. Los colores de la raíz varían desde el blanco al negro pasando por colores rojo pálido a escarlata brillante. El tamaño de las raíces oscila desde pequeñas hasta grandes. (14)

1.3.1. HISTORIA

El rábano ya era consumido hace cuatro mil años por egipcios y babilonios, pueblos que lo apreciaban principalmente por sus propiedades terapéuticas. Hacia 500 a.C. fue introducido en China, donde se desarrollaron nuevas variedades de mayor tamaño y sabor más suave.

Fue muy apreciado por griegos y romanos, siendo estos últimos quienes extendieron su cultivo por España, contribuyendo a su expansión hasta el norte de Europa.

Según la medicina antigua, los rábanos presentaban propiedades relajantes y facilitaban el sueño. Por ello eran utilizados de manera frecuente como calmante. También se usaban como antídoto contra venenos, por lo que en algunas culturas se ingerían antes de cada comida mezclados con nueces, apio y limón.

Actualmente podemos decir que se consume con mayor frecuencia en los países del este asiático. (24)

1.3.2. DESCRIPCIÓN

Pertenece a la familia Cruciferae, en la misma también se encuentran el coliflor, brócoli, coles, el repollo y el berro. Son productos de olores desagradables ya que al cortar sus células liberan enzimas como la mirosinasa. Esta última, convierte la sinigrina en aceite de mostaza, sustancia alilo insaturada que contiene azufre. Es por esto que tiene olor picante, acre y cuando se le aplica calor se descompone en ácido sulfhídrico. (33)

1.3.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Contiene glucosinolatos, alilo y butilo, aceite esencial con azufre, sinigrina, fermento microsinico, rafanol, rafanina, antocianinas, flavonoides, vitamina C.

En las partes aéreas de *Raphanus raphanistrum* se han identificado los flavonoides, tres glicósidos de camferol, tres glicósidos de quercetina y el ramnósido de isoramnetina; el alcaloide sinapina; y el componente fenílico ácido cinámico.

En la semilla se han detectado los componentes azufrados glucoalisina y glucorafenína.

La raíz contiene el alcaloide de isoquinolina β -N-metil-fenetilamina.

1.3.4. CARACTERÍSTICAS

Forma: redonda o alargada según la variedad a la que pertenezcan.

Tamaño y peso: las variedades alargadas miden de 10 a 15 centímetros, mientras que las redondas tienen un diámetro de unos 2 ó 3 centímetros. Su peso en el mercado suele ser de unos 7,0 gramos.

Color: la piel puede ser negra, morada, roja, blanca o roja y blanca, mientras que la carne es siempre blanca, excepto en algunas variedades asiáticas en las que adquiere un tono rosado.

Sabor: ligeramente picante. (14) (33)

1.3.5. VARIEDADES

Los rábanos se pueden clasificar en función de su forma y de su color:

Rábano chino, japonés o daikon: procede de Japón y se caracteriza por su forma cilíndrica y alargada. Es de color blanco y sabor suave.

Rábano negro o de invierno: tiene forma cilíndrica y redondeada. Su piel es de color negro y muy difícil de digerir, mientras que su carne es blanca y más digestiva.

Rabanitos: son una variedad que puede presentar forma esférica, ovalada o cilíndrica. Su piel es de color rojo, rosado, morado o blanco, y su carne siempre es blanca. (34)

Tabla 4. Composición de los rábanos por 100 gramos de porción comestible

PARÁMETRO	VALOR
Energía (Kcal)	16,0
Agua (ml)	94,4
Proteína (g)	1,0
Hidratos de Carbono (g)	2,7
Fibra (g)	1,6
Grasa (g)	0,54
MINERALES:	
Potasio (mg)	240,0
Fósforo (mg)	21,0
Magnesio (mg)	11,0
Yodo (mcg)	20,0
Sodio (mg)	27,0
VITAMINAS HIDROSOLUBLES:	
Folatos (mcg)	45,0
Vitamina C (mg)	20,0

FUENTE: cadenahortofruticola.org/admin/bibli/417rabano.pdf

1.3.6. CULTIVO

Los rábanos se cultivan al aire libre en primavera y verano, mientras que en otoño su cultivo se lleva a cabo en invernaderos. Sin embargo, su mejor época es en los meses de mayo, junio y julio, periodo en el que tienen mayor presencia en los mercados y tiendas de alimentación.

El rabanito es un cultivo poco exigente, por lo que se adapta a una amplia gama de suelos, siempre que tengan un buen contenido de materia orgánica y estén relativamente libres de nematodos. (24)

1.3.7. ALTERACIONES EN LA FORMA

Ahuecado o acorchado: es debido a la sobre maduración.

Textura dura y fibrosa: es ocasionada por cultivar en suelos demasiado ligeros o déficit hídrico.

Sabor picante: provocado por un exceso de calor durante el cultivo.

Raíces laterales: debido a un riego excesivo en el periodo cercano a la madurez. (31)

1.3.8. ALTERACIONES EN LA MANIPULACIÓN

La naturaleza de las hortalizas con su gran contenido acuoso y pese a que una selección natural ha determinado que sus cubiertas sean en extremo resistentes al ataque de microorganismos, se ven con frecuencia vencidos por estos, especialmente cuando arrancadas de sus lugares de crecimiento pierden parte de la vitalidad que las caracteriza.

Generalmente, al ser separadas de su ambiente natural, sufren desecaciones y alteraciones en sus estructuras, con lo cual al desvitalizarse sus tejidos, dan lugar a la acción de sus propias enzimas, que provocan grandes alteraciones. Por consiguiente, son presa fácil de bacterias y mohos.

Todos los traumatismos que puedan sufrir aumentan sustancialmente la susceptibilidad al ataque, por lo que es necesario ser muy cuidadoso en la manipulación. (31)

1.3.9. BENEFICIOS DE LOS RÁBANOS

El rábano es un vegetal que se caracteriza, al igual que la mayoría, por su bajo contenido de calorías y una buena cantidad de líquidos. Además, tiene una aceptable carga de fibras y de hidratos de carbono. También las vitaminas están presentes en este noble vegetal, al igual que el magnesio, el calcio o los folatos.

Los rábanos son una de esas hortalizas que a pesar de su contenido en hidratos de carbono, siguen siendo bajas en calorías y ofreciendo un gran aporte de agua. Por otra parte, se destaca su buena cantidad de fibras, elemento ideal para el sistema digestivo y también para sentir sensación de saciedad.

Además de estos contenidos que tiene el rábano, también posee tanto vitamina C, ideal para los dientes, huesos y valiosa por su acción antioxidante, como folatos, geniales para la gestación de glóbulos rojos y blancos. Vale decir, que en los rábanos existe una buena cantidad de minerales.

El calcio es uno de los que más está presente en los rábanos, aunque, las fuentes de calcio de origen vegetal, no suelen ser tan buenas como las animales. También los rábanos poseen potasio, ideal para el sistema nervioso central, yodo y magnesio en buenas proporciones, al igual que azufre, muy buen antioxidante. (31)

1.4. LOS FLAVONOIDES

1.4.1. GENERALIDADES

Los flavonoides son un gran grupo de sustancias vegetales que fueron descubiertas por el premio Nobel en Bioquímica Dr. Albert Szent-Gyorgi, quien les denominó como "vitamina P". El descubrió que los flavonoides favorecen la función de la vitamina C, mejorando su absorción y protegiéndola de la oxidación.

Los flavonoides comprenden varias clases de sustancias naturales, entre las cuales están muchas de las que les confieren colores amarillo, naranja, rojo, violeta y azul, a muchas flores, hojas y frutos, especialmente. (23)

1.4.2. ASPECTOS QUÍMICOS

Para los químicos los flavonoides tienen una estructura química muy definida. De manera general son moléculas que tienen dos anillos bencénicos (ó aromáticos, para los químicos orgánicos) unidos a través de una cadena de tres átomos de carbono, puesto que cada anillo bencénico tiene 6 átomos de carbono, los autores los denominan simplemente como compuestos $C_6C_3C_6$.

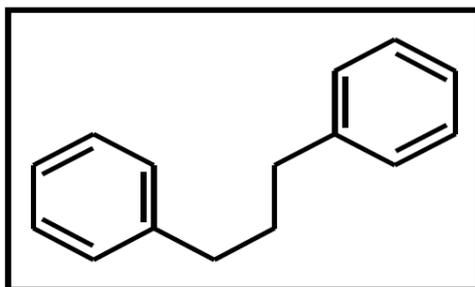


Figura 1. Estructura básica de los flavonoides

Para su estudio sistemático los más de 4000 flavonoides naturales se han clasificado en varias clases de acuerdo con las variantes estructurales que presenta la cadena central C3. De acuerdo con esto los flavonoides se clasifican en varios grupos: Chalconas, flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanonoles, antocianidinas, catequinas, epicatequinas, auronas, isoflavonoides, pterocarpanos, rotenoides, etc. (15)

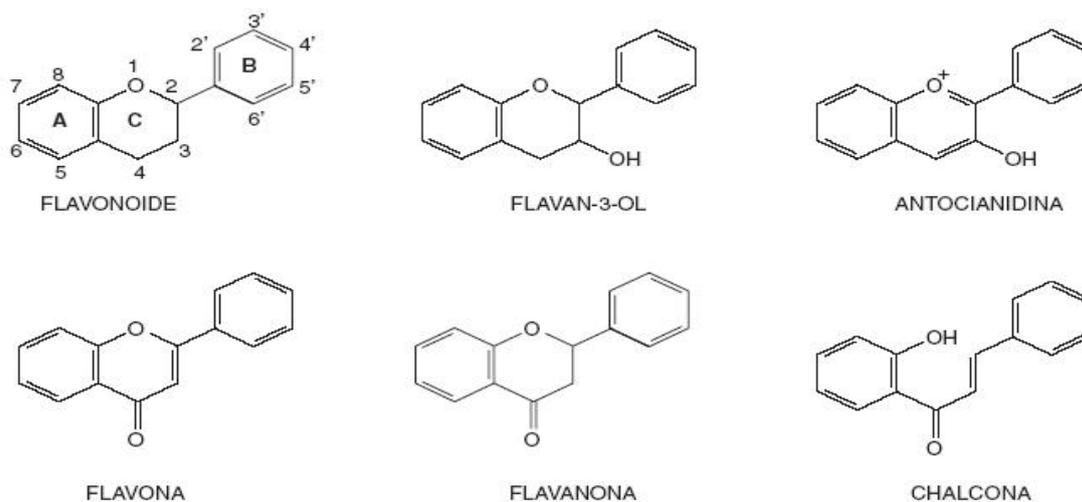


Fig. 1. Estructuras químicas de las subclases de flavonoides más usuales.

1.4.3. DISTRIBUCIÓN Y ESTADO NATURAL

Los flavonoides se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas verdes (especialmente las angiospermas), y sólo algunos pocos se han detectado en hongos y algas. Se han encontrado en las diferentes partes de las plantas, especialmente en las partes aéreas; y se les encuentra en forma libre (también llamados agliconas flavonoides), como glicósidos (la mayoría de las veces), como sulfatos y algunas veces como dímeros y polímeros. Los glicósidos pueden ser de dos clases: con los carbohidratos ligados a través de átomos de oxígeno (enlace hemiacetal) es decir como O-glicósidos; o con los carbohidratos ligados a través de enlaces C-C, es decir como C-glicósidos. De todas estas formas naturales, los O-glicósidos son los más comunes de hallar. Las antocianinas por su parte se encuentran como sales principalmente en flores, frutos y tejidos con coloraciones que van del rojo hasta el violeta y el azul. (15)

1.4.4. PROPIEDADES FÍSICAS

Las propiedades físicas dependen de la clase de flavonoide considerado y su forma (libre, glicósido ó sulfato). Por ejemplo las flavonas, flavonoles y auronas, debido al sistema conjugado son compuestos sólidos con colores que comprenden desde el amarillo muy tenue hasta el rojo. Las antocianidinas son de colores rojo intenso, morado, violeta y azul. Las flavanonas y flavanonoles debido al carbono quiral C-2

presentan el fenómeno de la rotación óptica. Los glicósidos son en general sólidos amorfos, mientras que las agliconas y los altamente metoxilados son cristalinos.

La solubilidad depende de la forma en que se encuentren y el número y clase de sustituyentes presentes. Los glicósidos, las antocianidinas y los sulfatos son solubles en agua y alcohol. Las agliconas flavonoides altamente hidroxiladas son solubles en alcohol (etanol, metanol y n-butanol), mientras que las poco hidroxiladas lo son en solventes como éter etílico, acetato de etilo y acetona. Las agliconas flavonoides altamente metoxiladas son solubles en solventes menos polares como el éter de petróleo y el cloroformo.

Los flavonoides con hidroxilos fenólicos son solubles en soluciones alcalinas, pero algunos altamente hidroxilados se descomponen por acción de las bases fuertes, un hecho que permite reconocerlos y diferenciarlos de otros, y que hace años se utilizó para su elucidación estructural.

Los glicósidos flavonoides son sólidos amorfos que se funden con descomposición, mientras que las correspondientes agliconas son sólidos cristalinos. (23)

1.4.5. MÉTODOS EXPERIMENTALES DE ANÁLISIS

1.4.5.1. Extracción y aislamiento

Los flavonoides en general se extraen de muestras secas y molidas. La muestra se desengrasa inicialmente con éter de petróleo ó n-hexano, y el marco se extrae con etanol puro o del 70%. Este último es recomendado para garantizar la extracción de los más polares. El extracto obtenido se evapora con calentamiento no superior a los 50°C y se le hacen particiones sucesivas con éter etílico, acetato de etilo y n-butanol. Los flavonoides apolares quedan en la fase etérea, los medianamente polares en la fase acetato de etilo y los más polares en el n-butanol. Cada una de estas tres fracciones se puede analizar por cromatografía en capa fina (CCF) y HPLC en fase reversa.

Para el análisis por CCF de las agliconas se pueden utilizar mezclas n-hexano/acetato de etilo y cloroformo/acetato de etilo en diferentes proporciones, por ejemplo la mezcla cloroformo/acetato de etilo 60:40 utilizada por Wagner y col. para el análisis de drogas

vegetales. Para el análisis de glicósidos flavonoides Wagner y col. utilizan una mezcla acetato de etilo/ácido fórmico/ácido acético/agua 100:11:11:27.

