



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
ÁREA BIOLÓGICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS

**“IDENTIFICACION DE FIBRA DIETARIA EN RESIDUOS DE
CACAO (*Theobroma cacao* L.) VARIEDAD *Complejo nacional por
trinitario*”**

Tesis previa a la
obtención del título de Ingeniero
en Industrias Agropecuarias

AUTOR:

Diego Hernán Abarca Rojas.

DIRECTOR:

Ing. Miguel Guamán.

LOJA – ECUADOR

2010

CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS

YO:

Diego Hernán Abarca Rojas

Declaro conocer y aceptar la disposición de artículo 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: **“Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”**.

Diego Hernán Abarca Rojas

CERTIFICACIÓN

Ing. Miguel Guamán

DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
AGROPECUARIAS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

Director del trabajo de tesis:

“Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad
Complejo nacional por trinitario”

CERTIFICA:

Haber revisado minuciosamente el presente trabajo, por lo tanto queda autorizada su presentación y defensa ante los tribunales respectivos.

Ing. Miguel Guamán

Loja, Enero de 2010

AUTORÍA

Las ideas, criterios y análisis emitidos en el presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Diego Hernán Abarca Rojas

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, a quien lo fui conociendo poco a poco en mi formación, él me brindó fuerza para alcanzar este peldaño. A mis padres Gonzalo Abarca Toledo y Narcisa Rojas Cueva, quienes me apoyaron para seguir adelante aun en las etapas más difíciles de este proceso sin nunca dudar de mi capacidad, a mi abuelita Clotilde Cueva quien siempre me ayudó con sus oraciones, a mis hermanas María Fernanda, Nathaly y Karla quienes incondicionalmente estuvieron a mi lado siendo piezas fundamentales en mi formación.

A mi lucecita Emilia.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la paciencia y fuerza para realizar este trabajo, pues el siempre me acompaña en los buenos y malos momentos.

A la compañía TRANSMAR Ecuador, por la ayuda brindada para la realización de este trabajo.

A mis docentes, cada uno de ellos depositó sus consejos y enseñanzas en mí, especialmente a la Ing. Ruth Martínez, por su apoyo como Directora de la escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, ya que me brindó las pautas y sus consejos durante la realización de este trabajo.

Agradezco de manera especial también al Ing. Miguel Guamán un gran docente y persona, quien me ayudó con su dirección y consejos, sin el cual la presentación y realización de este trabajo hubiera sido muy difícil.

También a las personas que con sus consejos me brindaron una visión diferente de la formación profesional, me ayudaron a trazar metas más altas, especialmente a los Ingenieros Iván Burneo y Felipe Reyes.

Finalmente agradezco a las personas que hicieron más llevadero mi paso por la escuela. Mis amigos, en especial a Igor Sánchez, Juan José Muñoz y Fabián Cuenca Mayorga, todos ellos me apoyaron durante este proceso brindando su amistad y ayuda, así como yo conté con ellos, ellos pueden contar conmigo.

CONTENIDO

		Páginas
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN		
1.	Introducción	2
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO		
2.	Fundamento teórico	6
CAPÍTULO 3: OBJETIVOS		
3. 1	Objetivo general de la investigación	12
3. 2	Componentes u objetivos específicos de la investigación	12
CAPÍTULO 4: MATERIALES Y MÉTODOS		
4.	Materiales y métodos	14
4.1	Materia prima	14
4.2	Muestreo	14
4.3	Obtención de los residuos	15
4.3.1	Fermentación	15
4.3.2	Preparación de las muestras	15
4.4	Composición proximal de los residuos de cacao	16
4.4.1	Análisis de grasa	16
4.4.2	Análisis de humedad	17
4.4.3	Análisis de proteína cruda	17
4.4.4	Análisis de cenizas	18
4.4.5	Análisis de fibra cruda	18
4.4.6	Análisis de carbohidratos totales	18
4.5	Cuantificación fibra dietaria total, fibra soluble y fibra insoluble	18

4.5.1	Fibra dietaria total	19
4.5.2	Fibra dietaria insoluble	19
4.5.3	Fibra dietaria soluble	20
4.6	Propiedades funcionales de la fibra dietaria.	21
4.6.1	Propiedades de hidratación	21
4.6.2	Capacidad de adsorción de grasa (FAC)	22
4.6.3	Solubilidad	22
4.7	Análisis de datos	22
CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
5.	Resultados y discusión	24
5.1	Caracterización materia prima	24
5.2	Composición proximal de los residuos de cacao	25
5.3	Contenido de fibra dietaria de residuos de cacao	26
5.4	Determinación de propiedades funcionales	28
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES		31
CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES		33
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA		35
ANEXOS		39

INDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Caracterización física de la mazorca de cacao.	24
Cuadro 2. Acidez, pH e índice de madurez en pulpa (pulpa + testa).	25
Cuadro 3. Composición proximal de los residuos de cacao.	25
Cuadro 4. Contenido de fibra dietaria en residuos de cacao.	26
Cuadro 5. Propiedades funcionales de residuos cáscara y testa.	28

INDICE DE ANEXOS

	Páginas
Anexo 1. Diagramas	39
Diagrama 1. Preparación de las muestras	39
Diagrama 2. Fermentación del Grano	40
Diagrama 3. Análisis de fibra dietaria total	41
Diagrama 4. Análisis de fibra dietaria insoluble y soluble	42
Diagrama 5. Determinación de capacidad de adsorción de grasa (FAC)	43
Diagrama 6. Determinación de capacidad de retención de agua (WRC)	44
Diagrama 7. Determinación de capacidad de hinchamiento (SW)	45
Anexo 2. Tablas	46
Tabla 1. Composición proximal de los residuos de cacao	46
Tabla 2. Fibra dietaria total de la cáscara.	47
Tabla 3. Fibra dietaria soluble de la cáscara.	48
Tabla 4. Fibra dietaria insoluble de la cáscara.	49
Tabla 5. Fibra dietaria total de la testa.	50
Tabla 6. Fibra dietaria soluble de la testa.	51
Tabla 7. Fibra dietaria insoluble de la testa.	52
Tabla 8. Fibra dietaria total del mucílago.	53
Tabla 9. Fibra dietaria soluble del mucílago.	54
Tabla 10. Fibra dietaria insoluble del mucílago.	55

Tabla 11.	Capacidad de adsorción de grasa (FAC).	56
Tabla 12.	Capacidad de retención de agua (WRC).	57
Tabla 13.	Capacidad de hinchamiento (SW).	58
Tabla 14.	Solubilidad.	59

RESUMEN

La Fibra Dietaria (FD) es el remanente comestible de las plantas y polisacáridos resistentes a las enzimas digestivas humanas. La FD es clasificada como Fibra Dietaria Soluble (FDS) y Fibra Dietaria Insoluble (FDI). El cacao para esta investigación fue proporcionado por TRANSMAR Ecuador. Dentro del procedimiento realizado se hizo un muestreo bajo la Norma Técnica Nicaragüense NTON 17002 - 02, luego se llevó a cabo el beneficio del cacao para así obtener los residuos de trabajo, los cuales fueron secados a 60° C y llevados a una humedad inferior a 10% para luego ser sometidas a un proceso de molienda. Para la cuantificación de fibra dietaria y determinación de las propiedades funcionales en los residuos de cacao estudiados: cáscara, testa y mucílago, el tamaño de partícula utilizado fue en el rango 220 - 640 μm . La composición proximal de los residuos fue la siguiente en base seca, 9.6% de cenizas, 4.83% de proteína cruda, 2.62% de grasa cruda, 35.9% de fibra cruda y 47.05% de extracto libre de nitrógeno (ELN) para la cáscara. 8.25% de cenizas, 18.51% de proteína cruda, 2.38% de grasa cruda, 23.15% de fibra cruda y 47.71% de ELN en la testa y 9.26% de cenizas, 6.73% de proteína cruda, 2.35% de grasa cruda, 0.47% de fibra cruda y 81.21% de ELN en el mucílago. Los contenidos de fibra dietética total (FDT), fibra dietética soluble (FDS) y fibra dietética insoluble (FDI), fueron determinados con una técnica basada en el método enzimático - gravimétrico AOAC 991.43. Los resultados fueron 64,54%, 4,02% y 60,22% respectivamente para la cáscara, 62,32%, 18,02% y 45,51% para la testa y 20,5%, 18,12% y 0,89% para el mucílago; siendo la cáscara buena fuente de FDI el mucílago buena fuente de FDS y la testa buena fuente de FDT, pues su relación FDI/FDS se ubicó entre 2,3:1 y 2.9:1.

En cuanto a las propiedades funcionales en cáscara y testa, se observó baja capacidad de retención de agua ($\text{WRC} < 6 \text{ g agua/g}$) y baja capacidad de adsorción de grasa ($\text{FAC} < 1.5 \text{ g aceite/g}$), la capacidad de hinchamiento (SW) fue de 5.76 g/g para la cáscara y 3.7 g/g para la testa y los valores de solubilidad fueron de 43.03% en la cáscara y 43 % para la testa.

ABSTRACT

The dietary fiber (FD) it is the eatable remainder of the plants and resistant polysaccharides to the human digestive enzymes. The FD is classified as soluble dietary fiber (FDS) and insoluble dietary fiber (FDI). The cocoa for this investigation was provided by TRANSMAR Ecuador. Inside the carried out procedure a sampling was made under the Nicaraguan Technique Norm NTON 17002 - 02, then it was carried out the benefit of the cocoa to obtain the work residuals, which were dried 60° C, and taken to an inferior humidity to 10%, then to be subjected to a mill process. For dietary fiber quantification and functional properties determination in the studied residuals of cocoa: shell, husk and mucilage, particle size of among 640 µm was used. The proximal composition of the residuals was the following one in dry matter (DM), 9.6% of ashy, 4.83% of raw protein, 2.62% of raw fat, 35.9% of raw fiber and 47.05 extract% free of nitrogen (ELN) for the shell. 8.25% of ashy, 18.51% of raw protein, 2.38% of raw fat, 23.15% of raw fiber and 47.71% of ELN in husk and 9.26% of ashy, 6.73% of raw protein, 2.35% of raw fat, 0.47% of raw fiber and 81.21% of ELN in the mucilage. Total Dietary Fiber (FDT) contents, Soluble Dietary Fiber (FDS) and Insoluble Dietary Fiber (FDI), were determined with a technique based in the enzymatic-gravimetric AOAC method 991.43 and they were 64,54%, 4,02% and 60,22% for peel, 62,32%, 18,02% and 45,51% for husk and 20,5%, 18,12% and 0,89% for mucilage, respectively; concluding peel as the FDI major source, mucilage as the major source of FDS and husk as a FDT good source, because their relation FDI/FDS was located between 2,3:1 & 2.9:1.

Functional properties in peel and husk, low Water Retention Capacity was observed (WRC <6 g agua/g) and low fat adsorption capacity (FAC <1.5 g oil/g) in both materials, swelling capacity (SW) was 5.76 for peel and 3.7 g/g for husk and solubility values were 43.03% for peel and 43% for husk.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es el segundo productor de cacao (*Teobroma cacao L.*) en sus diferentes variedades en Latinoamérica. En el 2005 la producción de cacao en grano fue de 115.000 t, que corresponden a una área sembrada de alrededor 500.000 ha, más del 90% pertenece a cacao fino y de aroma, esto lo convierte en el primer productor a nivel mundial de este tipo de cacao con una participación de aproximadamente el 60% del mercado (Ramírez, 2006).

En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa un 10% del peso del fruto fresco, además, alrededor del 12,5% del peso del grano seco corresponde a la testa (Moulay et al., 2006). Los residuos resultantes del proceso de beneficio del cacao son: cáscara, testa y mucílago, estos dos últimos son obtenidos luego de la fermentación del cacao (Rodríguez de Sindoni, 2006). Tradicionalmente el manejo agronómico del cultivo de cacao no contempla la disposición de los residuos que se generan en el mismo. Los altos volúmenes, especialmente de cáscara del fruto, que se desechan anualmente se consideran un foco para la propagación de *Phytophthora spp*, causa principal de pérdidas económicas de la actividad (Barazarte et al., 2008; Izquierdo, 2008).

Se realizan algunos trabajos de investigación destinados al aprovechamiento de los residuos, tanto para elaboración de abonos, como en la industria del jabón y de alimentos. En Venezuela en la estación experimental de Caucagua, se han realizado investigaciones para el uso de la cáscara en formulaciones de: lombricompuesto (Girón and Tortolero, 1996), de la calcinación para la saponificación de grasas (Salazar and Crescente, 2001). En el estado de Chiapas - México se utiliza la cáscara para la remineralización de los suelos (Nájera et al., 2005), en la Unión Europea y España se han patentado productos a base de cascarilla de cacao, “producto para la elaboración de un compuesto altamente soluble, rico en fibra dietaria, para su adición en lácteos, panadería, bebidas y confitería” (Moulay et al., 2006) y “producto a base de cascarilla de cacao tostada” (Casanovas, 1997).

En Ecuador, en el 2005 se generó aproximadamente 1'035.000 t de residuos de cacao (Ramírez, 2006), se realizan algunos esfuerzos para el aprovechamiento de estos (Murillo and Jara, 2006), muestra de ello es TRANSMAR Ecuador, segunda empresa exportadora de cacao fino de aroma, con una participación del 10% en el mercado (12.500 t), a través del proyecto "Desarrollando y Rehabilitando la Metodología de Agricultura Existente" D.R.E.A.M. por sus siglas en inglés, utiliza únicamente el 5 % de las 112.500 t de residuos que genera como ingrediente en la formulación de compost de gran calidad para fertilizar los suelos de las plantaciones de cacao (Izquierdo, 2008).

La cáscara de cacao contiene entre 2,6 y 4,6 % de pectinas de alto metoxilo (Barazarte et al., 2008) y entre 52,8 y 56,2% de fibra bruta (Bermúdez et al., 2002). La cascarilla ó testa contiene más del 45% de fibra dietaria (20% de celulosa, 12% de hemicelulosa y 12% de ácidos galacturónicos) (Moulay et al., 2006) y aproximadamente 25% de fibra bruta (Murillo and Jara, 2006). Estos estudios que demuestran la presencia de pectina componente de la fibra soluble y de fibra bruta parte de la fibra dietaria insoluble (Sánchez Guzmán, 2005), nos permiten pensar en el potencial de estos residuos como fuentes de fibra dietaria.

La fibra dietaria corresponde la parte comestible de los vegetales, hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, desde hace treinta años la fibra dietaria forma parte de lo que se considera una dieta saludable (Álvarez and Sánchez, 2006; Sánchez Guzmán, 2005). Dietas altas en fibra dietaria están relacionadas con la prevención, reducción y tratamiento de algunas enfermedades intestinales como diverticulitis y enfermedades coronarias, además se recomienda una ingesta diaria promedio de 25-30 g (Figuerola et al., 2005; Gelves, 2009; Pak D., 2000).

El mercado de los alimentos funcionales se encuentra en crecimiento en países como Estados Unidos, España, Japón, tanto que en 1995 este valor alcanzó los US\$ 30 billones y en el 2005 superó los 47 billones de dólares (Alvídrez Morales et al., 2002;

Soto A. et al., 2006), la tendencia del consumidor es preferir alimentos que no solo sean agradables a los sentidos sino también aporten beneficios (Castillo Olivares et al., 2004), la fibra dietaria es uno de los ingredientes funcionales más consumidos e importantes para la salud (Santos, 2004), tanto así que en el 2006 la fibra dietaria ocupó el segundo puesto a nivel Europeo en las declaraciones de alimentos funcionales con 190 claims (Verástegui, 2009), es por esto que la industria alimentaria se ha visto en la necesidad de buscar nuevas fuentes de fibra dietaria alternas a las tradicionales, de disponibilidad constante, para poder añadirla a alimentos elaborados (Moulay et al., 2006). Una alternativa es el aprovechamiento de residuos de la industria alimentaria, contribuyendo así también a disminuir el impacto ambiental que causa la industria y en este caso especial la del cacao (Murillo and Jara, 2006).

El objetivo de esta investigación fue cuantificar la fibra dietaria en sus diferentes fracciones en los residuos del proceso de beneficio del cacao: cáscara, testa y mucílago, a una determinada temperatura de secado y tamaño de partícula, además, evaluar las propiedades funcionales en estos residuos, comparando los resultados con otras fuentes de fibra dietaria.

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTO TEÓRICO

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

Hipsley en 1953 fue el primero en usar el término fibra dietaria, para los componentes no digeribles de las paredes celulares de los vegetales refiriéndose especialmente a la lignina, celulosa y hemicelulosa. Este término fue claramente un esfuerzo por distinguir alguna propiedad o constituyentes de los alimentos antes y después de lo que entonces se midió por el método de fibra cruda (Hipsley, 1953; J. W. Devries, 1999).

Entre 1972 y 1976 se usaron hipótesis de salud y se relacionaron con este término de Hipsley (Cho and Dreher, 2001), para finales de 1976 la definición de fibra dietaria ya comprendía los polisacáridos no digeridos como: las gomas, celulosas modificadas, los mucílagos, los oligosacáridos y pectinas (Márquez, 2009). Gracias a los conocimientos ya adquiridos a finales de 1976 varios investigadores iniciaron con la tarea de intentar cuantificar estos componentes, Prosky León con la ayuda de científicos de todo el mundo desarrolló el método enzimático-gravimétrico que luego fue adoptado por la AOAC como el primer método oficial para de análisis de fibra dietaria total (Cho and Dreher, 2001; J. W. Devries, 1999). Luego este método fue modificado para poder cuantificar la fracción soluble e insoluble método AOAC 991.43 (Márquez, 2009).

A través de un esfuerzo mundial y más de 30 años de investigación, se ha buscado definir la fibra dietaria en base a las propiedades benéficas que posee, basándose en la relación que existe entre un buen estado de salud y un alto consumo de fibra. La definición de fibra dietaria según la American Association of Cereal Chemists es la siguiente: “La fibra dietética es los remanentes de la parte comestible de plantas y los hidratos de carbono análogos que son resistente a la digestión y absorción en intestino delgado, con la fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias de la planta asociadas. La fibra dietética exhibe uno o más propiedades laxantes, la atenuación de colesterol de sangre, y de la glucosa en la sangre” (J. W. Devries, 1999). Esta definición hace referencia a los componentes de las plantas que están presentes en la fibra dietaria y a los efectos fisiológicos de su consumo (J. W. Devries, 1999;

Márquez, 2009; Sánchez Guzmán, 2005). En la última actualización científica sobre carbohidratos en la salud humana de la FAO/OMS llevada a cabo en Ginebra-Suiza en el mes de Julio de 2008, se define fibra dietaria como: “El conjunto de polisacáridos intrínsecos de la pared celular vegetal” en base al postulado que “todos los componentes alimentarios debían definirse, en primer lugar, según su composición química”, fundamental para fines de medición, etiquetado y declaración de propiedades saludables de los alimentos (Guzmán, 2008).

La fibra dietaria representa los componentes de la dieta de origen vegetal que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre, está compuesta principalmente por células comestibles de las plantas, el tejido parenquimático es conocido por ser la principal fuente de fibra vegetal (Moreno Rojas, 2000). No es un componente único, sino que está conformada por una mezcla de sustancias de estructura química diferente (Mendoza, 2007; Moreno Rojas, 2000; Sánchez Guzmán, 2005). Entre los constituyentes podemos distinguir: Materiales estructurales de las paredes celulares de los vegetales, compuestos por polisacáridos (celulosa, hemicelulosas, pectinas) y constituyentes que no son hidratos de carbono (lignina) y materiales no estructurales naturales o usados como aditivos de alimentos, que son polisacáridos de una gran cantidad de fuentes (gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada) (J. W. Devries, 1999; Moreno Rojas, 2000; Pak D., 2000).

Las paredes celulares de frutas, vegetales y cereales componen principalmente la fibra ingerida en la dieta diaria. La fibra también es clasificada como fibra dietaria soluble (FDS) y fibra dietaria insoluble (FDI). El término soluble se refiere simplemente a fibras que se disuelven en agua (Moreno Rojas, 2000). La relación entre FDI/FDS es importante para la dieta y por sus propiedades funcionales. En las fuentes de fibra para uso en alimentos se considera ideal una relación 2:1 y 2,3:1, y excelente si es 1:1 (Figuerola et al., 2005; Sánchez Guzmán, 2005), aunque el 75% de la fibra dietaria encontrada en alimentos naturales corresponde a la fracción insoluble (Dreher, 2001). Mientras que la recomendación de la OMS sobre la cantidad de fibra que debe ser ingerida por el hombre debe tener una proporción FDI/FDS de 3:1 (Álvarez and Sánchez, 2006; Pak D., 2000). La fibra derivada de

frutas y vegetales tiene una importante proporción de fibra soluble y la derivada de cereales una mayor proporción de fibra insoluble (Fischer, 2002).

Los componentes insolubles producen mayor volumen fecal y aceleración del tiempo de tránsito en el intestino. Los efectos fisiológicos de la fibra dietaria soluble provienen en gran medida de su fermentación colónica (Moreno Rojas, 2000). Este proceso es fundamental, ya que gracias a él se produce el mantenimiento y el desarrollo de la flora bacteriana, como también de la integridad y fisiología de las células epiteliales lo que es relevante para la absorción y metabolismo de nutrientes. Como resultado de esta fermentación bacteriana se producen ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como los ácidos acético, propiónico y butírico, en una proporción molar casi constante 60:25:20. Estos sustratos tienen importantes efectos sobre la microflora benéfica del colon, ya que los AGCC inducen crecimiento y reparación de la mucosa colónica (Pak D., 2000; Valenzuela and Maiz, 2006). Entre las principales enfermedades asociadas a dietas bajas en fibra se pueden mencionar las que afectan al colon (constipación, diverticulosis, hemorroides, cáncer colorectal) y enfermedades metabólicas (obesidad, diabetes, enfermedad cardiovascular) (Cho and Dreher, 2001; Pak D., 2000).

Para cuantificar la fibra dietaria se utiliza dos grupos de métodos, los gravimétricos como: el método químico-gravimétrico, enzimático-gravimétrico y el químico-enzimático-gravimétrico, y en segunda instancia los métodos enzimático-químicos como: colorimétricos, cromatografía de gas líquido y cromatografía líquida de alta presión (Morón et al., 1997). El método enzimático-gravimétrico se basa en digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas, el residuo remanente sirve para ponderar proteína y cenizas, en función de estos parámetros se mide la fibra dietaria total, además con este método puede determinarse fibra insoluble y por precipitación con alcohol fibra soluble (Cho and Dreher, 2001; J. W. Devries, 1999), cabe recalcar que el método empleado para la cuantificación de fibra dietaria AOAC incluye el almidón resistente y compuestos formados durante la reacción de Millard, este último puede aumentar durante el secado consiguiendo afectar la ponderación de la misma (Morón et al., 1997).

Las proporciones de los diferentes constituyentes de fibra dietaria encontrada en los alimentos de origen vegetal dependen de la madurez de las plantas. En las paredes celulares de las plantas el porcentaje de celulosa, lignina y ceniza tienden a ser más altos en plantas maduras, y el porcentaje de polisacáridos no celulósicos, ceras y proteína tienden a ser más bajos en las plantas inmaduras (Márquez, 2009), a esto se debe sumar otros factores como: el lugar de cultivo y época de cosecha del fruto (Badui, 2006).

Propiedades funcionales de la fibra dietaria

Las propiedades funcionales de la fibra como capacidad de retención de agua (WRC), capacidad de adsorción de grasas (FAC), solubilidad y capacidad de hinchamiento (SW), están relacionadas con los polisacáridos que conforman las paredes celulares de los vegetales, e influye, la porosidad, el tamaño de partícula, la fuerza iónica y el pH. Son importantes ya que en la adición de fibra dietaria a los alimentos estas propiedades son responsables de efectos como la textura, el volumen e hidratación (Femenia et al., 1997), además ejercen efectos fisiológicos determinados como: regular la motilidad gastro-intestinal y el tiempo de tránsito, moderar la absorción de nutrientes, promover la laxación, estimular la actividad bacteriana (Pak D., 2000).

Capacidad de retención de agua (WRC). Esta propiedad expresa la máxima cantidad de agua que puede ser retenida por una muestra de materia seca de peso conocido en presencia de un exceso de agua y bajo la acción de una fuerza patrón (Tamayo and Bermúdez, 1998). Entre los factores que influyen en la capacidad de retención de agua en una fibra se encuentran el tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica (Sánchez Guzmán, 2005).

Capacidad de adsorción de grasa (FAC). Esta propiedad mide la capacidad que tiene un residuo fibroso de atrapar la grasa en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de adsorción de grasa que las solubles (Mendoza, 2007; Sánchez Guzmán, 2005).

Capacidad de hinchamiento (SW). Esta propiedad hace referencia a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua (Tamayo and Bermúdez, 1998). En esta característica influye la cantidad de los componentes polisacáridos, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Femenia et al., 1997).

CAPÍTULO 3: OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general de la investigación

- Generar conocimiento sobre fuentes potenciales de fibra dietaria.

3.2. Objetivos específicos de la investigación

- Cuantificar y caracterizar la fibra dietaria presente en los residuos de cacao (*Teobroma cacao L.*) variedad *Complejo Nacional por Trinitario*, de los sectores Taura y Cone.
- Determinar las propiedades funcionales de la fibra dietaria presente en los residuos de cacao (*Teobroma cacao L.*) variedad *Complejo Nacional por Trinitario*, de los sectores Taura y Cone

CAPÍTULO 4: MATERIALES Y MÉTODOS

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materia prima

Se utilizó cacao (*Teobroma cacao L.*) de la variedad *Complejo Nacional por Trinitario*, proveniente de los siguientes sectores:

Sector 1: **Taura**, recinto La Bélica, ubicado en el cantón Yaguachi provincia del Guayas, que se encuentra a una altura de aproximadamente 17 msnm, con una pluviosidad promedio anual de 1025 mm, topografía plana, 83% de humedad relativa y 24 °C de temperatura media anual. Edad del cultivo: 25 años (Izquierdo, 2008).

Sector 2: **Cone**, recinto Santa Rosa Uno, ubicado en el cantón Naranjal provincia del Guayas, cuya una altura es de 20 msnm aproximadamente; precipitación promedio anual 1289 mm, topografía plana, 83% de humedad relativa y 24 °C de temperatura media anual. Edad del cultivo: 75 años (Izquierdo, 2008).

Las muestras de cacao fueron facilitadas por la compañía TRANSMAR Ecuador.

Se realizó la caracterización física del cacao: largo, ancho, peso, para esto se utilizó un pie de rey FISHER y una balanza SARTORIUS. En la pulpa (pulpa + testa), se determinó la acidez (AOAC 942.15 Acidez en frutas y derivados), el pH (AOAC 970.21 pH en productos derivados del cacao), °Brix (Horwitz and Latimer, 2005) para esto se utilizó un brixómetro INNOCAL NAR-1T, e índice de madurez (°Brix/acidez) (Cáceres and Moncayo, 2007)

4.2. Muestreo

El muestreo se realizó basado en la Norma Técnica Nicaragüense NTON 17002-02 para productos vegetales. Se muestreó lotes con un peso superior a 500 kg, por lo tanto se tomó 5 muestras totales por sector, cada una compuesta por 10 muestras elementales de 2 kg cada una aproximadamente, el peso de cada muestra total fue de 20 a 23 kg, equivalente a 50-56 mazorcas de cacao, este proceso se realizó en la estación INIAP- Boliche sitio de acopio de la compañía TRANSMAR Ecuador.

4.3. Obtención de los residuos

4.3.1. Fermentación

Este proceso se realizó según la Guía de Beneficio de cacao propuesta por la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Rodríguez de Sindoni, 2006), consistió en seleccionar las mazorcas que no estaban rotas, se abrieron con un corte transversal sin lastimar los granos, se revisó el estado, color y olor de los mismos, la cáscara fue separada para continuar con su tratamiento posterior. El grano fue colocado en un balde plástico con fondo perforado y sometido al proceso de fermentación, el tiempo fue de 7 días con un volteo cada 24 horas.