Para el análisis por HPLC de los glicósidos pueden utilizarse columnas RP-18, detectando a 254 nm y eluyendo con mezclas ácido acético al 2% acuoso/acetonitrilo en diferentes proporciones. El ácido acético previene la formación de picos asimétricos en el cromatograma. Para el análisis cuantitativo HPLC de las agliconas también se usan columnas RP-18, detección a 254 nm y elución con mezclas de acetonitrilo/agua con ácido acético al 1%. (28)

1.4.6. MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN

1.4.6.1. Ensayos de coloración

Los flavonoides se pueden reconocer experimentalmente mediante diferentes ensayos de coloración. A continuación se describen un ensayo general de reconocimiento como es el ensayo de Shinoda, y otros ensayos más específicos para varias clases de flavonoides.

a) Ensayo de Shinoda

Los flavonoides con el núcleo benzopirona (p. ej. flavonas, flavonoles, flavanonas, etc.) producen coloraciones rojizas cuando a sus disoluciones acuosas o alcohólicas se les adiciona magnesio seguido de HCl concentrado. Aunque no se conoce el mecanismo de esta prueba, es muy utilizada para reconocer esta clase de compuestos.

b) Ensayo con Zn/HCl

Al remplazar el Mg por el Zn en el procedimiento del ensayo de Shinoda, solamente los dihidroflavonoles (o flavonoles) producen coloraciones rojo-violetas. Las flavanonas y flavanoles no producen color o producen coloraciones rosadas débiles.

c) Ensayo de Pacheco

El sólido flavonoide se calienta sobre una llama con unos pocos cristales de AcONa y 0,1 ml de anhídrido acético. Luego con 0,1 mL de HCl conc. Los dihidroflavonoles

producen un color rojo característico. Las flavonas, chalconas, auronas, flavonoles y flavanonas dan una respuesta negativa. (27)

1.4.6.2. Espectroscopía ultravioleta-visible

Los espectros UV de los flavonoides en metanol presentan bandas características debidas a los sistemas conjugados de los anillos aromáticos.

Las flavonas y flavonoles muestran dos bandas definidas: La banda I, de mayor longitud de onda en el rango 300-390 nm asociada con la funcionalidad cinamoílo, y la banda II, entre 250-280 nm debida al anillo aromático A (funcionalidad benzoílo), aunque a veces se observan otras bandas de absorción. La posición de la banda I depende del tipo de flavonoide: las flavonas la muestran en 310-350 nm, los flavonoles 3-O-sustituidos en 330- 360 nm, y los flavonoles en 350-385 nm.

La presencia de hidroxilos fenólicos en diferentes posiciones de la molécula puede establecerse estudiando el comportamiento del espectro UV metanólico al añadirle los denominados reactivos de desplazamiento: metóxido de sodio (NaOMe), acetato de sodio (NaOAc), cloruro de aluminio ($AlCl_3$) con y sin HCl, y ácido bórico (H_3BO_3). (27)

1.5. ANÁLISIS PROXIMAL Y/O BROMATOLÓGICO

Entendemos por Análisis Básico (proximal), la determinación conjunta de un grupo de sustancias estrechamente emparentadas. Comprende la determinación del contenido de agua, proteína, grasa (extracto etéreo), cenizas y fibra; las sustancias extractibles no nitrogenadas (ELN) se determinan por cálculo restando la suma de estos cinco componentes de 100%, para subrayar que se trata de grupos de sustancias mas o menos próximas y no de compuestos individuales, los analistas suelen usar el término bruta y/o/ cruda detrás de proteína, grasa o fibra. (7)

Como todas las determinaciones son empíricas es preciso indicar y seguir con precisión las condiciones del analista. Los resultados obtenidos en las determinaciones de cenizas

y contenido de agua están muy influidos por la temperatura y el tiempo de calentamiento.

Cualquier error cometido en las determinaciones de los cinco componentes citados aumenta la cifra de las sustancias extractibles no nitrogenadas. (1)

1.5.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por muchas razones científicas, técnicas y económicas (Comité de Normas Alimentarias, 1979), pero su determinación precisa es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos esencialmente en dos formas, como agua enlazada y como agua disponible o libre; el agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos o polares, mientras que el agua libre es la que no está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder con facilidad por evaporación o secado. Puesto que la mayoría de los alimentos son mezclas heterogéneas de sustancias, contienen proporciones variables de ambas formas. (7)

En la mayoría de las industrias alimentarias la humedad se suele determinar a diario. Los niveles máximos se señalan frecuentemente en las especificaciones comerciales.

Existen varias razones que justifican este procedimiento, entre las principales tenemos:

- ⤴ El agua si está presente por encima de ciertos valores, facilita el desarrollo de microorganismos.
- ⤴ El agua es el adulterante por excelencia para ciertos alimentos como la leche, queso, mantequilla, etc.
- ⤴ Los materiales pulverulentos se aglomeran en presencia de agua. Por ejemplo azúcar, sal, etc.
- ⤴ La cantidad de agua puede afectar la textura.
- ⤴ La determinación del contenido de agua representa una vía sencilla para el control de la concentración en las distintas etapas de la fabricación de alimentos.

(7)

1.5.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

El concepto de residuo de incineración o cenizas se refiere al residuo que queda tras la combustión (incineración) completa de los componentes orgánicos de un alimento en condiciones determinadas, una vez que se eliminan otras impurezas posibles y partículas de carbono procedentes de una combustión incompleta, este residuo se corresponde con el contenido de minerales del alimento. (7)

La determinación de cenizas es importante porque:

- ⤴ Nos da el porcentaje de minerales presentes en el alimento.
- ⤴ Establece el grado de limpieza de materias primas vegetales (exceso de arena, arcilla, etc.)
- ⤴ Sirve para caracterizar y evaluar la calidad de alimentos. (2)

1.5.3. DETERMINACIÓN DE FIBRA

La fibra cruda o bruta representa la parte fibrosa e indigerible de los alimentos vegetales, químicamente está constituida por compuestos poliméricos fibrosos carbohidratados (celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas, mucílagos) y no carbohidratados (lignina, polímero de fenilpropano). El organismo humano carece de sistemas enzimáticos que degraden estos polímeros y por ello aparecen inalterados en el intestino grueso (colon) y ejercen una acción reguladora del peristaltismo a la vez que facilitan la evacuación de las heces fecales.

El AOAC define a la fibra cruda como “la porción que se pierde tras la incineración del residuo seco obtenido después de la digestión ácida-alcalina de la muestra seca y desengrasada en condiciones específicas”. La fibra contribuye a la textura rígida, dura y a la sensación de fibrosidad de los alimentos vegetales. (7)

1.5.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Hasta hace poco, el contenido total de proteínas en los alimentos se determinaba a partir del contenido de nitrógeno orgánico determinado por el método Kjeldahl. Actualmente,

existen varios métodos alternativos físicos y químicos, algunos de los cuales han sido automatizados o semiautomatizados. El método Kjeldahl, sigue siendo la técnica más confiable para la determinación de nitrógeno orgánico. (7)

1.5.5. EXTRACTO ETÉREO

El método Soxhlet utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter que se encuentran en el alimento.

Insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos. Proporcionan energía y son la principal reserva calórica del organismo. Fuente de ácidos grasos esenciales, transporte de combustible metabólico y disolvente de algunas vitaminas. Influyen en la absorción de las proteínas y en la calidad de la grasa que se deposita en el cuerpo y de los productos grasos que se obtienen. (7)

1.5.6. EXTRACTO LIBRE NO NITROGENADO

Potencialmente energético, son sustancias que producen calor y energía de movimiento. Lo componen los azúcares y en particular la fibra, el almidón o fécula. (2)

1.5.7. pH

La acidez medida por el valor de pH, junto con la humedad son, probablemente, las determinaciones que se realizan con más frecuencia. El pH es un buen indicador del estado general del producto ya que tiene influencia en múltiples procesos de alteración y estabilidad de los alimentos, así como en la proliferación de microorganismos.

Se puede determinar colorimétricamente mediante los indicadores adecuados, pero para su mayor exactitud, se prefiere recurrir a métodos eléctricos mediante el uso de pH-metros. (2)

1.6. MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

La cromatografía es un método de separación con alta resolución. Es un método físico de separación, en donde los componentes se distribuyen en dos fases: una fase estacionaria y una fase móvil, que se va moviendo y transporta a los componentes a distintas velocidades por el lecho estacionario. Los procesos de retención se deben a continuas adsorciones y desorciones de los componentes de la muestra a lo largo de la fase estacionaria. (3)

Existen varios tipos de cromatografía. Los más importantes son:

- △ Cromatografía en columna: que puede ser líquida o de gases.
- △ Cromatografía líquida de alta presión.
- △ Cromatografía de gases.
- △ Cromatografía en papel.
- △ Cromatografía en capa fina. (3)

1.7. EVALUACIÓN SENSORIAL

El Análisis Sensorial o Evaluación Sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos. Es una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los alimentos que se perciben por los sentidos de la vista, el oído, el olfato, el gusto y el tacto, por lo tanto, el Análisis Sensorial no se puede realizar mediante aparatos de medida, el “instrumento” utilizado son los sentidos de personas. (21)

El Análisis Sensorial es un auxiliar de suma importancia para el control y mejora de la calidad de los alimentos ya que a diferencia del análisis físico-químico o microbiológico, que solo dan una información parcial sobre alguna de sus propiedades, permite tener una idea global del producto en forma rápida, determinando, en caso que amerite, el grado de aceptación o rechazo del producto. (21)

1.7.1. ATRIBUTOS SENSORIALES

1.7.1.1. Gusto y Sabor

Se entiende por gusto a la sensación percibida a través del sentido del gusto, localizado principalmente en la lengua y cavidad bucal. Se definen cuatro sensaciones básicas: ácido, salado, dulce y amargo.

El resto de las sensaciones gustativas proviene de la mezcla de estas cuatro, en diferentes proporciones. (21)

1.7.1.2. Textura

La textura se define como la apreciación sensorial subjetiva para definir estados de la materia, en el caso de los alimentos se aplica a propiedades dadas a cierto alimento definiéndolo como: blando, duro, suave, áspero, liso, etc. (21)

1.7.1.3. Aroma y Olor

Olor es la sensación producida al estimular el sentido del olfato. Aroma es la fragancia del alimento que permita la estimulación del sentido del olfato, por eso en el lenguaje común se confunden. (21)

1.7.1.4. Color y Apariencia

El color que percibe el ojo depende de la composición espectral de la fuente luminosa, de las características físicas y químicas del objeto, la naturaleza de la iluminación base y la sensibilidad espectral del ojo.

Todos estos factores determinan el color que se aprecia:

Longitud de onda, intensidad de luz y grado de pureza.

El sentido de la visión es estimulado por impresiones luminosas o radiantes que pueden provenir de grandes distancias, éstas pasan por las lentes de los ojos y son enfocadas como imágenes en la retina.

La visión es de importancia fundamental para la evaluación de aspecto y color.

El color adquiere importancia como índice de madurez y/o deterioro, por lo que constituye un parámetro de calidad.

El consumidor espera un color determinado para cada alimento, cualquier desviación de este color puede producir disminución en la demanda, además es importante para la sensación gustativa y olfativa.

Se puede afirmar que la visión es el primer sentido que interviene en la evaluación de un alimento, captando todos los atributos que se relacionan con la apariencia: aspecto, tamaño, color, forma, defectos, etc. (21)

CAPÍTULO II

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. LUGAR DE REALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en:

- △ Instalaciones de Molinos OALSA. Ambato.
- △ Laboratorio de Química Farmacéutica, Farmacognosia y Química Instrumental de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH.

2.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.

2.2.1. MATERIA PRIMA

- △ Cascarilla de cacao (Procedente del cacao de la variedad CCN-51, recolectada en Molinos OALSA, Ambato)
- △ Caña de maíz (variedad maíz blando, cultivado en Santa Lucía provincia de Tungurahua)
- △ Desechos vegetales (obtenidos del deshierbe del terreno a ser utilizado)
- △ Abono animal (Abono de conejo y cuy es estado sólido y seco)
- △ Semillas de rábano (variedad “rabanito burro gigante”. Galassi Sementi. Italia)

2.2.2. EQUIPOS

- ♣ Termohigrómetro
- ♣ Pie de Rey
- ♣ Estufa
- ♣ Mufla
- ♣ Balanza Analítica
- ♣ Balanza de Precisión
- ♣ pHmetro
- ♣ Autoclave
- ♣ Incubadora
- ♣ Cámara fotográfica
- ♣ Computador
- ♣ Equipo Kjeldhal
- ♣ Equipo Weende
- ♣ Equipo de luz UV
- ♣ Cámara extractora de gases
- ♣ Bomba de Vacío
- ♣ Cámara cromatográfica
- ♣ Digestor de fibra

2.2.3. MATERIALES

- ♣ Tableros de madera
- ♣ Palas pequeñas

- ♣ Plástico para invernadero
- ♣ Crisoles de porcelana
- ♣ Cápsulas de porcelana
- ♣ Vasos de Precipitación
- ♣ Pipetas volumétricas
- ♣ Pipeta Pasteur
- ♣ Probetas
- ♣ Trípodes
- ♣ Embudos de separación
- ♣ Embudos
- ♣ Picetas
- ♣ Reloj temporizador
- ♣ Placas de Sílica Gel
- ♣ Varillas de agitación
- ♣ Papel filtro
- ♣ Papel aluminio

2.2.4. REACTIVOS

- ♣ Agua destilada
- ♣ Alcohol al 96%
- ♣ Hidróxido de sodio
- ♣ Ácido Sulfúrico
- ♣ Ácido Bórico

- ♣ Sulfato de Sodio
- ♣ Indicador Macro Kjeldahl
- ♣ Ácido Clorhídrico estandarizado 0.1N
- ♣ Alcohol α -amílico
- ♣ Sulfato de Sodio
- ♣ Acetona
- ♣ Tolueno
- ♣ Ácido Bórico
- ♣ Ácido Tricloro Acético
- ♣ Metanol
- ♣ Ácido Fosfórico
- ♣ Acetonitrilo
- ♣ Éter de petróleo

2.3. TÉCNICAS

2.3.1. ELABORACIÓN DE COMPOST

El Compost, conocido también como abono orgánico completo o compuesto, resulta de la descomposición aeróbica de los desechos de origen vegetal y animal en un ambiente húmedo y caliente. Para mejorar su actividad fertilizante este abono puede reforzarse mediante la adición complementaria de microorganismos eficientes que ayudaran a acelerar el proceso. (11)

2.3.1.1. Materiales para la Elaboración de Compost

Para la elaboración del compost se requieren los siguientes materiales:

a. Fuente de materia carbonada (rica en: celulosa, lignina, azúcares)

Caña de maíz y malezas secas obtenidas de las deshieras.

b. Fuente de materia nitrogenada

Estiércoles de conejo y cuy.

c. Fuente de materia mineral

Tierra común y agua.

2.3.1.2. Herramientas

Cuando la elaboración de compost se va a realizar en condiciones de pequeños volúmenes, se requiere de herramientas básicas de labranza tales como: barras, palas, trinchas o layas (para facilitar el volteo de los materiales), machetes, una carretilla, 4 estacas de 0,60 metros de largo para demarcar los espacios donde se ubicará la compostera; además se requiere de una manguera o baldes para acarrear agua para proporcionar humedad necesaria a los materiales que se van a compostar.

Cuando la elaboración de compost tiene el carácter de industrial, habrá que proveerse de las herramientas y equipos apropiados que permitan procesar volúmenes considerables de materiales orgánicos y minerales. (11)

2.3.1.3. Preparación del terreno para el compostaje

El lugar de realización de la compostera fue un terreno vacío ubicado en Huachi Chico provincia de Tungurahua. Previo a la instalación de las pilas se procedió al deshierbe del terreno y a nivelar su superficie.

Se cubrió un espacio de 2,00 metros de ancho por 2,50 metros de largo para lo cual utilizamos cuatro estacas para delimitar el área, y con tableros de madera perforados cercamos el perímetro.

Dentro de este espacio formamos celdas cuadrangulares de 50 cm separadas por láminas de madera de 15,0 cm. de ancho por 60,0 cm. de largo separadas entre si por un espacio de 10,0 cm. quedando un total de doce celdas (unidades experimentales) en las cuales tuvimos tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 5: Tratamientos para la elaboración del compost

TRATAMIENTO A	TRATAMIENTO B	TRATAMIENTO C	TRATAMIENTO D
TA R1	TB R1	TC R1	TD R1
TA R2	TB R2	TC R2	TD R2
TA R3	TB R3	TC R3	TD R3

2.3.1.4. Preparación de las materias primas

Se realizó la recolección de la cascarilla de cacao triturada y libre de impurezas, producto del descascarillamiento del grano de cacao, en costales limpios y secos.

Se recolectó estiércol de conejo y cuy preferentemente seco y libre de restos vegetales u otras impurezas.

Como materia vegetal se utilizó caña de maíz troceada y hierbas tiernas secas y frescas obtenidas en el deshierbe del terreno.

2.3.1.5. Construcción de las pilas de compostaje

Se realizó el pesaje de las distintas materias primas, para el armado de cada una de las pilas teniendo en cuenta los porcentajes de cada componente a utilizar para cada tratamiento.

El pesaje se realizó en base a cien libras de producto final, y considerando el porcentaje de materia orgánica en partes iguales (caña de maíz, hierbas y estiércol).

Tratamiento A: Compost elaborado con el 25% de cascarilla de cacao y 75% de materia orgánica.

Para lo cual pesamos 25,0 lb. de cascarilla de cacao; 25,0 lb de caña de maíz; 25,0 lb. de abono y 25,0 lb de hierbas.

1. Colocamos como base una capa de caña de maíz la misma que no debe estar apelotonada para que facilite el paso del aire.
2. Colocamos una capa de hierba tierna que cubra totalmente la capa de caña de maíz y humedecemos.
3. Colocamos una capa de estiércol preferentemente seco, cubriendo la capa anterior.
4. Finalmente colocamos una capa de cascarilla de cacao, y repetimos todo el procedimiento hasta que hayamos utilizado la totalidad de los materiales.

NOTA: El procedimiento de armado de la pila es similar para los Tratamientos B y C.

Tratamiento B: Compost elaborado con el 50% de cascarilla de cacao y 50% de materia orgánica.

Para lo cual pesamos 50,0 lb. de cascarilla de cacao; 17,0 lb de caña de maíz; 17,0 lb. de abono y 17,0 lb de hierbas.

Tratamiento C: Compost elaborado con el 75% de cascarilla de cacao y 25% de materia orgánica.

Para lo cual pesamos 75,0 lb. de cascarilla de cacao; 8,0 lb de caña de maíz; 8,0 lb. de abono y 8,0 lb de hierbas.

Tratamiento D: Compost elaborado con el 100% de cascarilla de cacao.

Para lo cual pesamos 100,0 lb. de cascarilla de cacao como único material para el compostaje.

En este tratamiento solamente utilizamos una capa de caña de maíz como base para evitar el apelotonamiento de la cascarilla en contacto con la tierra, y facilitar además el paso del aire y la filtración del agua.

Sobre dicha capa de caña de maíz colocamos la totalidad de la cascarilla.

2.3.1.6. Riego de la pila

El primer riego se lo realizó inmediatamente después de terminar el armado de las pilas cuidando de humedecer totalmente todo el material, lo que se nota una vez que empieza a escurrir el agua por debajo de las pilas.

Igualmente se realizó la aspersión de una solución diluida de microorganismos eficientes, para promover una descomposición más rápida. Esta aspersión se la realizó cada quince días.

Los riegos subsiguientes se realizaron de acuerdo a la necesidad de humedad y las condiciones climáticas, siendo los primeros días más frecuentes, a partir de la segunda semana se espaciaron los riegos a uno cada tres días, siempre y cuando no hubiese presencia de lluvias.

2.3.1.7. Control de Temperatura y Humedad

Se lo realizó con un termohigrómetro digital, una lectura en la mañana y otra en la tarde a diario, llevando un control escrito de estos datos.

Por las noches fue necesaria la utilización de plásticos de invernadero para cubrir las pilas debido a las bajas temperaturas registradas durante el mes de abril.

Tabla 6: Control diario de temperatura y humedad del compost

DIA	oC	%H									
1	12,0	52,0	16	14,0	62,0	31	23,0	76,0	46	18,0	72,0
2	13,0	54,0	17	15,0	65,0	32	22,0	72,0	47	19,0	70,0
3	12,5	52,0	18	15,0	66,0	33	20,5	75,0	48	18,0	69,0
4	13,0	59,0	19	15,0	66,0	34	22,0	81,0	49	16,0	69,0
5	12,0	59,0	20	16,0	64,0	35	23,0	69,0	50	16,0	68,0
6	13,0	62,0	21	15,5	63,0	36	24,0	80,0	51	17,0	66,0
7	14,0	60,0	22	16,0	66,0	37	22,0	81,0	52	16,0	66,0
8	14,0	63,0	23	16,0	72,0	38	22,0	83,0	53	16,5	63,0
9	13,0	63,0	24	18,0	72,0	39	23,0	83,0	54	16,0	62,0
10	13,0	62,0	25	20,0	76,0	40	22,0	80,0	55	15,0	62,0
11	14,0	66,0	26	19,0	73,0	41	20,5	78,0	56	15,0	60,0
12	13,5	66,0	27	22,0	72,0	42	20,0	76,0	57	14,0	60,0
13	14,0	64,0	28	22,0	76,0	43	18,0	76,0	58	15,0	59,0
14	14,0	66,0	29	21,0	74,0	44	18,0	72,0	59	14,0	60,0
15	15,0	63,0	30	22,0	73,0	45	17,0	73,0	60	14,0	60,0

Se pudo determinar la presencia de mayores temperaturas hacia la mitad del ciclo de compostaje, demostrando que en estos días se presentó mayor actividad de descomposición en los materiales del compost.

2.3.1.8. Viraje de las pilas

Transcurridos ocho días del montaje de las pilas se realizó el primer viraje, procurando que toda la materia que quedó en la superficie ahora pase a formar la base de la pila. Los siguientes virajes se los realizó con el mismo intervalo de tiempo y con similares precauciones de modo que todo el material rote por los distintos niveles de cada pila logrando así la descomposición homogénea de todo el material.

2.3.1.9. Obtención del compost

Al cabo de sesenta días de preparación, y una vez revisadas las principales características físicas de la materia en compostaje, se determinó que la mezcla tenía las condiciones adecuadas de un compost listo para ser utilizado, ya que presentó las siguientes características.

2.3.2. CULTIVO DE RÁBANOS

2.3.2.1. Requerimientos edafoclimáticos

Prefiere los climas templados, teniendo en cuenta que hay que proteger al cultivo durante las épocas de elevadas temperaturas.

El ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, pudiendo encontrar desde 20 días a más de 70 días.

La helada se produce a -2°C . El desarrollo vegetativo tiene lugar entre los 6°C y los 30°C , el óptimo se encuentra entre $18-22^{\circ}\text{C}$.

La temperatura óptima de germinación está entre $20-25^{\circ}\text{C}$.

Se adapta a cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos y neutros. El pH debe oscilar entre 5,5 y 6,8. No tolera la salinidad. (14)

2.3.2.2. Cultivo de rábanos utilizando compost a base de cascarilla de cacao.

2.3.2.2.1. Preparación del suelo para la siembra

Se realizó el deshierbe de una parte del terreno y se procedió a removerlo y enrasarlo.

2.3.2.2.2. Construcción de camas

Se construyeron camas a bajo nivel de 1m de largo por 1m de ancho, una para cada tratamiento y una adicional para un tratamiento testigo. En total cinco bloques o camas. Los cuales fueron etiquetados como:

T1: Cultivo denominado testigo en el cual no hubo adición de compost.

T2: Cultivo utilizando compost al 25% de cascarilla de cacao

T3: Cultivo utilizando compost al 50% de cascarilla de cacao

T4: Cultivo utilizando compost al 75% de cascarilla de cacao

T5: Cultivo utilizando compost al 100% de cascarilla de cacao

2.3.2.2.3. Abonado del suelo

En cada cama se suministró el compost correspondiente a un tratamiento diferente y se realizó la mezcla con la tierra, quedando el compost semienterrado, y listo para la siembra de las semillas. La cantidad de compost aplicado en cada bloque o cama fue de 5,0 lb.

2.3.2.2.4. Siembra de las semillas de rábano

Se colocó de 4 a 6 semillas en cada orificio de aproximadamente 2.5cm de profundidad. La distancia entre los orificio es de aproximadamente 15 cm. Las plantas brotaron 10 días después de ser sembradas, el porcentaje de germinación fue de 95%.

2.3.2.2.5. Riego de las plantas

El primer riego se lo realizó por aspersion a los dos días de la siembra; los riegos subsiguientes fueron de acuerdo a las necesidades del cultivo, con un promedio de un riego por aspersion cada tercer día durante seis semanas, tiempo que tardó en obtenerse el producto.

2.3.2.2.6. Deshierba

Las deshierbas se realizaron manualmente para no causar daño a los brotes de la planta.

2.3.2.2.7. Cosecha

Al cabo de seis semanas y una vez que las hojas empiezan a marchitarse, se considera el tiempo óptimo para la cosecha, se comprobó desenterrando un vegetal y observando sus principales características: tamaño, color (rojo intenso), textura (esta no debe ser fibrosa).

2.3.2.3. Determinaciones sensoriales del rábano

2.3.2.3.1. Factores de apariencia

Procedimiento.

- ▲ Cortamos las hojas y la raíz de los rábanos, posteriormente procedemos a limpiarlos hasta eliminar todo residuo de tierra.
- ▲ Calificamos por observación directa la muestra en base a las siguientes características:
 - a) **Firmeza:** Observamos que los rábanos son firmes, no presentan porosidad en su interior, y su pulpa posee apariencia carnosa y jugosa.
 - b) **Coloración:** Externamente son de color rojo brillante, pigmentación que incluso se adhiere a los dedos cuando hay manipulación prolongada del vegetal. Internamente el color de la pulpa es blanco semitransparente.
 - c) **Forma:** En general, los rábanos son de forma redonda u ovalada, y su superficie es continua, es decir no presentan irregularidades como orificios o abultamientos, tampoco hay presencia de manchas de ninguna clase.

2.3.2.3.2. Factores de textura

- a) Aspereza: Los rábanos no presentaron ningún tipo de asperezas, su superficie es lisa.
- b) Rajaduras: Se obtuvieron vegetales sin rajaduras en la superficie y sin porosidades en su interior.

2.3.2.3.3. Factores de olor y sabor

- a) Olor: Una vez que se procedió a partir los rábanos determinamos que poseen un olor agradable e incluso un tanto aromático, esto principalmente en los T4 y T5. Para T2 y T3 se obtuvo igualmente un olor agradable aunque no tiende a ser dulce como en el caso anterior. El T1 presenta un olor agradable característico de los rábanos.
- b) Sabor: Pese a que generalmente el rábano presenta un sabor picante, al probarlos se determinó un sabor un tanto dulce y poco picante, esto para los T2 y T3. El sabor también fue agradable aunque aun un poco picante para T4 y T5. Todos en comparación con T1 que es el tratamiento testigo.

2.3.2.3.4. Determinaciones físicas del rábano

Peso

Se determinó el peso de cada rábano, comprobando en primer lugar el correcto funcionamiento de la balanza, se realizaron diez mediciones por duplicado para cada tratamiento.

Se registraron los datos obtenidos y se promedió los valores para cada tratamiento.

De acuerdo a la bibliografía consultada, un rábano de la variedad pequeña o rabanito alcanza en promedio un peso de 7,00 gramos. Los rábanos cultivados con el compost de cascarilla de cacao superaron este peso establecido, obteniéndose vegetales que pesaron

entre 11,92 y 12,85 g. considerando además que el menor peso se obtuvo del tratamiento testigo, es decir aquel que no contenía compost.

Diámetro

Se procedió a la medición del diámetro mayor de cada rábano con la utilización de un instrumento denominado Pie de Rey, se realizaron diez mediciones por duplicado para cada tratamiento.

Los datos obtenidos fueron registrados y se promedió los valores para cada tratamiento.

El diámetro establecido por la bibliografía para los rábanos es de 2,50 cm., los valores obtenidos al medir los rábanos cultivados oscilan entre 2,71 a 2,85 cm., es decir obtuvimos vegetales de mayor tamaño.

2.3.2.4. Valor nutricional

Tabla 7. Valor nutricional de los rábanos

Valor Nutricional del rábano en 100 g de materia fresca	
Glúcidos (g)	2,44
Prótidos (g)	0,86
Vitamina A (UI)	30,0
Vitamina B1 (mg)	30,0
Vitamina B2 (mg)	20,0
Vitamina C (mg)	24,0
Calcio (mg)	37,0
Fósforo (mg)	31,0
Hierro (mg)	1,0

FUENTE: www.infoagro.com/hortalizas/rabano.asp

2.3.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA CASCARILLA Y COMPOST DE CACAO

2.3.3.1. Determinación de humedad y materia seca (método de desecación en estufa de aire caliente)

Procedimiento

- ⤴ Pesamos 10 gramos de cascarilla de cacao (previamente realizado el desmuestre) en un vidrio reloj, papel filtro o papel aluminio; o directamente en cápsula de porcelana previamente tarada, repartiendo uniformemente en su base.
- ⤴ Colocamos la muestra en la estufa a $103 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por un lapso de 2 – 3 horas.
- ⤴ Enfriamos en desecador hasta temperatura ambiente y pesar.
- ⤴ La determinación se realizó por duplicado.