En la industria cacaofera la fermentación se realiza para mejorar la calidad del grano. Se logra la descomposición y remoción de la pulpa azucarada, provoca la muerte del embrión por efecto de la temperatura (45 - 50 °C) y por la penetración del ácido acético; esto evita la germinación de la semilla, desencadenando profundas modificaciones bioquímicas que producen cambios deseables en el color (de púrpura a pardo); sabor (formación de los precursores del sabor y aroma a chocolate) y la consistencia del grano ya que produce una hinchazón de los cotiledones, además ayuda a separar la testa de la superficie de los cotiledones, desprendiéndose fácilmente durante el proceso del tostado (Rodríguez de Sindoni, 2006).

El mucílago desprendido en este proceso fue recolectado a través de un recipiente inferior ubicado en los baldes plásticos usados como fermentadores.

4.3.2. Preparación de las muestras

La cáscara resultante de la apertura de las mazorcas fue picada en cubos de 1 cm² de superficie, tanto la cáscara como el grano fermentado y mucílago fueron secados a la temperatura de 60° así evitar los cambios en las propiedades funcionales y en el contenido de polifenoles, taninos, antocianidinas, proteínas y estructura de la fibra dietaria (Figuerola, 2005; Larrauri, 1997), en estufa de convección COLE PARMER 52000-70 de fabricación americana, con regulación de temperatura + 0.01, a 60°C durante 72 horas (tiempo establecido por las pruebas

preliminares alcanzar una humedad inferior al 10% en los tres residuos), la humedad de la cáscara alcanzada fue del 6,7%, en la testa de 7,5% y del mucílago 9,5%. Una vez secado el grano se realizó un tostado rápido en estufa a 90 °C por 30 minutos, el contenido de humedad no varió (7,5%), este tostado es utilizado en la industria del cacao para desprender la testa del grano (Rodríguez de Sindoni, 2006), el descascarillado se realizó manualmente. La diferencia de humedades está relacionada a que cada residuo tiene una disposición del agua diferente tanto con los complejos hidratos que se producen con las proteínas como con los carbohidratos, además, la eliminación de agua depende de las estructuras propias de cada tejido (Badui, 2006).

Se realizó un deshidratado como método de conservación a la muestra, que consiste en la reducción del contenido de agua. La eliminación del agua libre reduce tanto la actividad microbiana como la enzimática, se requiere una humedad inferior al 10% e incluso cercana al 5% para mantener la estabilidad y garantizar la vida útil de la muestra (Sánchez Guzmán, 2005).

Tanto la cáscara como la testa fueron molidas en un equipo *BOULDER COLBRADO 3010-019*, luego fueron separadas las partículas comprendidas en el rango de tamaño ENTRE 220 - 640 μm para ser usadas en los análisis, para ello se utilizó un equipo *RETH AS200*. El tamaño de la partícula influye en las propiedades funcionales, se ha demostrado que los valores de estas últimas se estandarizan en tamaños entre 400-600 μm (Figuerola et al., 2005) disminuyendo significativamente a menos de 200 μm (Villaroel et al., 2003), el residuo deshidratado y molido se almacenó en un lugar oscuro a temperatura ambiente en bolsas plásticas con sello hermético Ziploc.

4.4. Composición proximal de los residuos de cacao.

Se efectuó a los residuos: cáscara, testa y mucílago, luego del proceso de deshidratación con el uso de técnicas del AOAC (Horwitz and Latimer, 2005).

4.4.1. Análisis de grasa

Para la determinación se utilizó el método AOAC 954.02, que consiste en una hidrólisis ácida de la muestra, seguida por una extracción de la grasa utilizando un

solvente orgánico. Para esto se pesó y se colocó la muestra en un tubo de extracción, se añadió un antiespumante, luego se añadió HCL en solución para realizar una hidrólisis ácida de la muestra, se mezcló bien y se colocó a baño maría *VIBROTHERM LE-204/2* durante 40 min con agitación constante, se enfrió a temperatura ambiente y se añadió éter anhidro para una primera extracción se agitó vigorosamente por 1 min, luego se añadió éter de petróleo para una segunda extracción, se agitó vigorosamente por 1 min y se centrifugó la muestra a 600 rpm por 25 min en un equipo *DYNAC 240101*, el sobrenadante se transfirió a un matraz previamente secado y pesado, se repitió nuevamente la extracción pero esta vez con la mitad de los éteres, se agita y se centrifuga por 5 minutos, el sobrenadante es transferido al matraz y luego evaporado en baño maría para evitar derrames y controlar de mejor manera este proceso y luego secado en una estufa *COLE PARMER 52000-70* a 105°C por 90 min, la grasa se expresa como porcentaje.

4.4.2. Análisis de humedad

Para la determinación se utilizó el método AOAC 934.16. Se realizó en cápsulas de aluminio con tapa, que se desecan, enfrían y pesan previamente, luego se pesó la muestra y se colocó en la estufa de vacío *LAB-LINE 3608* a una temperatura de 70°C a una presión inferior a 100 mm Hg durante seis horas, se enfrió en desecador y se pesó. La humedad se expresa como porcentaje, en función de la de la pérdida de peso debida a la evaporación de agua.

4.4.3. Análisis de proteína cruda

Para la determinación se utilizó el método AOAC 920.152. Este método se basa en digerir la muestra con ácido sulfúrico concentrado, usando un catalizador para convertir el nitrógeno orgánico en iones de amonio; luego se adiciona un álcali, y se destila el amoníaco liberado, recogiénolo en un exceso de solución de ácido clorhídrico. Luego se valora con hidróxido de sodio para determinar el amoníaco retenido por el ácido clorhídrico y finalmente se calculó el contenido de nitrógeno de la muestra a partir de la cantidad de amoníaco producido. Utilizando un factor de conversión se relacionó el contenido de nitrógeno del residuo, con el contenido de proteína. Este análisis se realizó en un equipo *KJELDHAL LABCONCO*.

4.4.4. Análisis de cenizas

Para la determinación se utilizó el método AOAC 942.05. Este análisis consiste en la pérdida por ignición de todos los componentes orgánicos hasta la obtención de un residuo mineral. Para esto se quemó los crisoles vacíos, se los enfrió y se los pesó, luego se pesó la muestra, se carbonizó y este residuo fue colocado en una mufla *THERMOLYNE 8000* a una temperatura 525°C por tres horas, se enfrió, luego se pesó y se reportó la ceniza en porcentaje.

4.4.5. Análisis de fibra cruda

Para la determinación se utilizó el método AOAC 978.10. Este análisis se basa en un tratamiento secuencial con ácidos y álcalis en condiciones estandarizadas, seguida por una pérdida por ignición del residuo. Este ensayo se realizó en un equipo extractor de fibra cruda *LABCONCO 3000 100*.

4.4.6. Análisis de extracto libre de nitrógeno (ELN)

Para la determinación se utilizó el método AOAC 986.25. Se realiza el cálculo de carbohidratos de la muestra a través de una diferencia entre el 100% y la suma de la humedad, proteína, grasa y ceniza, en función del análisis proximal.

$$\%ELN= 100 - (\%Proteína\ cruda+ \%Grasa + \%Ceniza + \% Humedad + \% Fibra\ cruda)$$

4.5. Cuantificación fibra dietaria total, fibra soluble y fibra insoluble

Este método de tipo enzimático gravimétrico basado en la técnica AOAC 991.43, se fundamenta en digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas, el remanente se adjudica a la FD previo descuento del contenido de cenizas y proteínas residuales (Morón et al., 1997; Pak D., 2000). Para calcular la cantidad de fibra total y de sus fracciones soluble e insoluble, se utilizó la hoja de cálculo proporcionada por la empresa productora de la enzima (Megazyme), el resultado se expresó en porcentaje (Horwitz and Latimer, 2005).

4.5.1. Fibra dietaria total

Se pesó cada muestra por duplicado en vasos de 600 ml, se añaden 40ml de buffer pH 8,2 a cada vaso se mezcló, se añadió 50µl de α-amilasa termoestable, se cubrió el vaso con papel aluminio y se colocó a baño maría *VIBROTHERM LE-204/2* durante 35 min a 95° C con agitación continua, esto para la gelatinización , hidrólisis y despolimerización del almidón, luego se enfrió a 60°C y se removió la cubierta de los vasos, se enjuagó las paredes del vaso con 10 ml de agua destilada usando una pipeta, luego se añadió 100 µl de proteasa a cada muestra, se volvió a cubrir con papel aluminio y se incubó en baño maría a 60° C durante 30 min con agitación continua, esto para la solubilización de proteínas, una vez cumplido el tiempo se sacó los vasos del baño, se retiró la cubierta y se añadió 5 ml de HCL 0,561 N, se agitó y se leyó el pH, el cual debió estar en el rango 4,1 - 4,8, para esto se utilizó un equipo *HANNA HI-8417*, caso contrario se lo corrige con soluciones al 5% de HCL ó NaOH, luego se añadió 200 µl de amiloglucosidasa, se cambió la cubierta de aluminio de los vasos y se incubó en baño maría a 60° C durante 30 min con agitación constante, para hidrolizar los fragmentos de almidón a glucosa. Se añade 225 ml de ETOH al 95% precalentado a 60°C, se cubrió los vasos con papel aluminio y se dejó precipitar por 60 min, luego se filtró en un embudo Bushner al vacío con papel filtro previamente pesado, se lavó el vaso con 15 ml de etanol al 78% hasta que todas las partículas fueran transferidas al embudo de filtración, la torta de filtración se lavó con 30 ml de ETOH 95%, 30 ml de acetona y 30 ml de alcohol al 78%, los filtrados fueron secados en un crisol previamente pesado en una estufa de convección *COLE PARMER 52000-70* a 105°C durante toda la noche, con la muestra se realizó un análisis de ceniza en una mufla *THERMOLYNE 8000* a 525°C durante 5 horas, y con el duplicado un análisis de proteína en un equipo *KJELDHAL LABCONCO* usando el factor 6,25.

4.5.2. Fibra dietaria insoluble

Se pesó cada muestra por duplicado en vasos de 600 ml, se añaden 40ml de buffer pH 8,2 a cada vaso, se mezcló, se añadió 50 µL de α-amilasa termoestable, se cubrió el vaso con papel aluminio y se colocó a baño maría *VIBROTHERM LE-*

204/2 durante 35 min a 95° C con agitación continua, luego se enfrió a 60 °C y se removió la cubierta de los vasos, se enjuagó las paredes del vaso con 10 ml de agua destilada usando una pipeta, luego se añadió 100 µl de proteasa a cada muestra, se vuelve a cubrir con papel aluminio y se incubó a 60° C durante 30 min en un baño maría con agitación continua, una vez cumplido el tiempo se sacó los vasos del baño, se retiró la cubierta y se añadió 5 ml de HCL 0,561 N, se agitó y se leyó el pH en un equipo *HANNA HI-8417* el cual debe estar en el rango 4,1 - 4,8, caso contrario se corrige con soluciones al 5% de HCL ó NaOH, luego se añadió 200 µl de amiloglucosidasa, se cambió la cubierta de aluminio de los vaso y se incubó a 60° C durante 30 min en un baño maría con agitación constante, luego se filtró en un embudo Bushner al vacío con papel filtro previamente pesado, se lavó con agua destilada el vaso, la torta de filtración fue lavada con agua destilada precalentada a 70°C (esta agua residuo de la filtración se conservó para la determinación de fibra dietaria soluble), la torta de filtración se lavó con 20 ml de ETOH 95% y 20 ml de acetona, el residuo de la filtración fue secado en un crisol previamente quemado y pesado, en una estufa de convección *COLE PARMER 52000-70* a 105°C durante toda la noche, con la muestra se realizó un análisis de ceniza en una mufla *THERMOLYNE 8000* a 525°C durante 5 horas, y con el duplicado un análisis de proteína un equipo *KJELDHAL LABCONCO*, usando el factor 6,25.

4.5.3. Fibra dietaria soluble

Con el filtrado que se conservó de cada muestra en la determinación de fibra insoluble se procedió a la determinación de fibra soluble, para esto se pesó el vaso donde se recogió el filtrado y se pesó el líquido más el vaso, por diferencia se determinó el peso del líquido, se considera que el peso total del líquido equivale a los mililitros de alcohol precalentado a 60° C, este es multiplicado por cuatro y con una parte se enjuaga el vaso donde se recoge el filtrado, con esta parte de lavado y las tres restantes se colocan en la muestra para precipitar la fibra soluble para esto se esperó 60 minutos, luego la torta de filtración se lavó con 30 ml de ETOH 95%, 30 ml de acetona y 30 ml de alcohol al 78%, el residuo de la filtración fue secado en un crisol previamente pesado en una estufa de convección *COLE*

PARMER 52000-70 a 105°C durante toda la noche, con la muestra se realizó un análisis de ceniza en una mufla *THERMOLYNE 8000* a 525°C durante 5 horas, y con el duplicado un análisis de proteína un equipo *KJELDHAL LABCONCO* usando el factor 6,25.

4.6. Propiedades funcionales de la fibra dietaria.

Las propiedades funcionales de las fibras salvo la capacidad de adsorción de grasa, fueron medidas en presencia de buffer fosfato (1M, pH 6.3), para representar el pH y el efecto buffer de los alimentos naturales (Femenia et al., 1997).