Cálculos

$$SS(\%) = [(m_2 - m)/(m_1 - m)]$$

Donde:

SS(%) = sustancia seca en porcentaje en masa

m = masa de la cápsula, en gramos

m₁ = masa de la cápsula con la muestra, en gramos

m₂ = masa de la cápsula con la muestra después del secado, en gramos

$$\text{Humedad (\%)} = 100 - SS (\%)$$

2.3.3.2. Determinación de cenizas. (Método de incineración en mufla)

Principio

Procedimiento

- ⤴ Colocamos la cápsula con la muestra seca obtenida de la determinación del contenido de humedad en un reverbero y en la sorbona, para calcinar hasta ausencia de humos.
- ⤴ Transferimos la cápsula a la mufla e incineramos a 500 – 550°C, hasta obtener cenizas libres de residuo carbonoso (esto se obtiene al cabo de 2 a 3 horas).
- ⤴ Sacamos la cápsula y colocamos en el desecador, enfriamos y pesamos.
- ⤴ La determinación debe hacerse por duplicado.(7)

Cálculos

$$C(\%) = [(m_2 - m) / (m_1 - m)] \times 100$$

Donde:

C(%) = Porcentaje de ceniza

m = masa de la cápsula vacía, en gramos

m₁ = masa de la cápsula con la muestra antes de la incineración, en gramos

m₂ = masa de la cápsula con las cenizas luego de la incineración, en gramos

2.3.3.3. Determinación de fibra

Procedimiento

- ⤴ Pesamos 1 gramo de la muestra (cascarilla de cacao) por adición en papel aluminio y registramos el resultado. (W1)
- ⤴ Colocamos la muestra en el vaso y se pesa el papel con el sobrante y registramos el resultado. (W2)

- ⤴ A cada vaso con la muestra colocamos 200mL de H_2SO_4 al 7% mas 2mL de alcohol n-amílico; estos vasos se los coloca en las hornillas del digestor levantando lentamente hasta que coincidan los vasos con los bulbos refrigerantes.
- ⤴ Dejamos por un tiempo de 25 minutos regulando la temperatura de la perilla en 7, además se controla que el reflujo de agua esté funcionando adecuadamente (etapa de digestión ácida).
- ⤴ A los 25 minutos reducimos la temperatura de la posición 7 a 2.5 y añadimos 20mL de NaOH al 22% manejando los vasos cuidadosamente y se deja reposar 30 minutos exactamente. Los tiempos se calculan desde el inicio de la ebullición.
- ⤴ Luego de terminada la digestión alcalina armamos el equipo de bomba de vacío, y preparamos además los crisoles de Gooch con su respectiva lana de vidrio para proceder a la filtración.
- ⤴ Colocamos los crisoles en la bomba, filtrando de esta manera el contenido de los vasos, se realiza un lavado de los mismos con agua destilada caliente.
- ⤴ Retiramos los residuos adheridos a las paredes de los vasos para enjuagarlos posteriormente.
- ⤴ El lavado se lo efectuó con 200mL de agua destilada, se debe tratar con cuidado la filtración para evitar derrames por las paredes del crisol.
- ⤴ Colocamos los crisoles en una caja petri y sobre la sustancia retenida en la lana de vidrio se añade acetona hasta cubrir el contenido en el crisol para eliminar agua, pigmentos y materia orgánica.
- ⤴ Luego, se pasó los crisoles en la caja petri a la estufa por un período de 8 horas para secar a una temperatura de $105^{\circ}C$.
- ⤴ Llevamos al desecador y se realiza el primer peso registrándolo (W3).

- ⤴ Una vez pesados, son llevados hasta la mufla a una temperatura de 600°C durante 4 horas como mínimo una vez que la mufla ha alcanzado la temperatura indicada.
- ⤴ Transcurrido el tiempo indicado, los crisoles son retirados de la mufla al desecador en donde deben reposar por 30 minutos, para finalmente realizar el segundo peso del crisol más las cenizas (W4).
- ⤴ Finalmente por diferencia de pesos realizamos el cálculo de la fibra bruta.

Cálculos

Porcentaje de Fibra:

$$F(\%) = [(W3 - W4) / (W2 - W1)] \times 100$$

Donde:

F = fibra

W1 = peso del papel

W2 = peso del papel con muestra húmeda

W3 = peso del crisol con muestra seca

W4 = peso del crisol con cenizas

Fibra bruta en base seca:

$$\%F.B.S = [(100 \times \%FB) / (\%M.S)]$$

Donde:

%F.B.S = porcentaje de fibra en base seca

%FB = porcentaje de fibra bruta

%M.S = porcentaje de materia seca

2.3.3.4. Determinación de proteína

Procedimiento

- ⤴ En primer lugar se pesó el papel aluminio (W1), luego por adición se pesa 1 gramo de muestra y se registra el peso del papel solo y del papel con la muestra (W2).
- ⤴ En el contenido del papel se añade 8 gramos de sulfato de sodio más 0,1 gramo de sulfato cúprico.
- ⤴ Todo este contenido se coloca en cada balón al cual se añade 25mL de H₂SO₄ concentrado (grado técnico).
- ⤴ Cada balón con su contenido es llevado hasta las hornillas del Macro Kjeldahl para su digestión, a una temperatura graduada en 2,9 por un espacio de 45 minutos a partir del momento que se clarifica la digestión.
- ⤴ Transcurrido el tiempo indicado, los balones son enfriados hasta que se cristalice su contenido.
- ⤴ Una vez terminada la fase de digestión se prepara la etapa de destilación para lo cual se colocó en los matraces erlenmeyer 50mL de ácido bórico al 2,5% y los colocamos en cada una de las terminales del equipo de destilación.
- ⤴ En cada balón con la muestra cristalizada se colocó 250mL de agua destilada más 80mL de hidróxido de sodio al 50%, luego son llevados a las hornillas para iniciar la fase de destilación.
- ⤴ El amoníaco como producto de la destilación es receptado hasta un volumen de 200mL en cada matraz.
- ⤴ Se retiró los matraces con su contenido, mientras que el residuo que se encuentra en el balón es desechado.
- ⤴ Para la fase de titulación se armó el soporte universal con la bureta y el agitador magnético.
- ⤴ En cada matraz se colocó 3 gotas del indicador Macro Kjeldahl.

- ⤴ Las barras de agitación magnéticas son colocadas en el interior de cada matraz y éstos llevados sobre el agitador magnético y se carga la bureta con HCl 0,1N.
- ⤴ Se enciende el agitador y se deja caer gota a gota el ácido clorhídrico hasta obtener un color grisáceo transparente que es el punto final de la titulación.
- ⤴ El número de ml de HCl 0,1N gastado se registra para el cálculo respectivo.

Cálculos

Porcentaje de Proteína:

$$\%PB = [(NHCl \times 0,014 \times 100 \times 6,25 \times mL \text{ HCl}) / (W2 - W1)]$$

Dónde:

%PB = porcentaje de proteína bruta

W1 = peso del papel solo

W2 = peso del papel con la muestra

mL HCl = ml de ácido clorhídrico utilizados al titular.

Proteína en Base Seca:

$$\% \text{ P.B.S} = [(100 \times \%PB) / (\%M.S)]$$

Donde:

% P.B.S = porcentaje de Proteína en base seca

%PB = Proteína bruta

%M.S = Materia seca

2.3.3.5. Determinación de extracto etéreo (Método de soxhlet)

Procedimiento

- ⤴ Pesamos 2 gramos de muestra seca y colocar en el dedal, luego introducirlo en la cámara de sifonación.
- ⤴ En el balón previamente tarado, adicionamos 50 mL de éter etílico o éter de petróleo (puede utilizarse también hexano) o la cantidad suficiente dependiendo del tamaño del equipo.
- ⤴ Embonamos la cámara de sifonación al balón.
- ⤴ Colocamos el condensador con las mangueras sobre la cámara de sifonación.
- ⤴ Encendemos la fuente de calor, colocar la entrada y salida de agua, extraemos por 8 – 12 horas.
- ⤴ Al terminar el tiempo, retiramos el balón con el solvente más el extracto graso y destilamos el solvente.
- ⤴ El balón con la grasa bruta o cruda, lo colocamos en la estufa por media hora, enfriamos en desecador y pesamos.

Cálculos:

$$\%Ex.E = [(P1 - P) / m] \times 100$$

Donde:

%Ex.E = grasa cruda o bruta en muestra seca, expresado en porcentaje en masa.

P1 = masa del balón más la grasa cruda o bruta extraída, en gramos

P = masa del balón de extracción vacío, en gramos

m = masa de la muestra seca tomada para la determinación, en gramos.

2.3.3.6. Extracto libre no nitrogenado (ElnN)

Principio

Cálculo:

$$\% \text{ ElnN} = 100 - \Sigma (\% \text{H} + \% \text{C} + \% \text{F} + \% \text{Ex.E} + \% \text{P})$$

Donde:

%ElnN = porcentaje de carbohidratos digeribles

%H = porcentaje de humedad

%C = porcentaje de cenizas

%F = porcentaje de fibra

%Ex.E = porcentaje de extracto etéreo

%P = porcentaje de proteína

2.3.3.7. Determinación de azúcares totales (Método de Fehling)

Procedimiento

- ⤴ Pesamos 25 gramos de muestra previamente homogenizada
- ⤴ Colocamos en un balón de 250mL y añadir 100mL de agua destilada para arrastrar cuantitativamente la muestra.
- ⤴ Adicionamos 5mL de HCl concentrado
- ⤴ Calentamos a reflujo durante 20 minutos
- ⤴ Luego de transcurrido el tiempo, neutralizar con NaOH al 50% hasta pH 7. Aforamos a 250mL con agua destilada.
- ⤴ Filtramos el contenido del balón y colocamos el filtrado en una bureta de 50mL.

- ⤴ En un erlenmeyer de 250mL colocamos 5mL de solución de Fehling A y 5mL de solución de Fehling B, mezclamos y añadimos 40mL de agua destilada, núcleos de ebullición y colocamos en una fuente calorífica y calentamos hasta ebullición.
- ⤴ En este momento, y con ayuda de un cronómetro, empezamos a añadir lentamente cada 2 segundos y en cantidades de aproximadamente 0,5mL, la solución problema desde la bureta, sin dejar de hervir.
- ⤴ Al minuto y 55 segundos de ebullición adicionamos 3 gotas de la solución indicadora de azul de metileno y continuamos la titulación a ritmo de 0,1mL por segundo hasta color rojo brillante.
- ⤴ Repetimos la titulación adicionando de una sola vez el volumen gastado inicialmente en la titulación anterior menos 0,5mL.
- ⤴ Titulamos a ritmo de 0,05mL cada 10 segundos.
- ⤴ El punto final se debe alcanzar en un período de ebullición de 2 a 3 minutos.

Cálculos:

$$\%AT = [(A \times F) / (V \times W)] \times 100$$

Donde:

%AT = porcentaje de azúcares totales

W = peso de la muestra, en gramos.

A = aforo de la muestra, en mL.

F = constante (Título de Fehling = gramos de glucosa/mL de Fehling).

V = volumen de muestra gastado en la titulación, en mL.

2.3.3.8. pH. (Determinación de la concentración del ion hidrógeno)

Procedimiento

- ⤴ Solubilizamos y homogenizamos la muestra con una pequeña cantidad de agua destilada.
- ⤴ Comprobamos el correcto funcionamiento del potenciómetro.
- ⤴ Colocamos en el vaso de precipitación aproximadamente 10g ó 10mL de la muestra preparada, añadimos 100mL de agua destilada y agitamos suavemente.
- ⤴ En caso de que existieren partículas en suspensión, dejamos en reposo el recipiente para la decantación de su contenido.
- ⤴ Determinamos el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente ni las partículas sólidas, en caso de su presencia.
- ⤴ Leemos el resultado y lo registramos.
- ⤴ Efectuamos por duplicado sobre la misma muestra preparada.

2.3.4. DETERMINACIONES SENSORIALES DEL RÁBANO

2.3.4.1. Factores de apariencia

Procedimiento.

- ⤴ Cortamos las hojas y la raíz de los rábanos, para posteriormente lavarlos.
- ⤴ Calificamos por observación directa la muestra en base a las siguientes características:
 - a) **Firmeza:** muy firme, firme, ligeramente firme, flácido
 - b) **Coloración:** rojo brillante, rojo, rojo pálido.
 - c) **Forma:** redonda, ovalada, alargada.

2.3.4.2. Factores de textura

- a) **Aspereza:** ligeramente áspero, áspero, sin asperezas
- b) **Rajaduras:** con presencia, sin presencia.

2.3.4.3. Factores de olor y sabor

- a) **Olor:** característico, agradable, desagradable.
- b) **Sabor:** característico, salado, dulce, insípido, frutal, picante.

2.3.5. DETERMINACIONES FÍSICAS DEL RÁBANO

2.3.5.1. Peso

Se determinó el peso de 10 rábanos, comprobando en primer lugar el correcto funcionamiento de la balanza, se realizaron diez mediciones para cada tratamiento.

Se realizó la determinación por duplicado y se registraron los datos obtenidos.

2.3.5.2. Diámetro

Se procedió a la medición del largo y el grosor de cada rábano con la utilización de un Pie de Rey, se realizaron diez mediciones para cada tratamiento y por duplicado, los datos obtenidos se tabularon para las determinaciones estadísticas.

2.3.6. EXTRACCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES EN EL RÁBANO

2.3.6.1. Preparación de la muestra

Se pesaron 10 rábanos de cada tratamiento escogidos aleatoriamente, se picó y trituró con la ayuda de un mortero, se añadió 25 mL de etanol, se homogenizó hasta obtener una solución densa de color rojo, se filtró sobre algodón y se recogió el filtrado en un vaso de precipitación. Se repitió el procedimiento desde la adición del etanol hasta que se decoloró totalmente la muestra.

Para ayudar a la trituración se utilizó arena lavada.

Verificamos que los restos del vegetal machacado sean de color pardo grisáceo, lo que nos indica que los flavonoides se han extraído por completo, quedando la fibra como residuo.

El etanol obtenido se concentró a presión reducida en rotavapor hasta 200mL

El concentrado se pasó a embudo de separación añadiendo 8mL de propanol, se agitó y se dejó reposar. Se formaron dos fases, la superior de propanol y la inferior de etanol, se separó las fases. La fase de propanol se concentró en rotavapor.

2.3.6.2. Preparación de la placa cromatográfica

Se aplicó en placa cromatográfica de sílica gel G_{F254} , 20uL del extracto de flavonoides, se secó para aplicar nuevamente hasta que se observó la mancha coloreada con intensidad. Las condiciones de aplicación fueron a 1cm del borde inferior y 0,5 cm del borde lateral de la placa.

2.3.6.3. Desarrollo de la placa

Una vez preparadas las placas, se preparó los disolventes en una cantidad de 10 mL de eluyente cada vez, empezando por una mezcla de EtOAc:Fórmico:HOAc:H₂O 100:11:11:27

Se depositó el solvente o fase móvil en una cámara cromatográfica aproximadamente 5mL y se colocó la placa en forma inclinada cuidando que el solvente de corrido se encuentre bajo las aplicaciones. Se tapó la cámara y dejó correr el solvente hasta 1cm antes del borde superior de la placa.

Se sacó la placa de la cámara y dejó secar. Se observó en lámpara UV si hay fluorescencia en el rango UV lejano.

Posteriormente se reveló las placas con sulfato de cerio, se observó la coloración y la distribución de las manchas cromatográficas en las placas.

Finalmente se calculó los R_f de cada placa cromatográfica.

2.3.6.4. Interpretación

En las partes aéreas de *Raphanus raphanistrum* se han identificado los flavonoides, tres glicósidos de camferol, tres glicósidos de quercetina y el ramnósido de isoramnetina; el alcaloide sinapina; y el componente fenílico ácido cinámico.

La detección en el espectro UV de los flavonoides se la realiza en base a los datos bibliográficos para estos compuestos:

Flavonoles:

Quercetina, miricetina y sus glicósidos presentan coloración amarilla – anaranjada

Camferol, isoramnetina y sus glicósidos presentan coloración amarilla – verde

Flavonas:

Luteolina y sus glicósidos naranja

Apigenina y sus glicósidos presentan coloración amarilla – presentan coloración verde.

Principales R_f:

Quercetina: 0,6 a 0,7

Rutina: 0,35 a 0,40

Kamferol: 0,40 a 0,85

Isoramnetina: 0,2; 0,4; y 0,7

RESULTADOS DE LA CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA DEL EXTRACTO DE RÁBANO



T1 T2 T3

FASE ESTACIONARIA: Placa Silica gel G_{F254} (Merck)

FASE MOVIL: Acetato de Etilo: Acido Fórmico: Acido Acético: Agua 100:11:11:26

MUESTRAS DE CULTIVO: T1 Compost 25%

T2 Compost 50%

T3 Compost 75%

REVELADOR: Sulfato de Cerio

MANCHAS	T1	T2	T3
1	0,06	0,08	0,07
2	0,13	0,14	0,14
3	0,17	0,24	0,19
4	0,40	0,37	0,36
5	0,47	0,49	0,48
6		0,60	0,56
7			0,65
8			0,76



T5 T4

FASE ESTACIONARIA: Placa Silica gel G_{F254} (Merck)

FASE MOVIL: Acetato de Etilo: Acido Fórmico: Ácido Acético: Agua 100:11:11:26

MUESTRAS DE CULTIVO: T4 Compost 100%

T5 Compost 0%

REVELADOR: Sulfato de Cerio

MANCHAS	T4	T5
1	0,06	0,03
2	0,14	0,13
3	0,16	0,16
4	0,19	0,52
5	0,45	0,93
6	0,55	
7	0,62	
8	0,78	
9	0,86	
10	0,93	

2.3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

De los datos obtenidos se realizó el análisis estadístico de ANOVA y Prueba de Tukey, estas pruebas nos sirven para poder determinar si existe una diferencia significativa entre los distintos tipos de compost elaborados, y si es así, identificar cuál de ellos es el más adecuado para su utilización.

Se pudo realizar dicho análisis utilizando software adecuado. (Microsoft EXCEL)

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ELABORACIÓN DE COMPOST A BASE DE CASCARILLA DE CACAO

Al cabo de sesenta días de preparación, y una vez revisadas las principales características físicas de la materia en compostaje, se determinó que la mezcla tenía las condiciones adecuadas de un compost listo para ser utilizado, ya que presentó las siguientes características.

Tabla 8. Características del compost elaborado

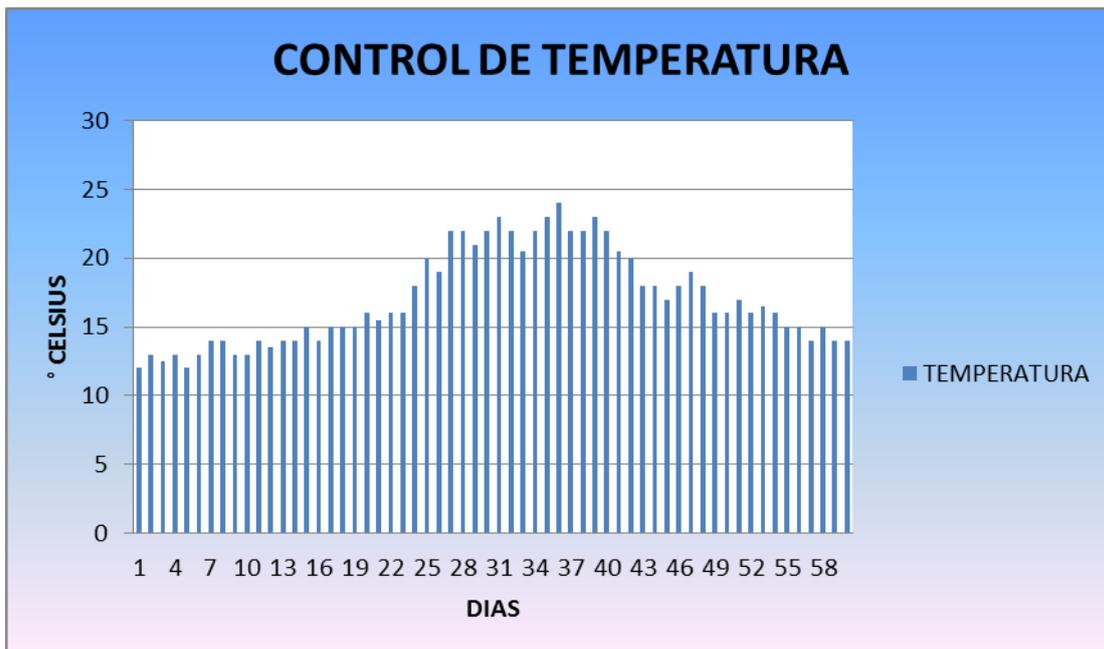
PARAMETRO	ESPECIFICACION	MUESTRA A (25%)	MUESTRA B (50%)	MUESTRA C (75%)	MUESTRA D (100%)
ph	Alcalino	9,22	9,30	8,64	8,60
Color	Marrón oscuro – negro ceniza	Marrón claro	Marrón oscuro	Marrón oscuro	Negrusco
Olor	Sin olor desagradable	Terroso	Terroso, algo dulce	Aromático, agradable	Aromático, dulce
Textura	ND	Áspera y húmeda, no compactable	Suave, arenosa y húmeda	Suave, arenosa y húmeda	Terrosa, no compactable
Fragmentación	Partículas inferiores a 10 mm	Fragmentos pequeños y homogéneos			
Nemátodos	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes	Ausentes
Tiempo	180 días	50 días	50 días	60 días	60 días

3.1.1. Control de Temperatura y Humedad

Se lo realizó con un termo-higrómetro digital, una lectura en la mañana y otra en la tarde a diario, llevando un control escrito de estos datos. Ver anexo

Por las noches fue necesaria la utilización de plásticos de invernadero para cubrir las pilas debido a las bajas temperaturas registradas durante el mes de abril.

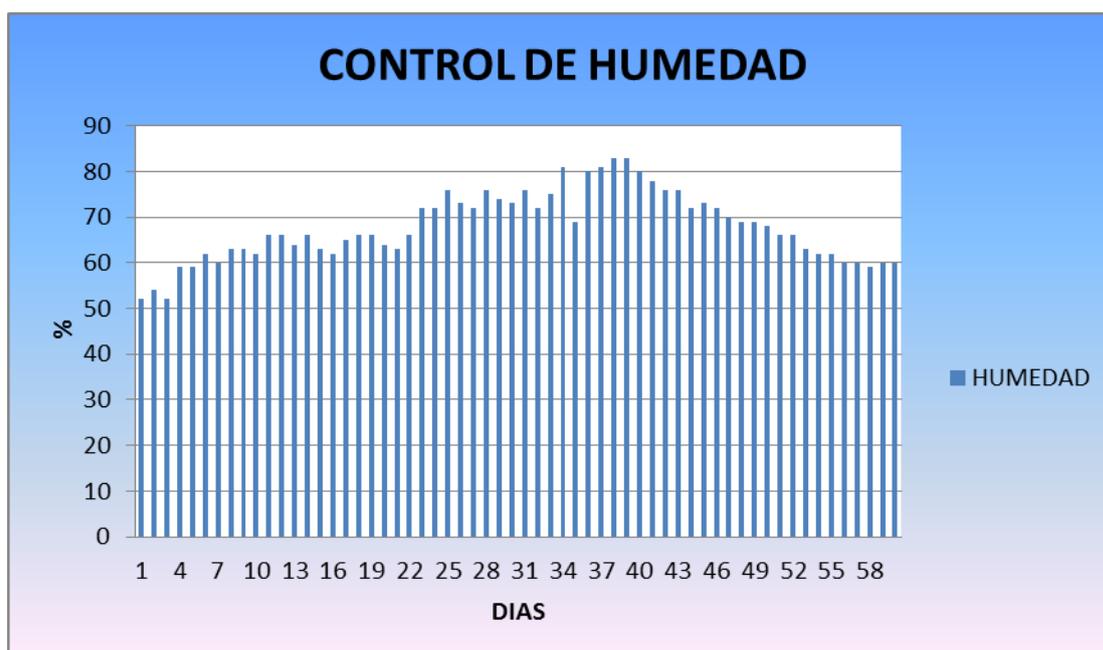
Gráfico 1. Control de temperatura del compost.



Se pudo determinar la presencia de mayores temperaturas hacia la mitad del ciclo de compostaje, demostrando que en estos días se presentó mayor actividad de descomposición en los materiales del compost. Hacia los últimos días la temperatura tiende a disminuir, sin embargo permanece constante entre 14 y 15°C, siendo esta una temperatura ligeramente mayor a la que se presenta al inicio del compostaje que es de 12°C.

En cuanto a la humedad también presenta un incremento hacia la mitad del periodo de compostaje, para luego disminuir y estabilizarse durante los últimos 10 días. La humedad inicial del proceso fue de 52%, mientras que en el producto final se presentó una humedad del 60% adecuada para este compost.

Gráfico 2. Control de humedad el compost



3.2. CULTIVO DE RÁBANOS UTILIZANDO COMPOST A BASE DE CASCARILLA DE CACAO

T1: Cultivo denominado testigo en el cual no hubo adición de compost.

T2: Cultivo utilizando compost al 25% de cascarilla de cacao

T3: Cultivo utilizando compost al 50% de cascarilla de cacao

T4: Cultivo utilizando compost al 75% de cascarilla de cacao

T5: Cultivo utilizando compost al 100% de cascarilla de cacao

3.3. DETERMINACIONES SENSORIALES DEL RÁBANO

3.3.1. FACTORES DE APARIENCIA

- a) **Firmeza:** Observamos que los rábanos son firmes, no presentan porosidad en su interior, y su pulpa posee apariencia carnosa y jugosa.

- b) **Coloración:** Externamente son de color rojo brillante, pigmentación que incluso se adhiere a los dedos cuando hay manipulación prolongada del vegetal. Internamente el color de la pulpa es blanco semitransparente.
- c) **Forma:** En general, los rábanos son de forma redonda u ovalada, y su superficie es continua, es decir no presentan irregularidades como orificios o abultamientos, tampoco hay presencia de manchas de ninguna clase.

3.3.2. FACTORES DE TEXTURA

- a) **Aspereza:** Los rábanos no presentaron ningún tipo de asperezas, su superficie es lisa.
- b) **Rajaduras:** Se obtuvieron vegetales sin rajaduras en la superficie y sin porosidades en su interior.

3.3.3 FACTORES DE OLOR Y SABOR

- a) **Olor:** Una vez que se procedió a partir los rábanos determinamos que poseen un olor agradable e incluso un tanto aromático, esto principalmente en los T4 y T5. Para T2 y T3 se obtuvo igualmente un olor agradable aunque no tiende a ser dulce como en el caso anterior. El T1 presenta un olor agradable característico de los rábanos.
- b) **Sabor:** Pese a que generalmente el rábano presenta un sabor picante, al probarlos se determinó un sabor un tanto dulce y poco picante, esto para los T2 y T3. El sabor también fue agradable aunque un poco picante para T4 y T5. Todos en comparación con T1 que es el tratamiento testigo.

3.3.4. DETERMINACIONES FÍSICAS DEL RÁBANO

PESO

Se determinó el peso de cada rábano, comprobando en primer lugar el correcto funcionamiento de la balanza, se realizaron diez mediciones por duplicado para cada tratamiento.

Se registraron los datos obtenidos y se promedió los valores para cada tratamiento.

De acuerdo a la bibliografía consultada, un rábano de la variedad pequeña o rabanito alcanza en promedio un peso de 7,00 gramos. Los rábanos cultivados con el compost de cascarilla de cacao superaron este peso establecido, obteniéndose vegetales que pesaron entre 11,92 y 12,85 g. considerando además que el menor peso se obtuvo del tratamiento testigo, es decir aquel que no contenía compost.

Tabla 9: Determinación de pesos de los rábanos cultivados

MUESTRA	PESO (g)										PESO PROMEDIO (g)
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
T1	14,47	14,68	11,77	12,45	11,00	10,55	13,48	8,63	10,15	12,01	11,92
T2	9,57	14,29	13,09	18,57	16,86	17,33	9,11	10,32	7,25	12,01	12,38
T3	5,85	8,36	14,98	17,56	7,37	23,14	20,60	7,85	9,68	8,33	12,16
T4	8,97	12,65	15,81	9,72	11,85	11,24	14,51	7,92	17,59	11,33	12,62
T5	9,02	8,61	9,60	12,27	12,06	10,54	18,47	12,09	13,06	20,48	12,85
PARAMETRO											7,00

Gráfico 3: Análisis del peso de los rábanos



Los rábanos cultivados con el compost al 100% presentaron un peso de 12,85g; mientras que los de compost al 75% 12,62g los pesos menores se dieron en los cultivos con compost al 25% y 50% con 12,38g y 12,16g respectivamente.

DIÁMETRO

Se procedió a la medición del diámetro mayor de cada rábano con la utilización de un instrumento denominado Pie de Rey, se realizaron diez mediciones por duplicado para cada tratamiento.

Los datos obtenidos fueron registrados y se promedió los valores para cada tratamiento.