4.6.1. Propiedades de hidratación

Capacidad de retención de agua (WCR)

Esta propiedad fue medida como la fracción de agua retenida por la porción insoluble de la fibra, para esto se pesó la muestra y se la suspendió en buffer fosfato por 24 horas y se la centrifugó en un equipo *DYNAC 240101*, el líquido sobrenadante se filtró para recuperar las partículas suspendidas, se pesó el filtrado más el tubo con la muestra (P1), y se secó en estufa de convección *COLE PARMER 52000-70* durante toda la noche a 102 °C, y fue pesado nuevamente (P2), esta propiedad mide la capacidad de agua asociada sólo con la matriz de fibra insoluble (Femenia et al., 1997) y su susceptibilidad al estrés debido a la fuerza centrífuga (Chen et al., 1988; Valencia and Román, 2006).

$$\%WRC = \frac{P1 - P2}{P2 - (0.028 \times (P1 - P2))}$$

Capacidad de hinchamiento (SW)

Esta propiedad fue medida como el volumen de la muestra luego del equilibrio con el solvente en exceso, para esto se pesó la muestra (P) en una probeta y se midió su volumen inicial (Vo), luego se le añadió buffer fosfato se mezcló y se midió el volumen final (Vf) de la muestra luego de alcanzar el equilibrio después de 24 horas, el resultado se expresó como ml/ g de muestra seca (Femenia et al., 1997). La SW indica la capacidad de la fibra de aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua, esta propiedad es muy interesante pues su consumo está

directamente relacionado con su capacidad de provocar una mayor sensación de saciedad (Villaroel et al., 2003).

$$SW = \frac{Vf - Vo}{P}$$

4.6.2. Capacidad de adsorción de grasa (FAC)

Esta propiedad fue medida como la capacidad de retención de aceite, la muestra se pesó (P1) y se mezcló con aceite de girasol, se dejó en reposo durante 24 horas, se centrifugó en un quipo *DYNAC 240101* y el sobrenadante se decantó y se peso nuevamente (P2), la FAC fue expresada como los gramos de aceite sobre gramo de muestra seca (Femenia et al., 1997). Esta propiedad se basa en la capacidad que poseen algunos componentes de la fibra para unirse a determinadas sustancias. Fibras solubles como la pectina e insolubles como la lignina pueden adsorber compuestos como ácidos biliares y colesterol, esto impide su disponibilidad en el intestino e incrementa su excreción, reduciéndose así los niveles de colesterol plasmático (Mendoza, 2007).

$$FAC = \frac{P2 - P1}{P1}$$

4.6.3. Solubilidad

La solubilidad fue medida en conjunción con la capacidad de retención de agua como el porcentaje de pérdida de peso en la muestra original. Se debe corregir el cálculo por la presencia del fosfato, esta propiedad está directamente relacionada con el contenido de fibra dietaria soluble (Femenia et al., 1997).

$$\%Soubilidad = \frac{\text{Peso de la muestra seca sometida al buffer} - \text{Peso de la muestra}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

4.7. Análisis de datos

El análisis de resultados se lo realizó a través de desviación estándar.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización materia prima

El lugar de cosecha y edad de la plantación influyen en el tamaño de las mazorcas del cacao, a menor edad estas serán más grandes y viceversa, esto no influye directamente en la buena calidad del cacao obtenido luego de la fermentación (Badui, 2006; Izquierdo, 2008; Rodríguez de Sindoni, 2006), mas sí en su rendimiento, pues una planta alcanza su máxima producción a los 20 años disminuyendo gradualmente hasta considerarse no rentable a los 60 años (Izquierdo, 2008; Ramírez, 2006). La diferencia de edad puede ser la razón de las diferencias existentes en el largo, ancho y peso de las mazorcas de las plantaciones Taura (25 años) y Cone (75 años) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización física de la mazorca de cacao

Sector	Largo, cm	Ancho, cm	Peso, g
Taura	16,15	8,34	658,45
Cone	14,54	6,5	489,68

n=5, fuente: el autor

Entre los dos sectores de estudio observamos que el pH se encuentra en el rango 3,52 a 3,57, acidez entre 3,35 a 3,40% y grados Brix entre 3,63 a 3,95 (Cuadro 2). La variación existente en los dos sectores puede ser atribuida al lugar de cosecha y al diferente manejo que reciben las parcelas (Fariñas et al., 2003). De acuerdo a los resultados existe una relación directa en el contenido de sólidos solubles (°Brix) y el índice de madurez (Arthey and Ashurst, 1997). Las cosecha realizada por los productores es llevada a cabo por un conocimiento empírico sobre el estado de madurez como tamaño de la mazorca o se golpean ligeramente y al estar maduras emiten un sonido hueco (Rodríguez de Sindoni, 2006) esta puede ser la razón por la cual existe una deferencia en el índice de madurez (IM) del 8,10% entre los sectores estudiados.

Cuadro 2. Acidez, pH e índice de madurez en pulpa (pulpa+testa)

Sector	pH	% Acidez	°Brix	Índice de madurez
Taura	3,52	3,40	13,43	3,95
Cone	3,57	3,35	12,18	3,63

n=5, fuente: el autor

Los resultados obtenidos en el análisis de los sectores Taura y Cone (Cuadro 2) son comparables con los valores de acidez 3,40%, 13,39 °Brix e IM de 3,93 mencionados para la variedad criollo de Venezuela como indicadores del estado óptimo de cosecha que influye directamente en la buena calidad del cacao obtenido luego de la fermentación (Fariñas et al., 2003). Se puede estimar que nuestro cacao se encuentra dentro de este rango.

5.2. Composición proximal de los residuos de cacao

Cuadro 3. Composición proximal (% BS) de los residuos de cacao

Residuo	Sector	Proteína Cruda	Cenizas	Grasa	Fibra Cruda	Extracto Libre de Nitrógeno
Cáscara	Taura	4,81	9,64	2,67	36,14	46,73
	Cone	4,85	9,56	2,57	35,66	47,36
Testa	Taura	18,45	8,56	2,35	23,10	47,55
	Cone	18,58	7,95	2,41	23,19	47,87
Mucílago	Taura	6,70	9,20	2,36	0,48	81,27
	Cone	6,76	9,32	2,33	0,45	81,14

n=5, fuente: el autor

En la cáscara, entre los dos sectores la fibra cruda (FC) y el extracto libre de nitrógeno (ELN) no presentan mayor variación entre sectores, similar ocurre en testa y mucílago (Cuadro 3). A partir de estos resultados se puede decir que los residuos son comparables entre sectores. El residuo con la mayor cantidad de FC es la cáscara, seguido por la testa y finalmente el mucílago. En cuanto a ELN el mucílago tiene el contenido más alto debido a su elevada concentración de azúcares (Rodríguez de Sindoni, 2006), seguido por la cáscara y la testa. Según estudios realizados en el Ecuador en la cáscara se reportan valores FC 30,05% y

ELN 52,82% (Bermúdez et al., 2002); y en la testa se reportan valores de FC 20% y ELN 48,5% (Murillo and Jara, 2006). De estos datos y los valores obtenidos en esta investigación se estima que las composiciones proximales son comparables a las de nuestros residuos.

5.3. Contenido de fibra dietaria en residuos de cacao

Cuadro 4. Contenido de fibra dietaria en residuos de cacao g/100g BS

Residuo	Sector	Fibra Dietaria Total	Fibra Insoluble FDI	Fibra soluble FDS	Relación FDI/FDS
Cáscara	Taura	64,09 ± 0,48	60,79 ± 0,82	3,30 ± 0,04	18,4:1
	Cone	64,92 ± 0,31	59,74 ± 0,42	4,74 ± 0,10	13,2:1
Testa	Taura	66,33 ± 0,23	49,09 ± 0,09	16,91 ± 0,13	2,9:1
	Cone	61,44 ± 0,13	41,92 ± 0,19	19,14 ± 0,07	2,2:1
Mucílago	Taura	20,52 ± 0,13	0,84 ± 0,30	19,67 ± 0,18	0,04:1
	Cone	20,48 ± 0,26	0,95 ± 0,30	16,57 ± 0,19	0,05:1

n=5, fuente: el autor

El análisis de fibra dietaria total (FDT) de los residuos de cacao indica que estos se encuentran entre el rango de 20,48 a 66,33%. La cáscara tiene el mayor contenido de FDT, el segundo residuo en contenido es la testa, seguido del mucílago (Cuadro 4). Este orden presentado por los residuos estudiados y sus fracciones, afectan la relación FDI/FDS, esto responde a que esta relación de fibra está influenciada por la ubicación del tejido en el fruto, decrece en función de la localización de estos, siendo menor en la parte interna aumentando gradualmente hacia al exterior (testa, cáscara), de la misma manera ocurre con el contenido de FDT (Jaime et al., 2002). Los resultados obtenidos en esta investigación para la testa son superiores a los obtenidos en un producto comercial patentado a base de este residuo (43.50% FDT) (Casanovas, 1997).

Las diferencias de FDT existentes en cáscara y testa entre sus fracciones soluble e insoluble entre sectores (Cuadro 4), pueden ser atribuidas a las diferencias de condiciones de crecimiento, a la edad de los cultivos y factor ambiente, este ultimo afectando significativamente la composición bioquímica de la mazorca y grano de

cacao (Figuerola et al., 2005; Rodríguez de Sindoni, 2006); además el porcentaje de celulosa y de lignina aumenta con la maduración, lo contrario ocurre con la hemicelulosa y pectina (Márquez, 2009). La diferencia más notoria está en la testa entre fracción soluble e insoluble, esto puede ser atribuido a que el grano al ser sometido a un proceso de fermentación en el cual la madurez juega un rol fundamental en el producto final (Fariñas et al., 2003), probablemente no se llevó a cabo de manera similar entre los dos sectores, ya que el sustrato pudo no haber sido atacado de la misma manera por las bacterias y levaduras que intervienen en este proceso (Rodríguez de Sindoni, 2006) dejando así remanentes de mucílago en la testa que influirían en la determinación de fibra.

El contenido de fibra dietaria obtenido en cáscara y testa son similares a los obtenidos en frutas cítricas y pomáceas como la toronja *Ruby*, el limón *Fino 49* y las manzanas como *Royal Gala* y *Granny Smith*, cuyo contenido de FDT se encuentra en el rango de 56,0 a 63,9% (Figuerola et al., 2005); más bajo que los valores presentados por la cáscara de piña, el musgo *Sphagnum magellanicum* y concentrados comerciales de trigo y avena (rango FDT 70,06 a 98,4%) (Larrauri et al., 1997; Valencia and Román, 2006; Villaroel et al., 2003), pero más alto que los valores reportados para harina de piña y leguminosas como: soya, arveja amarilla y frijol blanco (rango FDT 11,57 a 25,13%) (Ramirez and Pacheco, 2009). El contenido de fibra dietaria del mucílago se encuentra dentro de los alimentos reportados anteriormente con el contenido más bajo de FDT. Los alimentos naturales deshidratados que poseen más del 60% de FDT se pueden considerar fuentes ricas en fibra dietaria (Figuerola et al., 2005), tanto la testa como la cáscara se encuentran dentro de este rango a excepción del mucílago.

En los residuos estudiados se encontraron relaciones diferentes de FDI/FDS, con un rango entre 0,04:1 mucílago, 2,5:1 testa y 18,4:1 cáscara. La relación FDI/FDS más alta en cuanto a su fracción insoluble la presentó la cáscara, esto se puede deber a que este residuo incluye la piel del fruto y esta se encuentra formada principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina (Jaime et al., 2002), seguida por la testa y la más baja fue del mucílago, el cual tiene el contenido más alto de fibra dietaria soluble que corresponde al 95,4% de la FDT. Considerando el rango en el

que se encuentra la relación FDI/FDS de los residuos analizados en la presente trabajo y que en investigaciones similares se considera las relaciones 1:1 como excelente y 2:1 y 2,3:1 como buen balance de FDT para su uso directo como ingrediente en alimentos (Figuerola et al., 2005; Sánchez Guzmán, 2005), se estima que tanto la cáscara como el mucílago no cumplen esta condición, a excepción de la testa con un balance entre 2,2:1 a 2,9:1. Sin embargo el mucílago debido a su alto contenido de fibra soluble y teniendo en cuenta que el 75% de la fibra dietaria presente en los alimentos se encuentra en modalidad insoluble (Dreher, 2001), se puede decir que es una buena fuente de fibra soluble.

5.4. Determinación de propiedades funcionales

En el caso del mucílago no se realizó el estudio de las propiedades funcionales pues no fue posible conseguir el rango de tamaño de partícula deseado comprendido entre 220 - 640 μm , debido a la consistencia de la muestra.

Cuadro 5. Propiedades funcionales (BS) de residuos cáscara y testa

Residuo	Sector	Capacidad de adsorción de grasa FAC (g/g)	Capacidad de retención de agua WRC(g/g)	Capacidad de hinchamiento SW(ml/g)	Solubilidad %
Cáscara	Taura	1,18 \pm 0,07	5,81 \pm 0,23	5,70 \pm 0,23	43,10 \pm 0,87
	Cone	1,20 \pm 0,09	5,86 \pm 0,19	5,81 \pm 0,09	42,96 \pm 1,14
Testa	Taura	1,30 \pm 0,15	4,63 \pm 0,20	3,87 \pm 0,14	43,18 \pm 1,44
	Cone	1,24 \pm 0,06	4,72 \pm 0,16	3,68 \pm 0,35	42,82 \pm 1,31

n=5, fuente: el autor

Las propiedades funcionales, incluyendo las propiedades de hidratación de las fibras fueron comparadas con los trabajos de Femenia et al. (1997), Figuerola et al. (2002) y Sánchez Guzmán, B. S. (2005), pues fueron medidas en las mismas condiciones que nuestro trabajo, en presencia de buffer fosfato 1M (pH 6.3).

En la cáscara, entre los dos sectores de estudio los resultados presentan valores cercanos, con mínimas diferencias entre ellos tanto para capacidad de adsorción de

grasa (FAC), capacidad de retención de agua (WRC), capacidad de hinchamiento (SW) y Solubilidad; similar ocurre con la testa (cuadro 5). De estos resultados se estima que los valores de las propiedades funcionales de cada residuo son comparables entre sectores.

La capacidad de adsorción de grasa (FAC) depende de la densidad, espesor y naturaleza hidrófoba de las partículas de la fibra (Femenia et al., 1997). La FAC es mayor en la testa, seguida de la cáscara. En ambos residuos es inferior a lo que se ha determinado en frutas y vegetales (< 2 g/g). Considerando estos datos se puede decir que esta propiedad es baja tanto en cáscara (rango de 1,18 a 1,20 g/g) como en testa (rango de 1,20 a 1,24 g/g).

La capacidad de retención de agua WRC es mayor en la cáscara, seguida de la testa (Cuadro 4). Una alta capacidad oscila entre 10-12 g/g (Sánchez Guzmán, 2005) a partir de nuestros resultados se puede inferir que esta propiedad es baja tanto en cáscara (5,81 a 5,86 g/g) como en testa (4,63 a 4,72 g/g), pero mayor al de frutas fuentes de fibra como la toronja *Ruby*, limón *Eureka*, naranja *Valencia* y limón *Fino 49* cuya WRC se encuentra en el rango de 1,65 a 2,09 g/g (Figuerola et al., 2005).

Para la capacidad de hinchamiento (SW), el mejor resultado se observa en la cáscara (5,70 a 5,81 ml/g), seguida por la testa (3,68 a 3,87 ml/g), para ambos residuos los datos reportados son inferiores a los obtenidos en distintas frutas fuentes de fibra dietaria como la toronja *Marsh* y variedades de manzana como *Royal Gala*, *Granny Smith* & *Liberty* cuya SW se encuentra en el rango de 6,59 a 8,27 ml/g (Figuerola et al., 2005) y al de vegetales como concentrados fibrosos de coliflor tratados a 40°C (flósculo 16,9 y tallo 17,5 ml/g) (Femenia et al., 1997). Estas propiedades de hidratación difieren entre los distintos concentrados de fibra estudiados debido a que estas están ligadas a características de las partículas como: tamaño, porosidad, capilaridad y tipo de estructura de las fibras que son específicas de cada compuesto (Figuerola et al., 2005; Villaroel et al., 2003).

En cuanto a solubilidad este valor está en un rango de 42,96 a 43,10% para cáscara y 42,82 a 43,18% para testa.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

- La cáscara y la testa por su contenido son buenas fuentes de fibra dietaria insoluble, mientras que el mucílago es una buena fuente de fibra dietaria soluble.
- El residuo de cacao con la mejor relación FDI:FDS es la testa (2,2:1 a 2,9:1), ideal para uso como ingrediente directo en la formulación de alimentos.
- Los valores que presenta la fibra de la cáscara y la testa de cacao en las propiedades funcionales como capacidad de retención de agua (WRC) y capacidad de adsorción de grasa (FAC), son inferiores a los rangos establecidos para valorar la fibra como de alta WRC y FAC.

CAPÍTULO 7: RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda trabajar con un método de conservación como atomización, en el caso del mucílago, para obtener un tamaño de partícula adecuado y así determinar sus propiedades funcionales.
- Se recomienda establecer diferentes tiempos de secado para cada producto individualmente, con la finalidad de estandarizar el rango de humedad de los deshidratados, para así homogenizar las condiciones de trabajo y optimizar recursos.
- Se recomienda realizar estudios para mejorar la relación FDI/FDS y propiedades funcionales en la cáscara y mucílago, ya sea utilizando una mezcla entre ellos, o por acción de métodos físicos, químicos y enzimáticos.
- Se podría realizar investigaciones relacionando el tamaño de partícula de los residuos con la mejora de las propiedades funcionales, y como afectan estas a las características reológicas y organolépticas de los alimentos en que han sido añadidos.
- En el residuo con la mejor relación de fibra dietaria total (testa), se podrían hacer estudios que agreguen valor a la fibra para su uso potencial en alimentos, como la determinación de polifenoles, asociados a la capacidad antioxidante.

CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez E.E., Sánchez P.G. (2006) La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, Unidad de Dietética y Nutrición. Hospital La Fuenfría. Madrid. 21:61-72.
- Alvídrez Morales A., González Martínez B.E., Jiménez Salas Z. (2002) Tendencias En La Producción De Alimentos: Alimentos Funcionales RESPYN Vol. 3.
- Arthey, Ashurst. (1997) *Procesado de Frutas* Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Badui S. (2006) *Química de los alimentos*. 4ª Ed ed. Editorial Universidad Alambra, México DF.
- Barazarte H., Sangronis E., Unai E. (2008) La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): una posible fuente comercial de pectinas. *ALAN* 58:9.
- Bermúdez R., Sevilla I.R., Fernández C.D., Oduardo N.G., Manrique C.E.M. (2002) Fermentación sólida de la cáscara de cacao por *Pleurotus* SP *Tecnología Química XXII*:1-6.
- Cáceres P., Moncayo Y. (2007) Caracterización físico-química del fruto toronche (*Vasconcellea stipulata* y *Vasconcellea heilbornii* var. *Guizaguiña*) nativas de la provincia de Loja y estudio Tecnológico para la elaboración de mermelada y fruta en almibar", Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, Universidad Técnica Particular de Loja, Loja. pp. 1-86.
- Casanovas J.R. (1997) Nuevo producto de fibra de cacao a base de cáscara de cacao tostada, in: S. A. Moner y Llacuna (Ed.), *Oficina Española de Patentes y Marcas*, España.
- Castillo Olivares H.N., Hernández C.G., Herrera Martínez E.L., Pérez Yescas W.B., Sánchez López E.G., Zúñiga Martín J.A. (2004) "Planta Procesadora De Fibra Dietaria Con Alto Porcentaje De Fibra Soluble (20%) A Partir De Bagazo De Manzana, Nopal Y Salvado De Trigo", *Ingeniería en Alimentos*, Universidad Autónoma Metropolitana Ciencias Biológicas Y De La Salud Unidad Iztapalapa, Mexico D.F. pp. 170.
- Chen H., Rubenthaler G.L., Leung H.K., Baranowski J.D. (1988) Chemical, Physical, and Baking Properties of Apple Fiber Compared with Wheat and Oat Bran. *Cereal Chem* Vol. 65:Pag. 244-247.
- Cho S.S., Dreher M.L. (2001) (Ed.)^(Eds.) *Handbook of Dietary Fiber Food Science and Technology*, New York. pp. Pages.
- Dreher M.L. (2001) (Ed.)^(Eds.) *Handbook of Dietary Fiber Food Science and Technology*, New York. pp. Pages.
- Fariñas L.G.d., Bertorelli L.O.d., Parra P. (2003) Características químicas de la semilla de diferentes tipos de Cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Tropical* Vol.1.
- Femenia A., A. C. Lefevre, J. Y. Thebaudin, J. A. Robertson, Bourgeois C.M. (1997) Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with Cauliflower Fiber. *Journal of Food Science* 62:635-639.
- Figuerola F., Hurtado M., Estevez A., Chiffelle I. (2005) Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91:395-401.
- Fischer J. (2002) *Functional Properties of Herbacel AQ Plus Fruit Fibres*, Herbafood, Dublin. pp. 2.
- Gelves L.D. (2009) *Cacao Cáscara, Composición Nutricional*, Mundo Pecuario, Venezuela.

- Girón C., Tortolero J. (1996) Evaluación preliminar de lombricompost de cacao en el crecimiento de plantas de cacao en vivero. FONAIAP Vol. 1:215-219.
- Hipsley E.H. (1953) Dietary "Fibre" and Pregnancy Toxaemia. PubMed Vol. 2:420–422.
- Horwitz W., Latimer G.W. (2005) Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 18Th ed. The Scientific Association Dedicated to Analytical Excellence.
- Izquierdo L. (2008) Información Transmar Ecuador, Guayaquil. pp. 1.
- J. W. Devries L.P., B. Li, and S. Cho. (1999) A Historical Perspective on Defining Dietary Fiber. Cereal Foods World Vol. 44:367-369.
- Jaime L., Mollá E., Fernández A., Martín-Cabrejas M.A., López-Andréu F.J., Esteban R.M. (2002) Structural Carbohydrate Differences and Potential Source of Dietary Fiber of Onion (*Allium cepa* L.) Tissues. J. Agric. Food Chem. Vol. 50:122-128.
- Larrauri L., Rupérez P., Calixto F.S. (1997) Pineapple Shell as a Source of Dietary Fiber with Associated Polyphenols. J. Agric. Food Chem. Vol.45.
- Márquez L.R. (2009) La Fibra Terapéutica, in: MADAUS (Ed.), The Therapeutic Fiber, MADAUS, Barcelona.
- Mendoza N.P. (2007) Obtención de Fibra Dietética a Partir de Sáculos de Naranja aplicando un Tratamiento con Vapor, Universidad Tecnológica de la Mixteca, OAXACA. pp. 63.
- Moreno Rojas R. (2000) Nutrición y Dietética para Tecnólogos de alimentos Ediciones Diaz de Santos, S.A., Madrid.
- Morón C., Zacarias I., Pablo S.d. (1997) Producción y Manejo de Datos de Composición Química de Alimentos en Nutrición. Deposito de Documentos de la FAO:Capítulo 16.
- Moulay L., Sniderman Z., Ibarra A., Martí Bartual V. (2006) Method of Preparing a Highly-Soluble Cocoa Extract, WIPO, Barcelona.
- Murillo I., Jara M.Q. (2006) Evaluación de 2 Dietas Experimentales con Diferentes Niveles de Cascarina de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en las Fases de Crecimiento y Acabado de Cuyes (*Cavia porcellus* L.) de Raza Andina. ESPOL 1:1-6.
- Nájera L., Gómez Álvarez R., Hernández Daumás S., Álvarez Solís J.D., Palma López D.J. (2005) Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los Altos de Chiapas, . Universidad y Ciencia, Tropic Humedo. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco Vol. 22.
- Nicaragua G.d. (2002) Norma de Procedimientos Para Muestreo de Productos Vegetales NTON 17002-02, Comisión Nacional de Normalización Técnica y de Calidad Ministerio de Fomento, Industria y Comercio, Nicaragua. pp. 1/17.
- Pak D. N. (2000) La Fibra Dietética en la Alimentación Humana, Importancia en la Salud. Anales de la Universidad de Chile. N° 11.
- Ramírez A., Pacheco E. (2009) Propiedades Funcionales de Harinas Altas en Fibra Dietéticas Obtenidas de Piña, Guayaba y Guanábana. Interciencia Vol. 34:6.
- Ramírez P. (2006) Estructura y Dinámica de la Cadena de Cacao en el Ecuador: Sistematización de Información y Procesos en Marcha, Ecuador Cacao Arriba, Quito. pp. 72.

- Rodríguez de Sindoni N. (2006) Beneficio del Cacao (*Theobroma cacao* L.). Facultad de Agronomía de la U.C.V. Departamento e Instituto de Agronomía.
- Salazar G.P.-R.D.L.V. (2008) Análisis y Diseño de Experimentos, in Análisis y Diseño de Experimentos, Mexico.
- Salazar Y., Crescente O. (2001) Aprovechamiento de la cáscara de cacao en la elaboración de jabones. Fundacite Sucre Vol. 1.
- Sánchez Guzmán B.S. (2005) Caracterización Fisicoquímica y Funcional de la Fibra Dietética del Fruto del Níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la Cáscara de Mango Obo (*Mangifera indica* L). Instituto de Agroindustrias, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca. pp. 76.
- Santos M.H.S. (2004) Dieta Mediterránea y Alimentos Funcionales: Seguridad Alimentaria UPV, Valencia.
- Soto A. D., Wittig de P E., Guerrero L., Garrido F., Fuenzalida R. (2006) Alimentos Funcionales: Comportamiento Del Consumidor Chileno. SciELO, Revista chilena de nutrición Vol.33.
- Tamayo Y., Bermúdez A.S. (1998) Los residuos vegetales de la industria de jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2:181-189.
- Valencia F., Román M. (2006) Caracterización Fisicoquímica y Funcional de Tres Concentrados Comerciales de Fibra Dietaria. VITAE, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica Vol. 13:pag. 54-60.
- Valenzuela A., Maiz A. (2006) El Rol de la Fibra Dietética en la Nutrición Enteral. SciELO, Revista Chilena de Nutrición Vol. 33:Pag. 342-351.
- Verástegui J. (2009) Alimentos Funcionales promisorios a partir de la biodiversidad latinoamericana, Desafíos de la nutrición para la industria de cereales, Buenos Aires.
- Villaroel M., Acevedo C., Yáñez E., Biolley E. (2003) Propiedades Funcionales de la Fibra del Musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la Formulación de Productos de Panadería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición vol. 53:Pag.1-8.