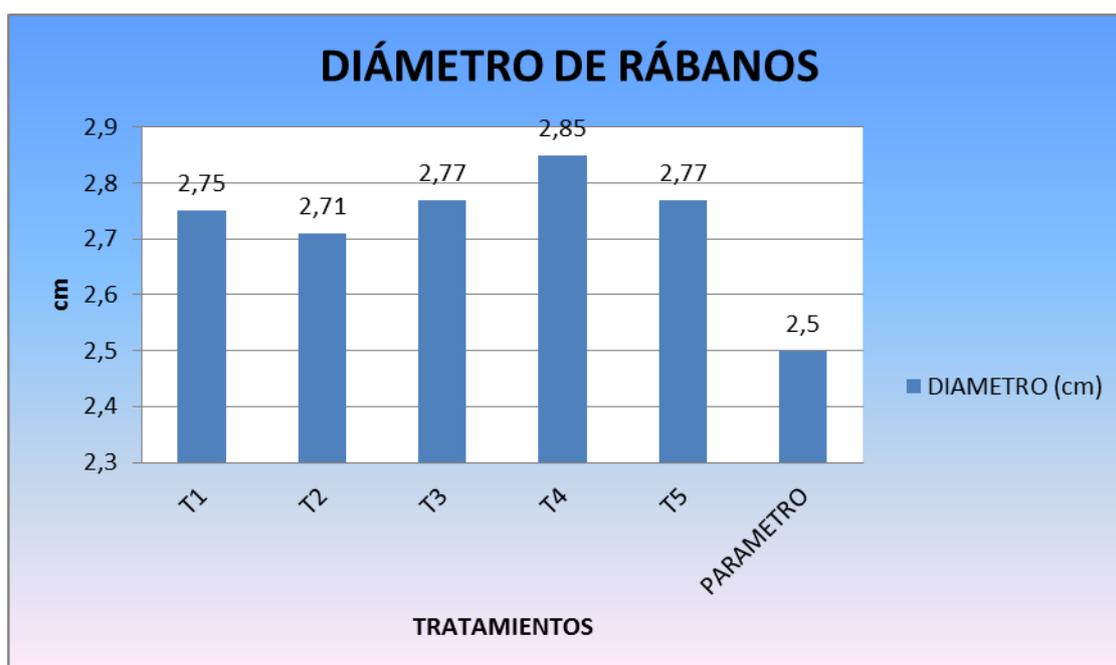
El diámetro establecido por la bibliografía para los rábanos es de 2,50 cm., los valores obtenidos al medir los rábanos cultivados oscilan entre 2,71 a 2,85 cm., es decir obtuvimos vegetales de mayor tamaño.

Tabla 10: Determinación de diámetros de los rábanos cultivados

MUESTRA	DIAMETRO (cm)										DIAMETRO PROMEDIO (cm)
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
T1	2,4	2,4	2,2	2,6	2,8	2,6	3,5	2,8	2,9	3,5	2,75
T2	2,6	3,3	2,5	3,0	3,1	3,0	2,5	2,5	2,3	2,7	2,71
T3	2,0	2,2	3,1	3,3	2,4	3,5	3,5	2,3	2,6	2,2	2,77
T4	2,5	2,7	3,1	2,7	2,6	2,8	3,0	2,5	3,0	2,8	2,85
T5	3,1	3,0	2,8	2,8	2,8	2,7	3,2	2,4	2,8	2,9	2,77
PARAMETRO											2,50

Los rábanos cultivados con el compost al 75% fueron los de mayor tamaño, con un diámetro promedio de 2,85cm. Los cultivos con compost al 100% y 50% presentaron valores similares 2,77cm; finalmente los de menor tamaño fueron los cultivados con el 25% de compost con 2,71cm.

Gráfico 4: Análisis del diámetro de los rábanos



3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

3.4.1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL COMPOST A BASE DE CASCARILLA DE CACAO

Cuadro 1. Análisis Bromatológico del compost

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	VALOR REFERENCIA	MUESTRA A (25%)	MUESTRA B (50%)	MUESTRA C (75%)	MUESTRA D (100%)
Ph	Und.	Potenciom.	7,5 – 8,5	9,22	9,33	8,64	8,65
Proteína	%	Gravimétr.	1,5 – 1,8	7,72	7,74	12,17	14,42
Fibra	%	Gravimétr.	ND	5,23	6,19	5,81	6,27
Grasa	%	Gravimétr.	ND	1,30	1,45	1,54	1,53
Humedad	%	Gravimétr.	45 – 55	66,55	50,63	49,24	52,85
Cenizas	%	Gravimétr.	ND	11,71	16,12	16,57	23,82
Carbohidra tos	%	Gravimétr.	30 – 50	19,20	40,99	31,24	24,93

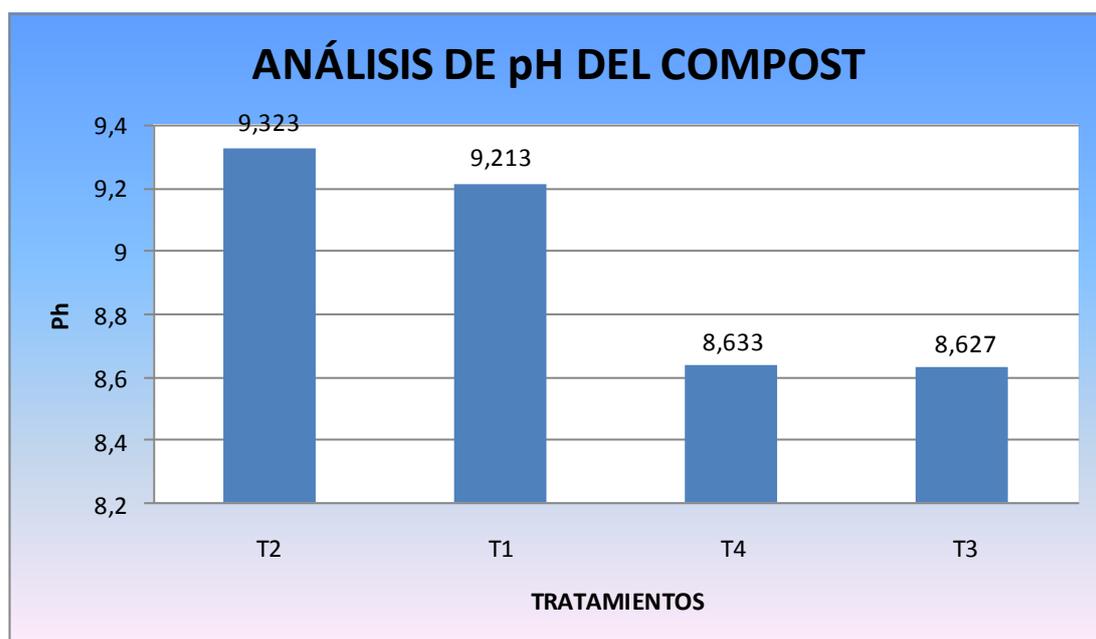
3.4.2. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE pH

Cuadro 2. Análisis de pH del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T2	9,323	A
T1	9,213	B
T4	8,633	C
T3	8,627	C

Los resultados de la prueba de Tukey muestran tres rangos estadísticos, observándose que no existe una diferencia significativa entre T4 y T3 que pertenecen al rango C.

Gráfico 5: Análisis de pH del compost



Una vez llevado a cabo el análisis del pH de los diferentes tratamientos de compost, encontramos que el T2 correspondiente al compost con 50%, posee el pH más alto, por lo cual excede el rango de referencia por su elevada alcalinidad con un valor de 9,3. Un valor similar presenta el compost al 25% con pH 9,2.

T3 y T4 (compost al 75% y 100% respectivamente) son los más adecuados por su valor de pH de 8,62 y 8,63 que concuerda con los requerimientos establecidos en cuanto a este parámetro.

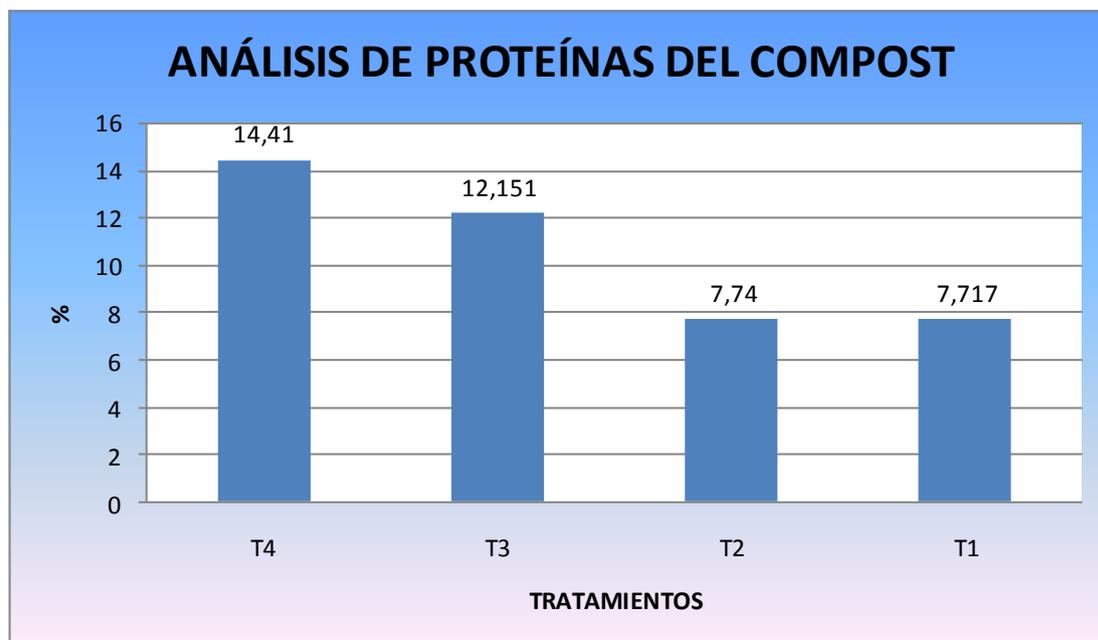
3.4.3. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE PROTEÍNAS

Cuadro 3. Análisis de proteínas del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T4	14,410	A
T3	12,151	B
T2	7,740	C
T1	7,717	D

La prueba de Tukey para las proteínas da como resultado cuatro rangos estadísticos, siendo el rango A, perteneciente al T4 el que mayor concentración presenta, y el rango D, perteneciente a T1 el de menor valor.

Gráfico 6: Análisis de proteínas del compost



La determinación de proteínas dio como resultado que el T4 (100% cascarilla de cacao) fue la muestra con mayor concentración, 14,41g de proteínas; lo que nos indica que es el tratamiento más adecuado, ya que al utilizarlo en los cultivos nos dará un mayor aporte de dichas proteínas a los productos que vayan a ser cultivados. El compost al 75% también presenta un alto porcentaje de proteínas 12,15g, mientras que los valores más bajos se obtuvieron con el compost al 50% y 25% con 7,74g y 7,71g respectivamente.

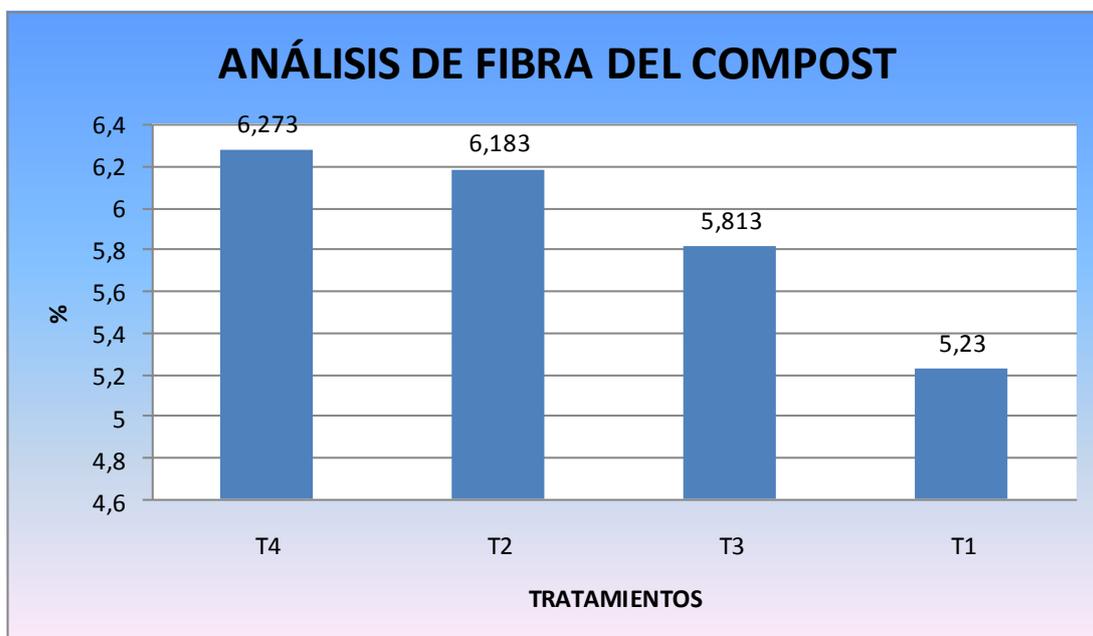
3.4.4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE FIBRA

Cuadro 4. Análisis de fibra del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T4	6,273	A
T2	6,183	B
T3	5,813	C
T1	5,230	D

Existen cuatro rangos estadísticos según la Prueba de Tukey realizada para los resultados de fibra. Todos estos presentan una diferencia significativa entre sí, siendo T4 perteneciente al rango A, el tratamiento que mayor porcentaje de fibra contiene; mientras T1 ó rango D presenta la menor cantidad de fibra.

Gráfico 7: Análisis de fibra del compost



El compost con 100% de cascarilla de cacao presentó una concentración de 6,27g de fibra, mientras que el compost al 50% tiene 6,18g; estos dos tratamientos pueden considerarse los más idóneos para el aporte de fibra en los cultivos que se vayan a realizar.

El compost al 75% contenía 5,81g de fibra, mientras que el compost al 25% sólo 5,23g.

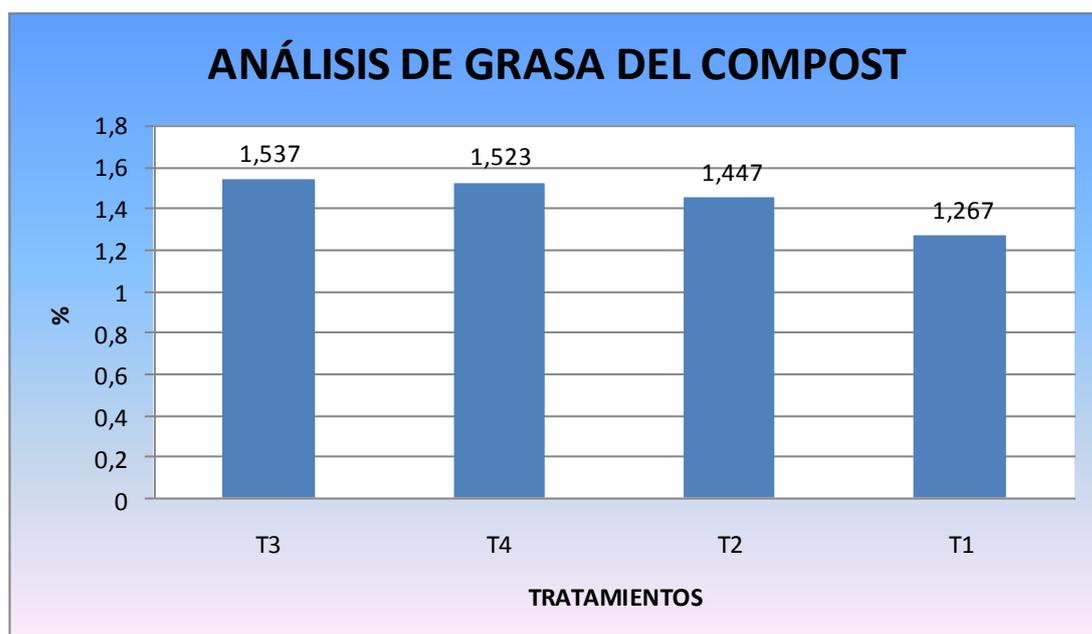
3.4.5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE GRASA

Cuadro 5. Análisis de grasa del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T3	1,537	A
T4	1,523	AB
T2	1,447	B
T1	1,267	C

La prueba de Tukey para grasa determina la presencia de cuatro rangos estadísticos, que sin embargo no poseen una diferencia significativa entre sí, a excepción de T1 correspondiente al rango C, que es el tratamiento con menor porcentaje de grasa.