ANEXOS

Anexo 1. Diagramas

Diagrama 1. Preparación de las muestras

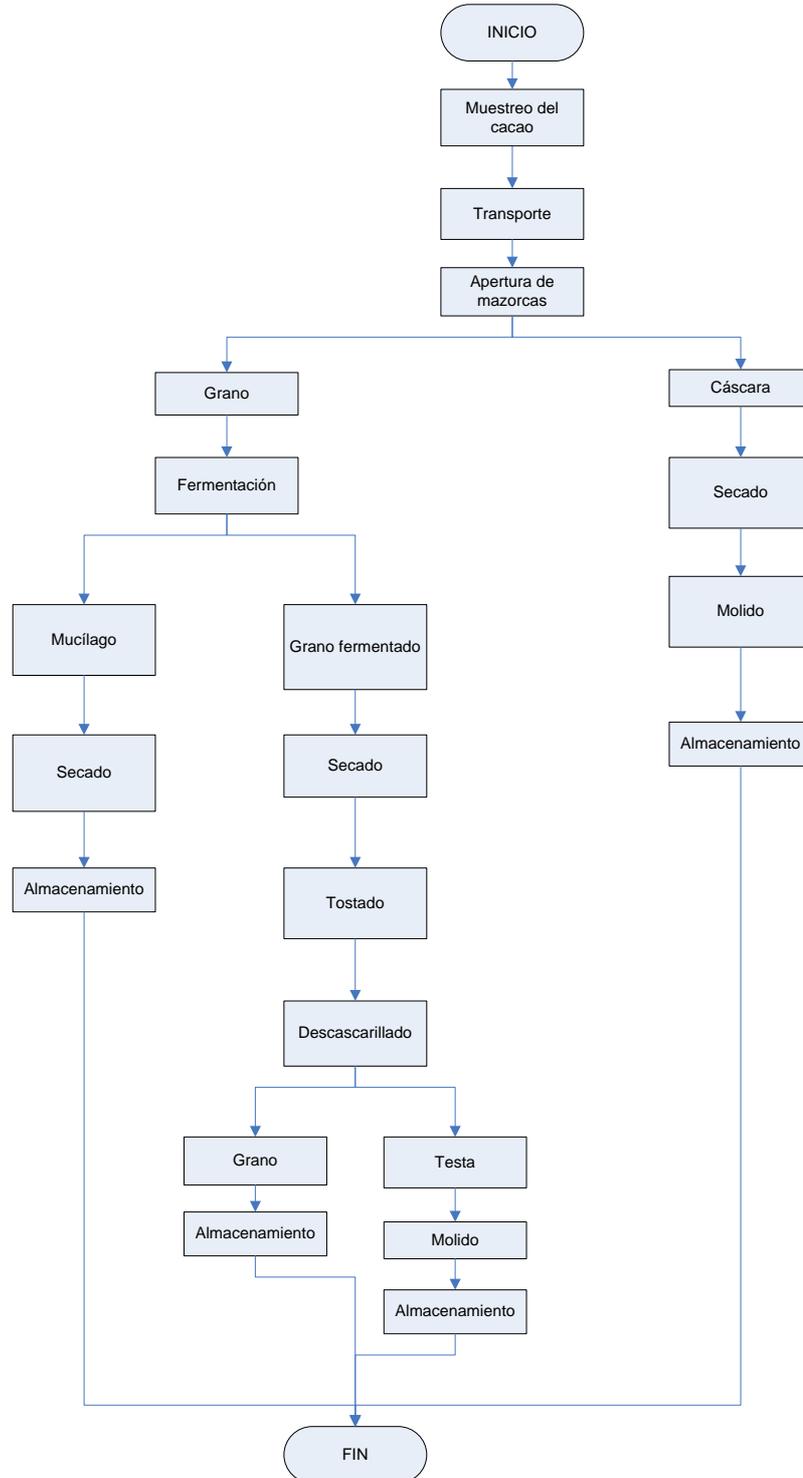


Diagrama 2. Fermentación del Grano

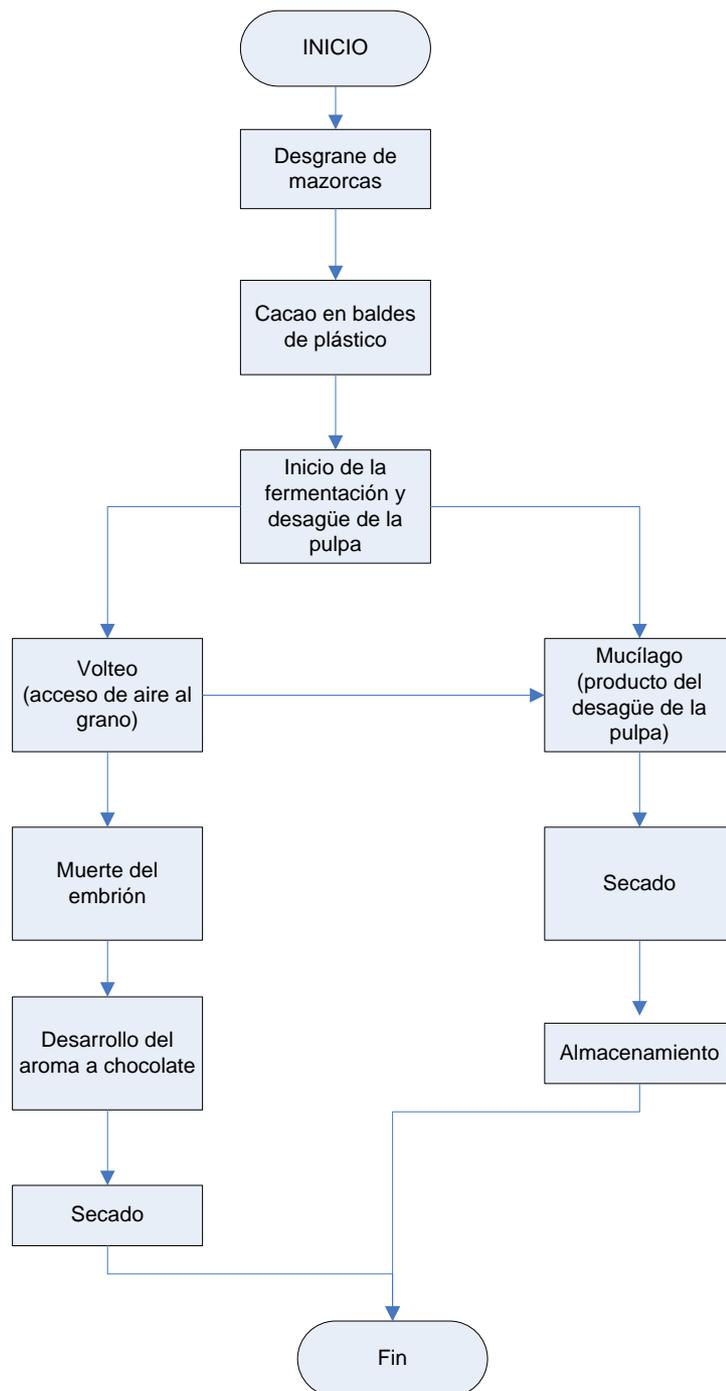


Diagrama 3. Análisis de fibra dietaria total

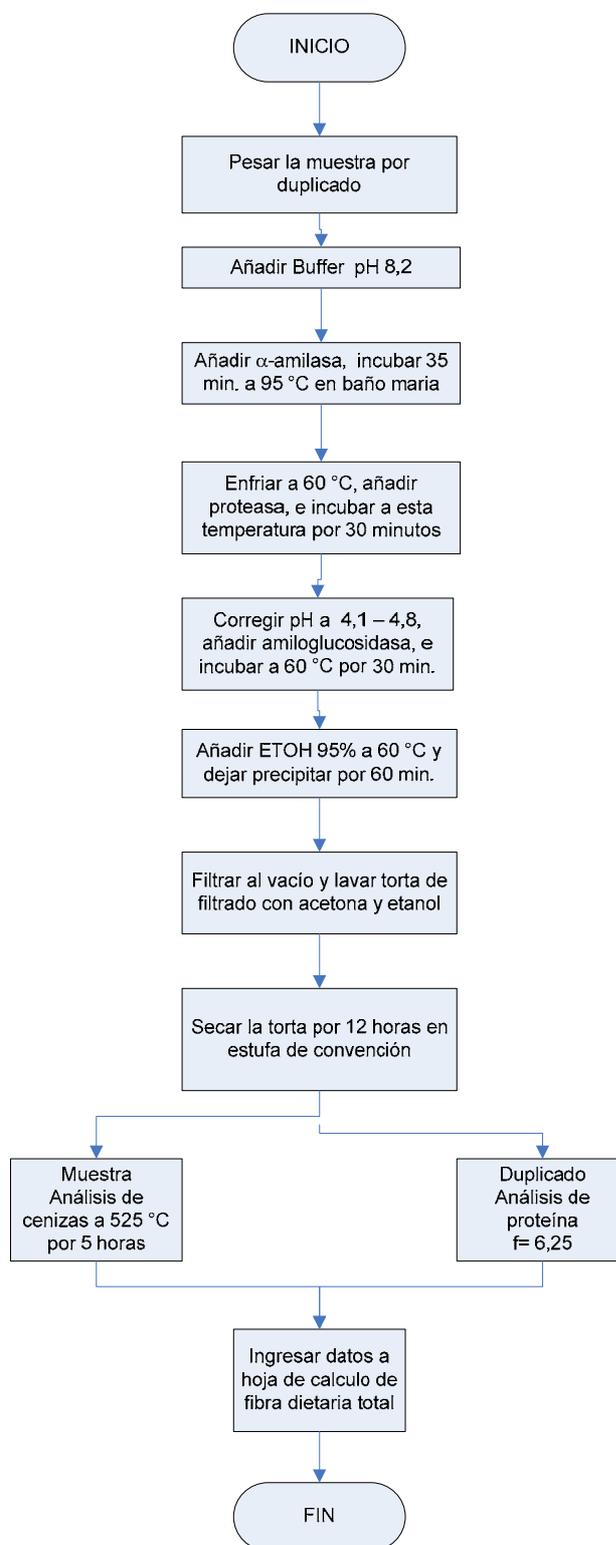


Diagrama 4. Análisis de fibra dietaria insoluble y soluble

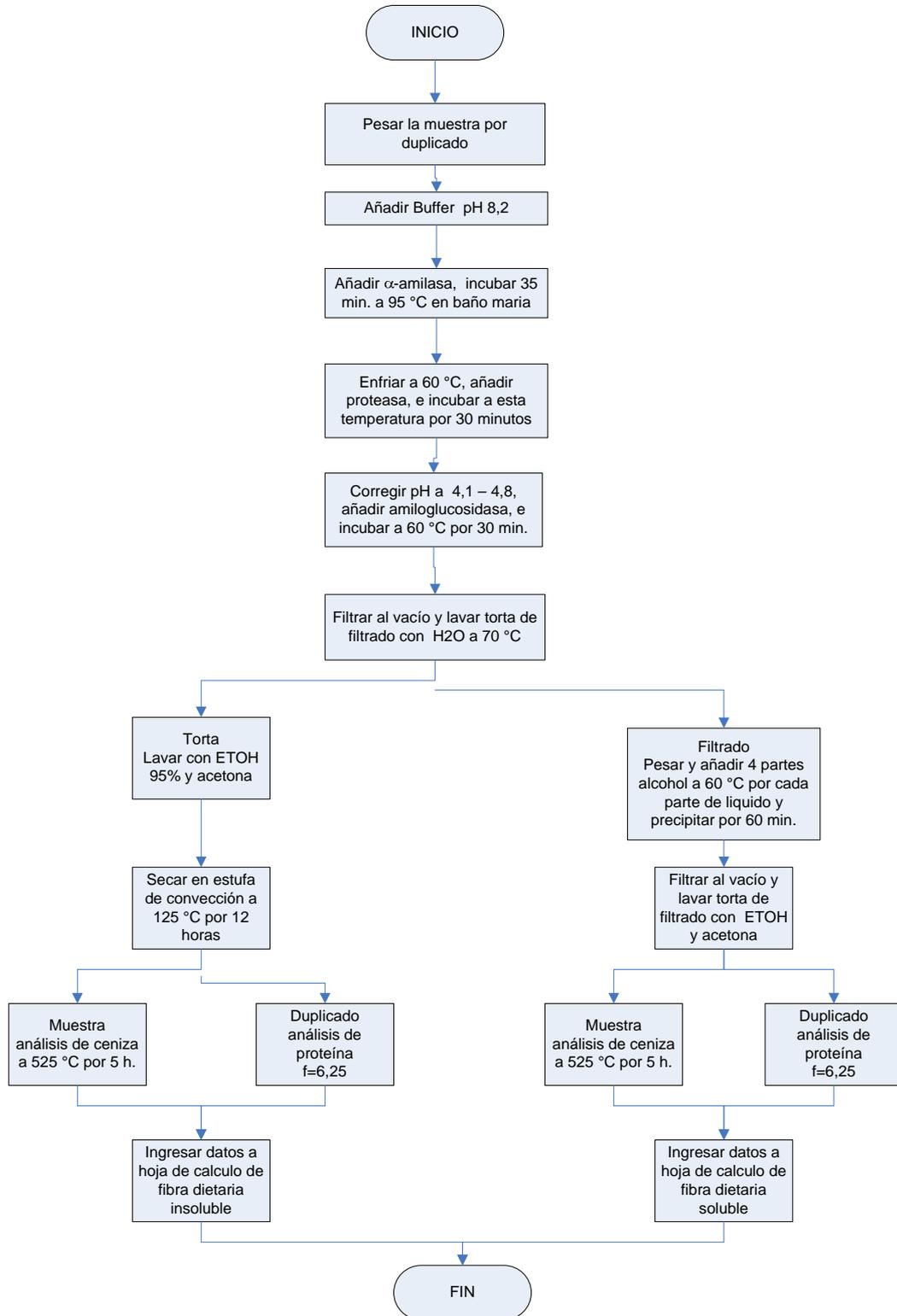


Diagrama 5. Determinación de capacidad de adsorción de grasa (FAC)

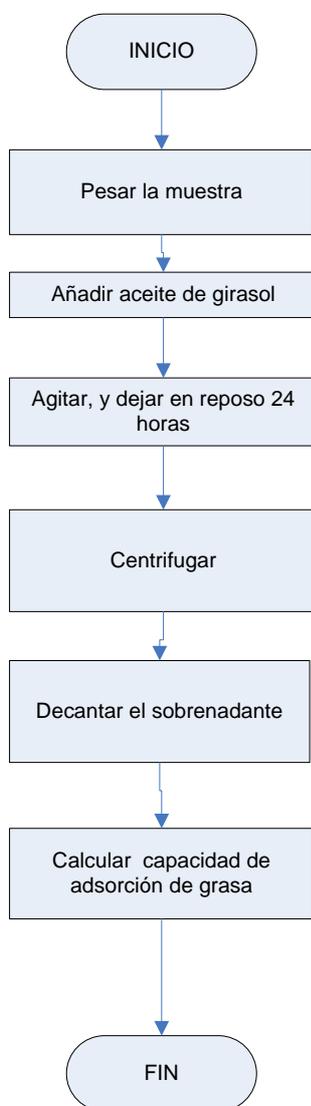


Diagrama 6. Determinación de capacidad de retención de agua (WRC)