Gráfico 8: Análisis de grasa del compost



El compost al 25% contiene la menor cantidad de grasa, 1,26g siendo por tanto el menos propenso a la descomposición. El compost al 50% presenta 1,44g de grasa.

Las concentraciones más altas las tenemos en el compost al 75% y 100% con 1,53g y 1,52g respectivamente.

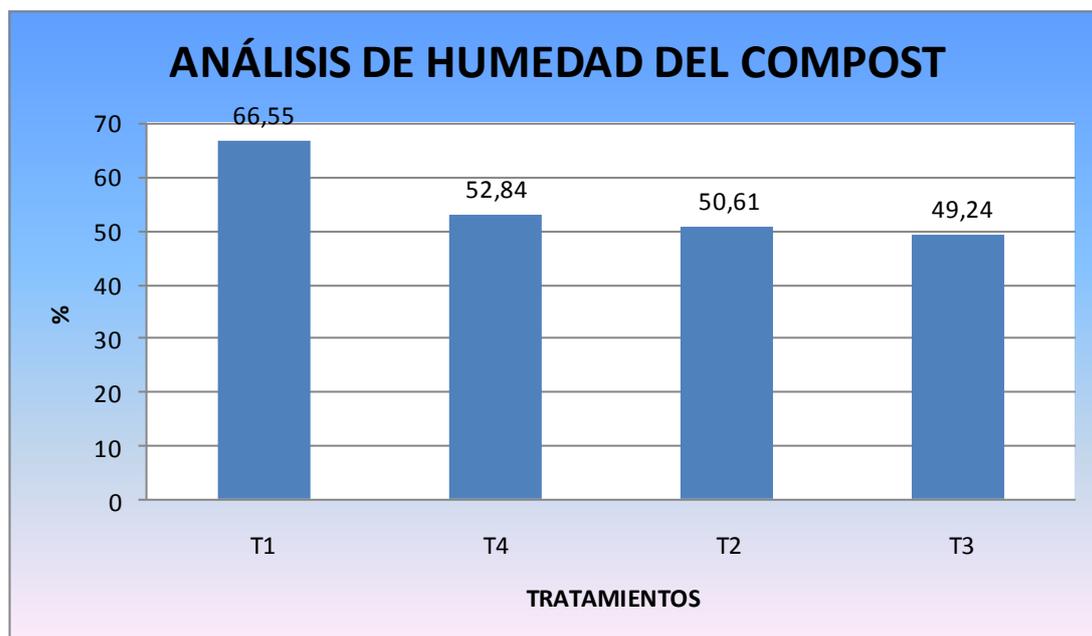
3.4.6. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE HUMEDAD

Cuadro 6. Análisis de humedad del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T1	66,550	A
T4	52,840	B
T2	50,610	C
T3	49,240	D

La prueba de Tukey para humedad da como resultado cuatro rangos estadísticos con diferencias significativas entre sí, T1 corresponde al rango A, y es el tratamiento con mayor porcentaje de humedad 66,55%; mientras que T3 pertenece al rango D con el menor porcentaje de humedad 49,24%

Gráfico 9: Análisis de humedad del compost



El compost al 25% presenta una elevada concentración de humedad 66,55%, esto puede ser un inconveniente al momento de utilizar el compost.

El compost al 100% y 50% presentaron valores de humedad de 52,84% y 50,61% respectivamente.

El compost al 75% posee el menor porcentaje de humedad 49,24%.

El compost al 25% debería descartarse para su aplicación en un cultivo. Mientras que los demás tratamientos estarían adecuados para esto.

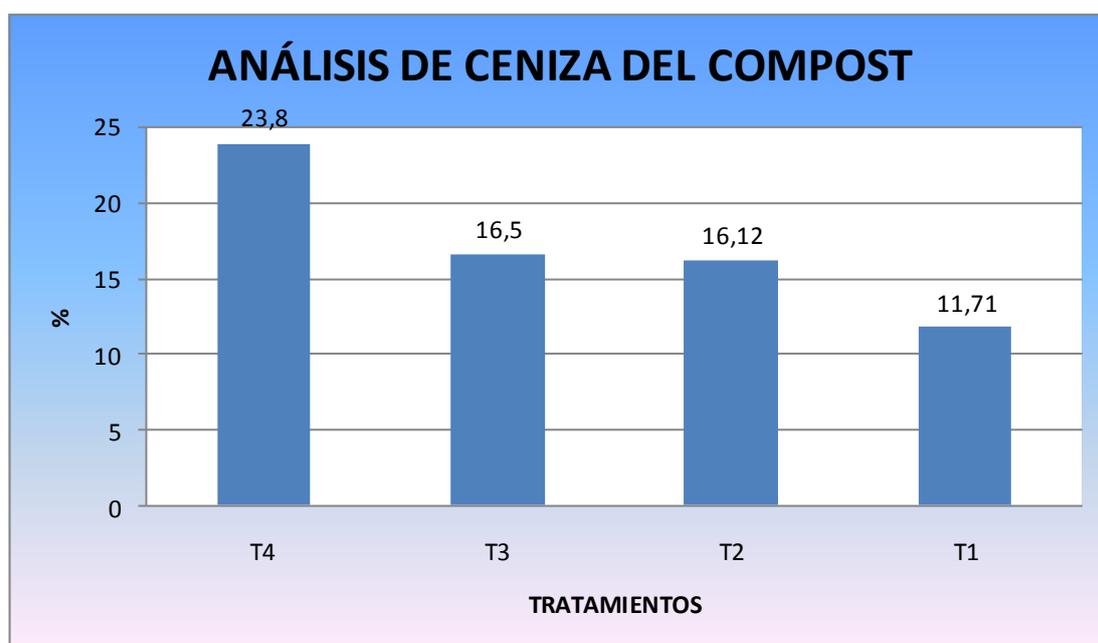
3.4.7. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE CENIZAS

Cuadro 7. Análisis de ceniza del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T4	23,800	A
T3	16,500	B
T2	16,120	C
T1	11,710	D

El resultado de la Prueba de Tukey para cenizas en el compost es de cuatro rangos estadísticos que presentan diferencias significativas entre sí; el rango A corresponde a T4 con el mayor valor 23,80% de cenizas; mientras que el rango D corresponde a T1 con el 11,71% de cenizas.

Gráfico 10: Análisis de ceniza del compost



El porcentaje de cenizas es un indicativo de los minerales que se encuentran en dicha muestra, para nuestro compost el T4 al poseer mayor cantidad de cascarilla de cacao presenta por lo mismo un porcentaje elevado de cenizas 23,8% y por ende lo hace el más adecuado por su aporte al enriquecimiento del suelo y además del producto que fuese cultivado con este compost.

Los tratamientos de compost al 75% y 50% presentan valores de ceniza de 16,5g 16,12g respectivamente. Mientras que el menor porcentaje de ceniza está en el compost al 25%.

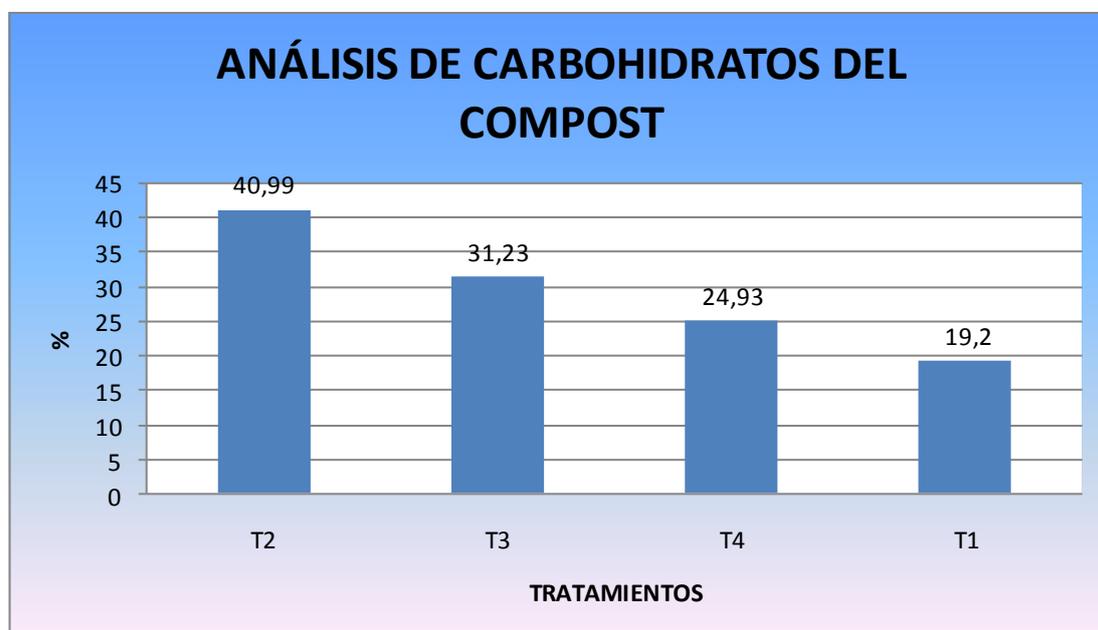
3.4.8. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE CARBOHIDRATOS

Cuadro 8. Análisis de carbohidratos del compost

TRATAMIENTO	VALOR MEDIO	CATEGORIA
T2	40,990	A
T3	31,230	B
T4	24,930	C
T1	19,200	D

Se presentan cuatro rangos estadísticos con diferencias significativas entre sí, Rango A corresponde a T2 con el más alto porcentaje de carbohidratos 40,99; T1 pertenece a rango D con 19,20% de carbohidratos.

Gráfico 11: Análisis de carbohidratos del compost



El mayor porcentaje de carbohidratos se lo obtuvo en el compost al 50%, 40,99g. El compost al 75% contenía 31,23g.

Para el compost al 100% se determinó la presencia de 24,93g de carbohidratos. Finalmente el tratamiento con la menor concentración fue el compost al 25% con solo 19,2g.

3.4.9. DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES EN EL RÁBANO

Cuadro 9. Resultados de azúcares totales en el rábano

MUESTRAS	UNIDADES	RESULTADOS			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
MUESTRA 1 (testigo)	%	4,06	4,10	4,08	4,08
MUESTRA 2 (25%)	%	9,31	9,36	9,35	9,34
MUESTRA 3 (50%)	%	7,31	7,34	7,34	7,33
MUESTRA 4 (75%)	%	5,30	5,35	5,34	5,33
MUESTRA 5 (100%)	%	7,63	7,59	7,64	7,62
VALOR REFERENCIA	%				2,44

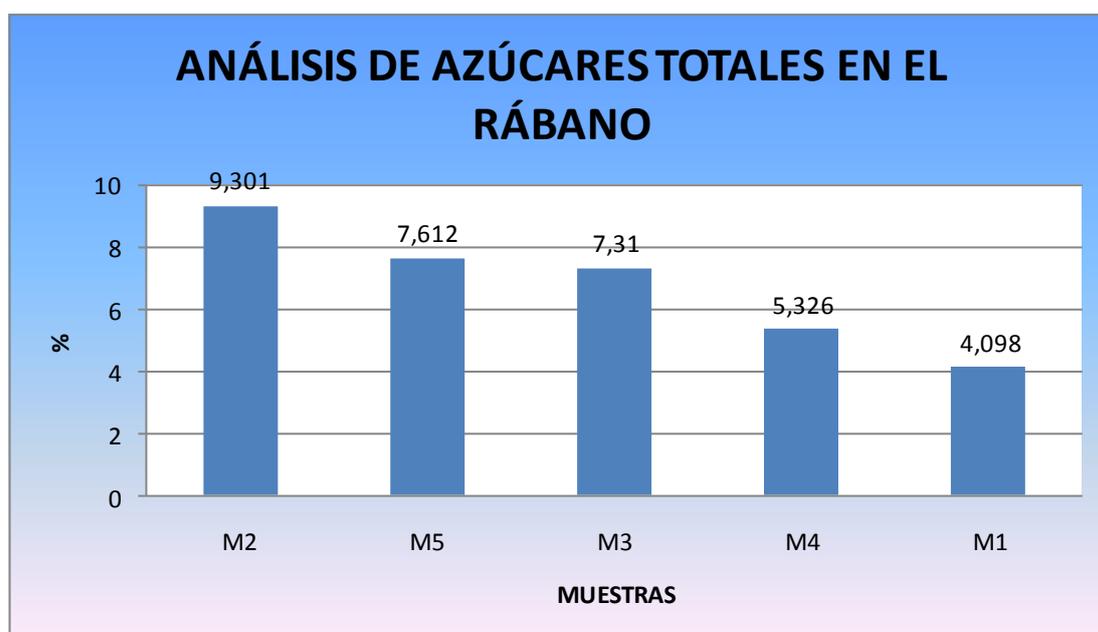
3.4.10. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS RESULTADOS DE AZÚCARES TOTALES EN EL RÁBANO

Cuadro 10. Análisis de azucares totales en el rábano

MUESTRA	VALOR MEDIO	CATEGORIA
MUESTRA 2 (25%)	9,301	A
MUESTRA 5 (100%)	7,612	B
MUESTRA 3 (50%)	7,310	C
MUESTRA 4 (75%)	5,326	D
MUESTRA 1 (testigo)	4,098	E

La prueba de Tukey para azúcares en el rábano presenta cinco rangos estadísticos con diferencias significativas; la muestra 2 corresponde al rango A y presenta el mayor valor de azúcares, 9,30g; en cambio la muestra 1 correspondiente al rango E tiene 4,09 g de carbohidratos.

Gráfico 12: Análisis de azúcares totales en el rábano



Dentro del análisis bromatológico del rábano, consultado en bibliografías, se encontró que el porcentaje promedio de azúcares totales que este vegetal posee es de 2,44%.

Al realizar la determinación de azúcares totales para los diferentes tratamientos del cultivo de rábano realizado con el compost de cascarilla de cacao, los valores son más elevados, es así que el tratamiento cultivado con el compost al 25% presentó un porcentaje de 9,30g de azúcares totales; con el 50% el resultado fue de 7,31g; con el 75% un valor de 5,32g; y, finalmente con el 100% el resultado obtenido fue de 7,61g.