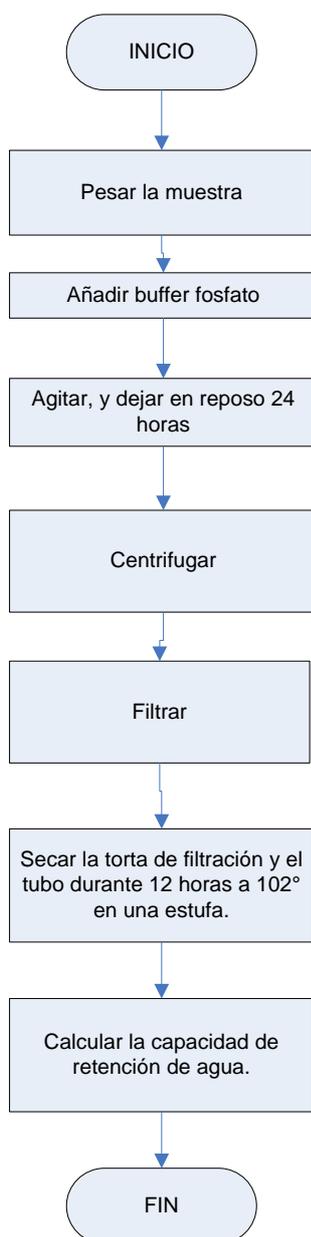
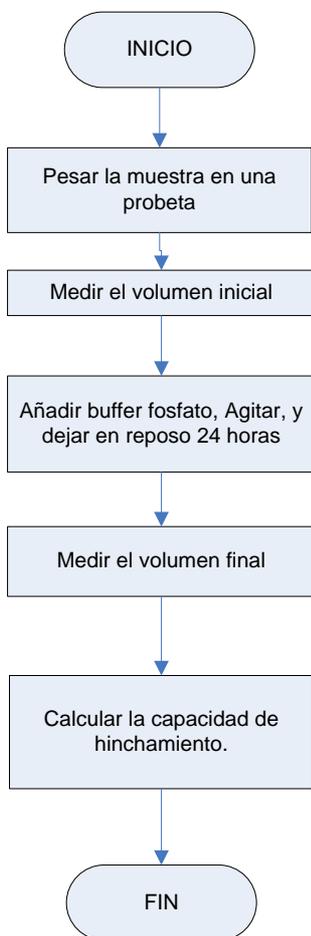


Diagrama 7. Determinación de capacidad de hinchamiento (SW)



Anexo 2. Tablas

Tabla 1. Composición proximal de los residuos de cacao

Residuo	Humedad %	Proteína %	Cenizas %	Extracto etéreo %	Fibra Cruda %	ELN %
Cáscara S1	6,53	4,5	9,01	2,5	33,78	43,68
Cáscara S2	6,72	4,52	8,92	2,4	33,26	44,18
Cascarilla S1	7,31	17,1	7,93	2,18	21,41	44,07
cascarilla S2	7,8	17,13	7,33	2,22	21,38	44,14
Mucilago S1	9,64	6,05	8,31	2,13	0,43	73,44
Mucilago S2	9,27	6,13	8,46	2,11	0,41	73,62

S1: Taura, S2: Cone, ELN: extracto libre de nitrógeno, fuente: el autor

Tabla 2. Fibra dietaria total de la cáscara

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco) (g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco) (g)	Almidón (g/L)	FD (BH) % w/w	Humedad residuo % w/w	FD (BS) % w/w	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)								
1 M1S1C	1,0002	1,0001	0,78972	0,7843	0,072138414	0,08403	0,02733	60,34	6,58	64,59		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
2 M2S1C	1,0002	1,0001	0,78933	0,7899	0,073053946	0,08908	0,02733	60,01	6,46	64,15		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
3 M3S1C	1,0002	1,0001	0,78843	0,785	0,072398944	0,08714	0,02733	59,98	6,70	64,28		0,48
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
4 M4S1C	1,0003	1,0003	0,78228	0,788	0,072967103	0,09196	0,02733	59,27	6,36	63,29		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
5 M5S1C	1	1,0002	0,78229	0,7927	0,0723121	0,08857	0,02733	59,92	6,56	64,13		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
6 M1S2C	1,0002	1,0002	0,75879	0,7609	0,040403696	0,08735	0,02733	60,46	6,62	64,75		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
7 M2S2C	1,0001	1,0003	0,76972	0,761	0,041136038	0,09222	0,02733	60,45	6,79	64,86		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
8 M3S2C	0,9999	1,0004	0,76432	0,7609	0,03205157	0,09521	0,02733	60,79	6,99	65,36		0,31
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
9 M4S2C	1,0004	1,0002	0,76557	0,7644	0,034490539	0,0956	0,02733	60,74	6,68	65,08		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						
10 M5S2C	1,0002	1,0003	0,7616	0,7663	0,042232385	0,09079	0,02733	60,34	6,55	64,57		
			0,03065	0,0243	0	0,00014						

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 3. Fibra dietaria soluble de la cáscara

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína	Ceniza	Almidón (g/L)	FD (BH)	Humedad residuo		FD (BS)	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)					P (muestra) or BP (blanco) (g)	A (muestra) or BA (blanco) (g)			
1 M1S1C	1,002	1,003	0,0994	0,11313	0,015950471	0,03863	0,02072	3,09	6,58	3,31			
			0,0303	0,01114	0	0							
2 M2S1C	1,004	1,002	0,1012	0,11511	0,016952847	0,03961	0,02072	3,08	6,46	3,29			
			0,0303	0,01114	0	0							
3 M3S1C	1,003	1,004	0,102	0,10878	0,016362627	0,03698	0,02072	3,12	6,70	3,35			
			0,0303	0,01114	0	0						3,30	0,04
4 M4S1C	1,002	1,004	0,0992	0,10965	0,015990216	0,03735	0,02072	3,03	6,36	3,23			
			0,0303	0,01114	0	0							
5 M5S1C	1,004	1,004	0,0998	0,1138	0,015950471	0,03889	0,02072	3,11	6,56	3,33			
			0,0303	0,01114	0	0							
6 M1S2C	1,004	1,001	0,0982	0,0993	0,009368057	0,025	0,02072	4,36	6,62	4,66			
			0,0303	0,01114	0	0							
7 M2S2C	1,004	1,004	0,0993	0,12377	0,007931464	0,03757	0,02072	4,51	6,79	4,84			
			0,0303	0,01114	0	0							
8 M3S2C	1,002	1,003	0,0959	0,12488	0,006187242	0,03828	0,02072	4,51	6,99	4,85			
			0,0303	0,01114	0	0							
9 M4S2C	1,004	1,004	0,0996	0,12359	0,010023059	0,03729	0,02072	4,34	6,68	4,65			
			0,0303	0,01114	0	0							
10 M5S2C	1,002	1,004	0,0974	0,1249	0,009020683	0,0376	0,02072	4,37	6,55	4,67			
			0,0303	0,01114	0	0							

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 4. Fibra dietaria insoluble de la cáscara

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco) (g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco) (g)	Almidón (g/L) Blanco	FD (BH) % w/w	Humedad residuo % w/w	FD (BS) % w/w	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)								
1 M1S1C	Muestra 1,002	1,003	0,7575	0,65343	0,059226323	0,03104	0,04667	56,71	6,58	60,71		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
2 M2S1C	Muestra 1,004	1,002	0,7537	0,65638	0,060228699	0,02958	0,04667	56,69	6,46	60,60		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
3 M3S1C	Muestra 1,003	1,004	0,7553	0,63245	0,058223947	0,03135	0,04667	55,57	6,70	59,56	60,79	0,82
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
4 M4S1C	Muestra 1,002	1,004	0,77555	0,6535	0,058310791	0,0301	0,04667	57,77	6,36	61,69		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
5 M5S1C	Muestra 1,004	1,004	0,77554	0,65577	0,060868994	0,03227	0,04667	57,36	6,56	61,38		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
6 M1S2C	Muestra 1,004	1,001	0,6963	0,6684	0,034995614	0,038	0,04667	56,13	6,62	60,11		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
7 M2S2C	Muestra 1,004	1,004	0,6958	0,66841	0,038002742	0,03611	0,04667	55,91	6,79	59,98		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
8 M3S2C	Muestra 1,002	1,003	0,6947	0,66421	0,039091961	0,03921	0,04667	55,31	6,99	59,47	59,74	0,42
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
9 M4S2C	Muestra 1,004	1,004	0,6953	0,66686	0,040094337	0,04026	0,04667	55,18	6,68	59,13		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						
10 M5S2C	Muestra 1,002	1,004	0,6951	0,66792	0,038176429	0,03412	0,04667	56,09	6,55	60,01		
	Blanco		0,0906	0,00274	0	0						

S1: Taura, S2: Cone; BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 5. Fibra dietaria total de la testa

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco) (g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco) (g)	Almidón (g/L)	FD (BH) % w/w	Humedad residuo		media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)					% w/w	% w/w		
1 M1S1T	0,9998	1,0001	0,7985	0,80143	0,07535118	0,08396	0,02747	61,32	7,36	66,19		
			0,0243	0,03065	0	0						
2 M2S1T	1,0004	1,0004	0,7735	0,82788	0,07312564	0,08597	0,02747	61,39	7,25	66,18		
			0,0243	0,03065	0	0						
3 M3S1T	1,0005	1,0003	0,7643	0,84525	0,07264433	0,08844	0,02747	61,60	7,35	66,48		
			0,0243	0,03065	0	0					66,33	0,23
4 M4S1T	1,0006	1,0005	0,7936	0,8108	0,07535118	0,08497	0,02747	61,41	7,14	66,13		
			0,0243	0,03065	0	0						
5 M5S1T	1,0002	1,0002	0,7778	0,83471	0,07434881	0,08744	0,02747	61,69	7,46	66,56		
			0,0243	0,03065	0	0						
6 M1S2T	1,0023	1,0026	0,76133	0,71552	0,07640906	0,0763	0,01896	56,54	7,93	61,41		
			0,0372	0,00071	0	0						
7 M2S2T	1,0022	1,0009	0,76199	0,71685	0,07831751	0,07534	0,01896	56,59	7,91	61,45		
			0,0372	0,00071	0	0						
8 M3S2T	1,0026	1,0006	0,76154	0,71724	0,07727487	0,07565	0,01896	56,66	7,61	61,33		
			0,0372	0,00071	0	0					61,44	0,13
9 M4S2T	1,0031	1,0029	0,7693	0,71893	0,07867119	0,07703	0,01896	56,78	7,94	61,67		
			0,0372	0,00071	0	0						
10 M5S2T	1,0029	1,0015	0,7683	0,71429	0,07927174	0,07492	0,01896	56,69	7,62	61,37		
			0,0372	0,00071	0	0						

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 6. Fibra dietaria soluble de la testa

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco)(g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco)(g)	Almidón (g/L)	FD (BH) % w/w	Humedad residuo % w/w	FD (BS)		media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco)(g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco)(g)						% w/w	% w/w		
1 M1S1T	1,002	1,004	0,2293	0,24306	0,01071781	0,04732	0,02072	15,70	7,36	16,94			
			0,0303	0,01114	0	0							
2 M2S1T	1,002	1,004	0,2278	0,24156	0,00993622	0,04799	0,02072	15,56	7,25	16,77			
			0,0303	0,01114	0	0							
3 M3S1T	1,004	1,004	0,228	0,2408	0,00893384	0,04859	0,02072	15,55	7,35	16,79	16,91	0,13	
			0,0303	0,01114	0	0							
4 M4S1T	1,004	1,003	0,2266	0,24389	0,00810515	0,04839	0,02072	15,75	7,14	16,96			
			0,0303	0,01114	0	0							
5 M5S1T	1,001	1,004	0,2276	0,2436	0,00819199	0,04821	0,02072	15,81	7,46	17,08			
			0,0303	0,01114	0	0							
6 M1S2T	1,0024	1,0015	0,2343	0,33404	0,01542696	0,06111	0,03062	17,67	7,93	19,19			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
7 M2S2T	1,0037	1,0013	0,25723	0,29874	0,01724699	0,05365	0,03062	17,60	7,91	19,11			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
8 M3S2T	1,0032	1,0017	0,24701	0,30819	0,01620435	0,05391	0,03062	17,64	7,61	19,10	19,11	0,07	
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
9 M4S2T	1,002	1,0034	0,26027	0,28334	0,01715858	0,04719	0,03062	17,64	7,94	19,16			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
10 M5S2T	1,0006	1,0016	0,25133	0,30604	0,01673486	0,05567	0,03062	17,55	7,62	18,99			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 7. Fibra dietaria insoluble de la testa

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco) (g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco) (g)	Almidón (g/L)	FD (BH) % w/w	Humedad residuo % w/w	FD (BS) % w/w	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)								
1 M1S1T	Muestra	1,002	1,004	0,5684	0,66806	0,08611679	0,03065	0,04667	7,36	48,95		
	Blanco			0,0906	0,00274	0	0					
2 M2S1T	Muestra	1,002	1,004	0,5678	0,66877	0,08546178	0,02906	0,04667	7,25	49,13		
	Blanco			0,0906	0,00274	0	0					
3 M3S1T	Muestra	1,004	1,004	0,5687	0,6685	0,08411204	0,03039	0,04667	7,35	49,17		
	Blanco			0,0906	0,00274	0	0				49,09	0,09
4 M4S1T	Muestra	1,001	1,0008	0,5683	0,6774	0,08720601	0,03311	0,04667	7,14	49,05		
	Blanco			0,0906	0,00274	0	0					
5 M4S1T	Muestra	1,001	1,004	0,5679	0,6689	0,08711916	0,02889	0,04667	7,46	49,12		
	Blanco			0,0906	0,00274	0	0					
6 M1S2T	Muestra	1,0024	1,0015	0,48451	0,50724	0,07640906	0,01982	0,0107	7,93	42,16		
	Blanco			0,0091	0,01232	0	1E-05					
7 M2S2T	Muestra	1,0037	1,0016	0,46692	0,51983	0,07831751	0,01837	0,0107	7,91	41,80		
	Blanco			0,0091	0,01232	0	1E-05					
8 M3S2T	Muestra	1,0032	1,0013	0,46662	0,51859	0,07727487	0,01845	0,0107	7,61	41,70		
	Blanco			0,0091	0,01232	0	1E-05				41,92	0,19
9 M4S2T	Muestra	1,0009	1,0017	0,4672	0,52072	0,07867119	0,01884	0,0107	7,94	41,85		
	Blanco			0,0091	0,01232	0	1E-05					
10 M5S2T	Muestra	1,0006	1,0084	0,488	0,50902	0,07927174	0,01898	0,0107	7,62	42,09		
	Blanco			0,0091	0,01232	0	1E-05					

S1: Taura, S2: Cone; BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 8. Fibra dietaria total del mucílago

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína P (muestra) or BP (blanco) (g)	Ceniza A (muestra) or BA (blanco) (g)	Almidón (g/L)	FD (BH) % w/w	Humedad residuo % w/w	FD (BS) % w/w	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)								
1 M1S1M	Muestra 1,0024	1,0013	0,3272	0,26053	0,0458738	0,04211	0,01896	18,66	9,9	20,70		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
2 M2S1M	Muestra 1	1,0048	0,32921	0,25764	0,047782254	0,0413	0,01896	18,49	9,6	20,46		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
3 M3S1M	Muestra 1,0005	1,0041	0,32183	0,26701	0,046916447	0,04334	0,01896	18,48	9,5	20,42		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
4 M4S1M	Muestra 1,0012	1,0002	0,31977	0,26087	0,044919574	0,04185	0,01896	18,45	9,6	20,41		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
5 M5S1M	Muestra 1,0014	1,0032	0,32689	0,26134	0,046315896	0,04223	0,01896	18,62	9,6	20,59		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
6 M1S2M	Muestra 1,0003	1	0,32217	0,27042	0,047004866	0,04402	0,01896	18,63	9,5	20,58		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
7 M2S2M	Muestra 1,0013	1,0002	0,32429	0,26362	0,047870673	0,04292	0,01896	18,41	9,3	20,28		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
8 M3S2M	Muestra 1,0019	1,0041	0,32582	0,26191	0,048736481	0,04231	0,01896	18,33	9,1	20,17		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
9 M4S2M	Muestra 1,0005	1,0025	0,32534	0,26764	0,047181704	0,0433	0,01896	18,68	9,1	20,55		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						
10 M5S2M	Muestra 1,0002	1	0,32981	0,27001	0,048736481	0,04354	0,01896	18,87	9,4	20,82		
	Blanco		0,0372	0,00071	0	0						

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 9. Fibra dietaria soluble del mucilago

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína	Ceniza	Almidón (g/L)	FD (BH)	Humedad residuo		FD (BS)	media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)					P (muestra) or BP (blanco) (g)	A (muestra) or BA (blanco) (g)			
1 M1S1M	1,002	1,004	0,26648	0,29121	0,016292767	0,04942	0,03062	18,20	9,87	20,19			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
2 M2S1M	1,002	1,004	0,28277	0,25261	0,017246994	0,04206	0,03062	17,72	9,62	19,61			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
3 M3S1M	1,004	1,004	0,27382	0,26504	0,016381187	0,04433	0,03062	17,74	9,52	19,60	19,67	0,30	
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
4 M4S1M	1,004	1,008	0,27092	0,26984	0,018201221	0,04504	0,03062	17,59	9,60	19,46			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
5 M5S1M	1,001	1,004	0,28462	0,24874	0,01768909	0,04184	0,03062	17,61	9,58	19,47			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
6 M1S2M	1,003	1,0005	0,2702	0,26509	0,016469606	0,04452	0,03062	17,57	9,46	19,41			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
7 M2S2M	1,003	1,0025	0,2778	0,25663	0,017335413	0,04305	0,03062	17,57	9,25	19,36			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
8 M3S2M	1,001	1,001	0,2731	0,26452	0,018201221	0,0445	0,03062	17,53	9,13	19,29	19,57	0,30	
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
9 M4S2M	1,0045	1,0039	0,28289	0,26275	0,017600671	0,04412	0,03062	17,97	9,12	19,78			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							
10 M5S2M	1,0036	1,0025	0,27092	0,2824	0,016769881	0,04752	0,03062	18,12	9,40	20,00			
			0,01759	0,04368	0	1E-05							

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Tabla 10. Fibra dietaria insoluble del mucílago

Identificador muestra	Pesos		Peso residuos		Proteína	Ceniza	Almidón (g/L)	FD (BH)	Humedad residuo	FD (BS)		media	DS
	m1 (g)	m2 (g)	R1 (muestra) or BR1 (blanco) (g)	R2 (muestra) or BR2 (blanco) (g)						P (muestra) or BP (blanco) (g)	A (muestra) or BA (blanco) (g)		
1 M1S1M	1,002	1,001	0,0215	0,0231	0,001890945	0,00402	0,0107	0,53	9,87	0,59			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
2 M2S1M	1,002	1,004	0,02579	0,02245	0,002067783	0,00406	0,0107	0,73	9,62	0,80			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
3 M3S1M	1,004	1,004	0,02382	0,02504	0,001732491	0,00458	0,0107	0,74	9,52	0,82			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05					0,84	0,18	
4 M4S1M	1,004	1,008	0,02392	0,02984	0,002049399	0,00548	0,0107	0,86	9,60	0,95			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
5 M5S1M	1,001	1,004	0,0269	0,02874	0,002333041	0,00524	0,0107	0,95	9,58	1,05			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
6 M1S2M	1,003	1,0005	0,0332	0,02509	0,002403076	0,00452	0,0107	1,15	9,46	1,27			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
7 M2S2M	1,003	1,0025	0,0248	0,02663	0,001802526	0,00485	0,0107	0,83	9,25	0,92			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
8 M3S2M	1,001	1,001	0,0261	0,02452	0,001890945	0,0045	0,0107	0,82	9,13	0,90			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05					0,95	0,19	
9 M4S2M	1,0045	1,0039	0,02589	0,02275	0,001997748	0,00412	0,0107	0,75	9,12	0,82			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							
10 M5S2M	1,0036	1,0025	0,02492	0,02431	0,00196098	0,00447	0,0107	0,75	9,40	0,82			
			0,0091	0,01232	8,75438E-07	1E-05							

S1: Taura, S2: Cone, BS: base seca, BH: base húmeda, DS: desviación estándar, fuente: el autor

Propiedades Funcionales

Tabla 11 . Capacidad de adsorción de grasa FAC

		wt	wm	wf	FAC	Media	DS
1	M1S1C	40,3080	5,0221	50,7883	1,0868362	1,18	0,07
2	M2S1C	40,2879	5,0049	51,1320	1,1666966		
3	M3S1C	42,0148	5,0313	53,1145	1,2061296		
4	M4S1C	40,4736	5,0230	51,2901	1,1533944		
5	M5S1C	42,1395	5,0094	53,5654	1,2808919		
6	M1S2C	40,5017	5,0248	50,8222	1,0539126	1,20	0,09
7	M2S2C	39,5776	5,0244	50,4896	1,1718016		
8	M3S2C	41,8983	5,0062	53,0381	1,2252008		
9	M4S2C	42,1471	5,0070	53,3066	1,2287797		
10	M5S2C	39,6113	5,0664	51,2585	1,2989065		
11	M1S1T	41,9245	5,0061	53,6562	1,3434810	1,30	0,15
12	M2S1T	41,9203	5,0712	54,6759	1,5153021		
13	M3S1T	41,9280	5,0113	52,5302	1,1156586		
14	M4S1T	39,3681	5,0050	50,3984	1,2038561		
15	M5S1T	40,2707	5,0071	51,7944	1,3014719		
16	M1S2T	41,9245	5,0061	53,5562	1,3235053	1,24	0,06
17	M2S2T	41,9203	5,0712	53,2059	1,2254299		
18	M3S2T	41,9280	5,0113	52,9802	1,2054557		
19	M4S2T	39,3681	5,0050	50,2984	1,1838761		
20	M5S2T	40,2707	5,0071	51,6944	1,2815003		

S1: Taura, S2: Cone, C: cáscara, T: testa, DS: desviación estandar, fuente: el autor

Propiedades Funcionales

Tabla 12. Capacidad de retención de Agua WRC

	wt	wm	wp	wf	w seco	phumedo	p2	p1	k	WRC	media	DS
M1S1C	40,3033	2,5592	0,84386	65,7257	45,5286	66,56956	4,38144	25,42240	0,589147	5,548347	5,81	0,23
M2S1C	40,2709	2,5371	0,86076	66,2023	45,5627	67,06306	4,43104	25,9314	0,602010	5,615093		
M3S1C	41,9186	2,5013	0,84113	71,5198	47,5354	72,36093	4,77567	29,6012	0,695115	6,083861		
M4S1C	42,1363	2,5241	0,83616	69,0033	47,4524	69,83946	4,47994	26,867	0,626838	5,810139		
M5S1C	40,4881	2,5064	0,86919	67,5184	45,7595	68,38759	4,40221	27,0303	0,633587	6,004338		
M1S2C	42,2369	2,5271	0,84657	69,2548	47,6410	70,10137	4,55753	27,0179	0,628890	5,717086	5,86	0,19
M2S2C	41,9030	2,5768	0,86281	68,8923	47,3654	69,75511	4,59959	26,9893	0,626912	5,635924		
M3S2C	40,2895	2,581	0,88639	72,4038	46,4717	73,29019	5,29581	32,1143	0,750918	5,900798		
M4S2C	39,4900	2,5072	0,83769	69,1335	45,1952	69,97119	4,86751	29,6435	0,693728	5,936100		
M5S2C	40,4236	2,5155	0,85709	70,2915	46,0883	71,14859	4,80761	29,8679	0,701688	6,103450		
M1S1T	39,5869	2,5178	0,85239	55,4026	43,5664	56,25499	3,12711	15,8157	0,355281	4,577695	4,63	0,20
M2S1T	42,0652	2,5061	0,83798	56,9720	45,8789	57,80998	2,97572	14,9068	0,334070	4,516526		
M3S1T	42,1480	2,5693	0,85190	57,3376	45,9104	58,1895	2,9105	15,1896	0,343815	4,784030		
M4S1T	39,2366	2,5642	0,86875	55,6784	43,2074	56,54715	3,10205	16,4418	0,373513	4,888975		
M5S1T	42,1477	2,5606	0,85201	57,0923	46,0446	57,94431	3,04489	14,9446	0,333192	4,388287		
M1S2T	39,3817	2,5123	0,83922	55,4026	43,3855	56,24182	3,16458	16,0209	0,359977	4,584007	4,72	0,16
M2S2T	40,3237	2,5390	0,79786	54,9720	43,8589	55,76986	2,73734	14,6483	0,333507	4,954986		
M3S2T	39,5868	2,5274	0,82150	55,3376	43,4704	56,15910	3,0621	15,7508	0,355284	4,687684		
M4S2T	42,0724	2,5319	0,86535	55,3922	45,4838	56,25755	2,54605	13,3198	0,301665	4,800313		
M5S2T	42,1625	2,5045	0,83581	57,0923	45,9446	57,92811	2,94629	14,9298	0,335538	4,590061		

Sl: Taura, S2: Cone, C: cáscara, T: testa, DS: desviación estandar, fuente: el autor

Propiedades Funcionales

Tabla 13. Capacidad de hinchamiento (SW)

		Vi	wm	Vf	SW	media	DS
1	M1S1C	2,5	1,0189	8,5	5,8887035	5,70	0,23
2	M2S1C	2,5	1,0218	8,5	5,8719906		
3	M3S1C	2,5	1,1392	8,6	5,3546348		
4	M4S1C	2,5	1,0288	8,5	5,8320373		
5	M5S1C	2,5	1,0780	8,5	5,5658627		
6	M1S2C	2,5	1,0521	8,6	5,7979280	5,81	0,09
7	M2S2C	2,5	1,0174	8,5	5,8973855		
8	M3S2C	2,5	1,0691	8,7	5,7992704		
9	M4S2C	2,5	1,0916	8,7	5,6797362		
10	M5S2C	2,5	1,0185	8,5	5,8910162		
11	M1S1T	2,8	1,0202	6,5	3,6267399	3,87	0,14
12	M2S1T	2,8	1,0020	6,7	3,8922156		
13	M3S1T	2,8	1,0150	6,8	3,9408867		
14	M4S1T	2,8	1,0148	6,8	3,9416634		
15	M5S1T	2,8	1,0089	6,8	3,9647140	3,68	0,35
16	M1S2T	2,8	1,0724	7,0	3,9164491		
17	M2S2T	2,8	1,0777	6,7	3,6188179		
18	M3S2T	2,8	1,0341	6,0	3,0944783		
19	M4S2T	2,8	1,0753	7,0	3,9058867		
20	M5S2T	2,8	1,0063	6,7	3,8755838		

S1: Taura, S2: Cone, C: cáscara, T: testa, DS: desviación estandar, fuente: el autor

Propiedades Funcionales

Tabla 14. Solubilidad

	wt	wm	wp	w seco	SC	media	DS
M1S1C	40,3033	2,5592	0,84386	45,5286	42,4316	43,10	0,87
M2S1C	40,2709	2,5371	0,86076	45,5627	42,3930		
M3S1C	41,9186	2,5013	0,84113	47,5354	43,9300		
M4S1C	42,1363	2,5241	0,83616	47,4524	44,1679		
M5S1C	40,4881	2,5064	0,86919	45,7595	42,5824		
M1S2C	42,2369	2,5271	0,84657	47,6410	44,2766	42,96	1,14
M2S2C	41,9030	2,5768	0,86281	47,3654	44,0164		
M3S2C	40,2895	2,581	0,88639	46,4717	42,4557		
M4S2C	39,4900	2,5072	0,83769	45,1952	41,5694		
M5S2C	40,4236	2,5155	0,85709	46,0883	42,5057		
M1S1T	39,5869	2,5178	0,85239	43,5664	41,7372	43,18	1,44
M2S1T	42,0652	2,5061	0,83798	45,8789	44,1247		
M3S1T	42,1480	2,5693	0,85190	45,9104	44,2837		
M4S1T	39,2366	2,5642	0,86875	43,2074	41,4597		
M5S1T	42,1477	2,5606	0,85201	46,0446	44,2711		
M1S2T	39,3817	2,5123	0,83922	43,3855	41,5184	42,82	1,31
M2S2T	40,3237	2,5390	0,79786	43,8589	42,4325		
M3S2T	39,5868	2,5274	0,82150	43,4704	41,7185		
M4S2T	42,0724	2,5319	0,86535	45,4838	44,1961		
M5S2T	42,1625	2,5045	0,83581	45,9446	44,2164		

S1: Taura, S2: Cone, C: cáscara, T: testa, DS: desviación estandar, fuente: el autor