Estos resultados nos indican que el compost con 25% y 100% de cascarilla de cacao fueron un buen aporte de azúcares para los rábanos cultivados.

3.4.11. DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES

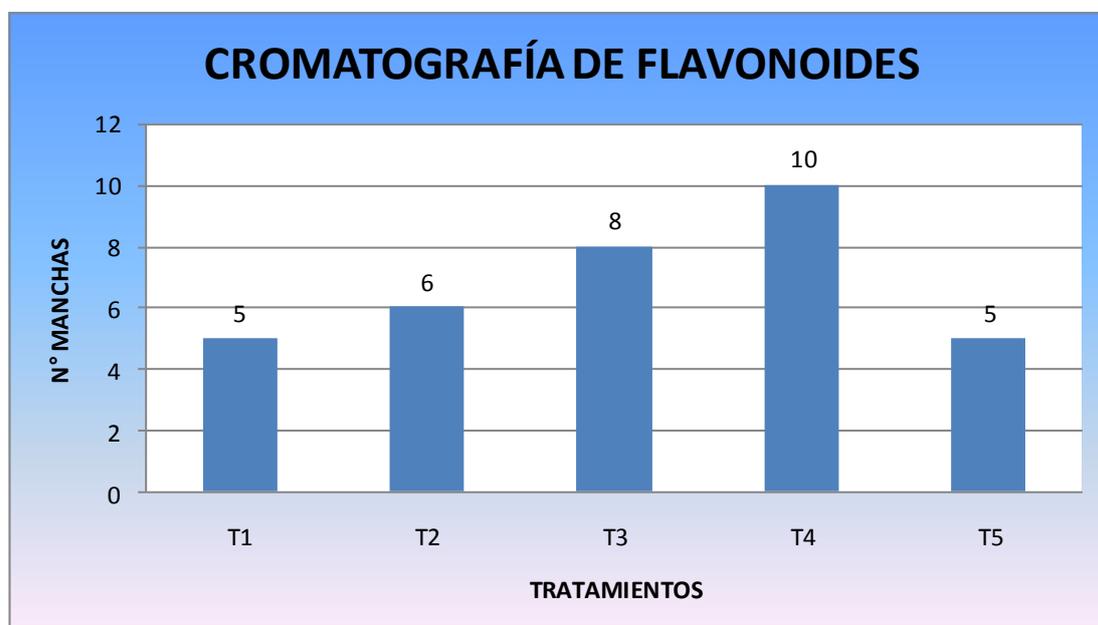
Las placas observadas en el espectro UV muestran fluorescencias de color verde y amarillo correspondientes a los distintos flavonoides presentes en el rábano.

Los rábanos cultivados con el compost al 75% presentan una mayor cantidad de manchas cromatográficas ocho en total, mientras que los cultivados con compost al 50% presentaron seis manchas cromatográficas y el compost al 25% cinco manchas.

Se puede determinar la presencia de los flavonoides como la quercetina (R_f 0,6 – 0,7), rutina (R_f 0,35 – 0,40) e isoramnetina (R_f 0,2 -0,4 – 0,7) en el cultivo con compost al 75%.

El cultivo con compost al 100% presenta la mayor cantidad de manchas cromatográficas (diez), incluyéndose en estas los R_f correspondientes a isoramnetina (R_f 0,4 – 0,7), kamferol (R_f 0,40 – 0,85), rutina (R_f 0,35 – 0,40) y quercetina (R_f 0,6 – 0,7).

Gráfico 13. Cromatografía de los Flavonoides del rábano



CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

1. Se preparó compost de la cascarilla de cacao adicionando microorganismos eficientes, material vegetal y abono de conejo; con aplicación de la técnica de fermentación sólida en pilas, el mismo que cumple con las características bromatológicas y físico-químicas, por lo cual la hipótesis es positiva.
2. El compost elaborado con el 75% de cascarilla de cacao, en pila de fermentación con MO eficientes, posee color marrón oscuro y olor agradable característico del cacao, aspecto granulado, un pH de 8,6; una concentración de carbohidratos de 31,2%; y humedad de 49,2%; estos valores están dentro de los parámetros establecidos. El tiempo que se tardó en descomponer la materia orgánica fue de 60 días.
3. La adición de compost al 75% de cascarilla de cacao, en el cultivo de rábano, permitió obtener un producto con características mejoradas tales como: un peso de 12,85 gramos; y un diámetro de 2,77 cm. Además de una textura carnosa y sin porosidades; el color rojo brillante y una superficie lisa. Se mantuvieron además sus características.
4. El rendimiento del cultivo fue alto habiendo sembrado de 15 a 20 semillas por orificio y obteniendo de 12 a 15 rábanos, correspondientes al 80% de la producción.
5. La evaluación de los flavonoides se realizó por extracción en metanol, maceración y corrido en placas de silicagel con acetato de etilo: ácido fórmico: ácido acético: agua (100:11:11:26) evidenciando mayor cantidad de componentes en los tratamientos con 75% y 100%.
6. El mayor contenido de azúcares y el sabor a cacao se obtuvo en los rábanos cultivados con compost al 25% y 100% respectivamente.

CAPÍTULO V

5. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización del compost elaborado a base de cascarilla de cacao, por presentar una adecuada cantidad y calidad de nutrientes que mejoran notablemente los cultivos frutales porque aumenta la concentración de azúcares en los frutos.
2. Aplicar el compost a los cultivos de cacao ya que en concentración de 100% de cascarilla, aumenta su aroma.

RESUMEN

La elaboración de compost a partir de cascarilla de cacao, se la realizó buscando un proceso biotecnológico para reducir el desperdicio de la cascarilla de cacao producida de la industria chocolatera que alcanza el 12%; lo cual tuvo lugar en Molinos OALSA, ubicado en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua.

Ésta fue compostada por fermentación sólida en distintas concentraciones y con microorganismos eficientes, formando capas de 1,00 m² y aplicando una capa de caña de maíz, una de malezas, una de abono animal, y una de cascarilla; repitiéndose las capas en el mismo orden; luego se humedeció con una dilución de microorganismos eficientes. Una vez conformadas las pilas de compostaje se determinó la temperatura utilizando un termómetro, y la humedad por medio de un higrómetro, en cada pila. El volteo de las pilas se lo realizó cada quince días.

El compost obtenido fue un granulado de color negro, aspecto homogéneo y olor agradable a cacao.

El análisis bromatológico determinó que en concentración de cascarilla del 75 y 100% los valores son: pH de 8,65%; proteínas de 14,42%; fibra de 6,27%; siendo estos los más cercanos a los estándares.

Para comprobar la germinación se cultivó rábanos, obteniéndose un 80% de nacimiento, un peso promedio de 12 g, una textura carnosa, y un alto porcentaje de flavonoides por el color rojo brillante en los rábanos con compost de 50% de cascarilla de cacao

Con la cromatografía de capa fina se comprobó el efecto del compost en los flavonoides del rábano; obteniéndose una mayor concentración con compost de 100% de cascarilla de cacao.

Se concluye que el compost con 75% de cascarilla de cacao es el que posee mejores propiedades para su aplicación en el cultivo de rábano.

Se recomienda aplicar el compost a base de cascarilla de cacao al cultivo de plantas frutales y de cacao porque puede mejorar sus características de sabor y aroma.

SUMMARY

Composting from cocoa husks was seeking a biotechnological process to reduce waste of cocoa husk produced in the chocolate industry that reaches 12%. Which was held in OALSA Mills, located in Ambato canton, Tungurahua province.

That was composed by solid fermentation in different concentrations and with efficient microorganisms, forming layers of 1,00m² and applying a layer of cornstalk a weed of animal manure and a husk, repeating layers in the same order, then moistened with a dilution of efficient microorganisms. Once formed compost piles temperature was determined using a thermometer, and humidity by a hygrometer, in each stack. The turning of the batteries it made every fortnight.

The compost obtained was a black granular, homogeneous and with a pleasant smell of cocoa.

The compositional analysis determined that husk concentration of 75 and 100% values are: pH of 8,65%, 14,42% protein, 6,27% fiber, and they are the closest to the standard values.

To test germination were grown radishes, obtaining 80% germination, an average weight of 12 g, a meaty texture, and a high percentage of flavonoids by bright red radishes with compost 50% of cocoa husk.

With the thin layer chromatography, it was found the effect of compost; in flavonoids redish, obtaining a greater concentration of 100% compost cocoa husk.

We conclude that the compost with 75% cocoa husk is which has improved properties for use in the cultivation of radish.

It is recommended to apply the compost based cocoa hulls for growing fruit and cocoa plants, because it can improve their flavor and aroma characteristics.

BIBLIOGRAFÍA

- 1. BADUID, S.,** Química de los Alimentos., México DF - México., Ed. Addison Wesley y Logman., 1999., Pp. 241-244
- 2. DOMINGUEZ, A.,** Cromatografía en Papel y en Capa Delgada., México DF - México., Editorial Eva., 1975., Pp. 85-91.
- 3. HENRÍQUEZ C. y otros.,** Fertilidad de suelos: Manual de laboratorio., San José- Costa Rica., Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo., 1993., Pp. 64.
- 4. LÓPEZ, A. P.,** La investigación y el diseño de los alimentos funcionales: alimentación, equipos y tecnología., México DF - México., El Manual Moderno., 2002., Pp. 75-77
- 5. OCÉANO.,** Enciclopedia Práctica de la Agricultura y Ganadería., Barcelona-España., Grupo Editorial Océano., 2001., Pp. 142-145

- 6. PEÑA P.M.,** Explotación de pastos y forrajes., La Habana-Cuba., Ed. ISCAH., 1992., Pp. 34-37.
- 7. SUQUILANDA, M.,** Agricultura Orgánica: Alternativa Tecnológica del futuro., Quito-Ecuador., Ediciones UPS Fundagro., 1995., Pp. 38-40.
- 8. WITTIG, E.,** Evaluación Sensorial., Santiago-Chile., Ed. USACA., 1998., Pp. 97.
- 9. LUCERO, O.,** Técnicas de Laboratorio de Bromatología y Análisis de Alimentos., Riobamba-Ecuador., Centro de Copiado Xerox., 2005., Pp. 1-10
- 10. URQUHART,D.,** Cacao Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas., San José - Costa Rica., 1983., Pp. 38-41.
- 11. SÁNCHEZ J, y otros.,** Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del Cantón de San Carlos., I Materia seca y componentes celulares., San José – Costa Rica., Revista Nutrición Animal Tropical N°3. Vol 1., 1996., Pp. 3-18.
- 12. SUQUILANDA, M.,** Elaboración de Abonos Orgánicos., Proyecto IQ-CV-043., Facultad de Ciencias Agrícolas., Escuela de Agronomía., Universidad Central del Ecuador., Quito- Ecuador., 1992., Pp. 18.

13. CAZAR, V., Obtención del Concentrado Proteico del Lactosuero para enriquecer Galletas., Facultad de Ciencias., Escuela de Bioquímica y Farmacia., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba-Ecuador., **TESIS.**, 2008., Pp. 16-20

14. AGRICULTURA. EL CULTIVO DEL RÁBANO

www.infoagro.com/hortalizas/rabano.asp

2010/02/15

15. AISLAMIENTO, IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS

www.biblioteca.unlpam.edu.ar/pubpdf/revet/n04a03toso.pdf

2010/03/17

16. ATLAS DE UBICACIÓN DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS

www.fao.org/docrep/field/003/AB461S/AB461S06.htm

2010/03/17

17. BREVE HISTORIA DEL CULTIVO DE CACAO EN ECUADOR

www.sica.gov.ec/.../cacao/cacao.96.gif

2010/01/05

18. CACAO

www.unctad.org/infocomm/.../cacao/tecnologia.htm

2010/01/05

19. CÁSCARA DE CACAO, FUENTE DE MAGNESIO

www.cuerpomente.es/aliado.jsp?ID=20369

2010/01/05

20. ¿CUÁL ES LA COMPOSICIÓN (FÍSICA Y QUÍMICA) DE LOS GRANOS, DE LA MANTECA, DE LA MASA Y DEL POLVO DE CACAO?

www.food-info.net/es/qa/qa-fp48.htm

2010/01/05

21. FERMENTACIÓN SÓLIDA DE LA CÁSCARA DE CACAO POR PLEUROTUS SP

<http://www.uo.edu.cu/ojs/index.php/tq/article/viewFile/655/522>

2010/01/05

22. FLAVONOIDES

es.wikipedia.org/wiki/Flavonoide

2010/04/12

23. GUÍA TÉCNICA PARA EL CULTIVO DE “RÁBANO” O “RABANITO”

cadenahortofruticola.org/admin/bibli/417rabano.pdf

2010/03/17

24. LA CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao L.): UNA POSIBLE FUENTE COMERCIAL DE PECTINAS

www.scielo.org.ve/pdf/alan/v58n1/art09.pdf

2010/01/05

25. MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST. BASES CONCEPTUALES Y PROCEDIMIENTOS

<http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf>

2010/01/09

26. MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS

biblioteca.idict.villaclara.cu/UserFiles/File/.../5.pdf

2010/01/09

27. OBTENCIÓN DE FLAVONOIDES

bdigital.eafit.edu.co/ARTICULO/HRU0380000127200206/127-6.pdf

Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat

2010/02/13

28. PLANTAS DE COMPOSTAJE PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS: RIESGOS HIGIÉNICOS.

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_597.htm

2010/01/05

29. PRODUCCIÓN DEL CACAO (PERÚ)

www.monografias.com/...cacao.../produccion-cacao-peru2.shtml

2010/01/05

30. PROPIEDADES DE LOS RÁBANOS

www.botanical-online.com/rábanos.htm

2010/02/15

31. QUÉ ES EL COMPOSTAJE

www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp

2010/01/09

32. RÁBANOS

www.cormillot.com/index.php?s=enciclopedia&t=884

2010/02/19

33. RÁBANO. GUÍA DE HORTALIZAS Y VERDURAS

verduras.consumer.es/documentos/hortalizas/rábano/intro.php

2010/02/19

34. TÉ DE CACAO: PRODUCTO ARTESANAL HECHO EN VENEZUELA

zulmy.blogspot.com/.../t-de-cacao-producto-artesanal-hecho-en.html

2010/01/05

ANEXOS

ANEXO N°1. Preparación de las pilas de compostaje



ANEXO N°2. Viraje de las pilas de compostaje



ANEXO N° 3. Diferentes tratamientos del compost



Tratamiento 4 (100%)

Tratamiento 3 (75%)

Tratamiento 2 (50%)

Tratamiento 1 (25%)

ANEXO N°4. Preparación del terreno para el cultivo



ANEXO N°5. Siembra de las semillas de rábano



ANEXO N°6. Crecimiento del cultivo de rábanos



ANEXO N°7. Cosecha de los rábanos



ANEXO N°8. Determinaciones físicas de los rábanos



ANEXO N° 9. Determinación de flavonoides en los rábanos



