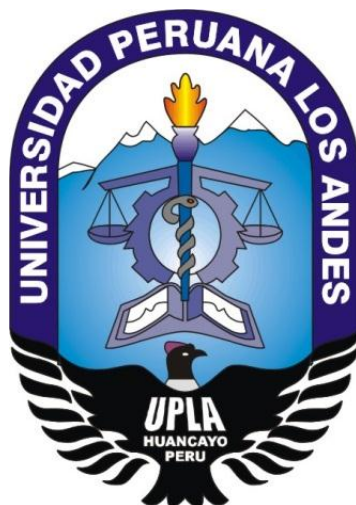


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE FARMACIA Y
BIOQUÍMICA



OBTENCION DE FIBRA DIETETICA A PARTIR DE BAGAZO DE *Zea mays* l.
"CAÑA DE MAIZ" COMO INGREDIENTE FUNCIONAL POR MEDIOS
ENZIMATICOS

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADA POR:
BACHILLER LUZ MERCEDES CARHUAMACA LOARDO
BACHILLER MAGALY RIVERA AZORSA

Huancayo – Perú
2016

ASESOR

M.S.c. Br. LUIS ARTICA MALLQUI

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi adorada madre quien es el motor que me impulsa a seguir adelante....

Luz Mercedes

A Dios, por permitirme llegar hasta este punto, siempre bendecirme y sobre todo haberme dado, sabiduría y salud para lograr mis objetivos.

Magaly

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haber guiado día a día nuestros pasos y por regalarnos su bendición permitiéndonos culminar nuestra carrera universitaria con éxito y alcanzar una etapa más de nuestras vidas. A nuestros Padres por la confianza y apoyo incondicional depositados en nosotras a lo largo de nuestro camino.

De manera especial a los Profesores de la carrera profesional de Farmacia y Bioquímica, por sus recomendaciones y correcciones, que fueron determinantes, dentro de la ejecución de nuestra tesis.

RECONOCIMIENTO

Al Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa – Chimbote, en la persona del Ing. Gilbert Nilo Rodríguez Paucar; por permitirnos hacer uso de los laboratorios del y brindarnos su apoyo durante la ejecución de esta investigación.

A la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Peruana los Andes y a la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por las facilidades brindadas; lo que contribuyó directamente al desarrollo de la parte experimental de esta tesis.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	10
1.1 Planteamiento del problema	10
1.2 Descripción y delimitación del problema	11
1.3 Formulación del problema	12
1.4 Objetivos	12
1.5 Justificación	12
1.6 Marco Teórico	13
1.7 Formación De Hipótesis	28
1.8 Definición de conceptos	28
CAPÍTULO II: MÉTODO	30
2.1 Método científico	30
2.2 Tipo y nivel de investigación	30
2.3 Diseño de investigación	30
2.4 Universo	30
2.5 Población	31
2.6 Muestra	31
2.7 Variable de Investigación	31
2.8 Técnicas de recolección de datos	33
2.9 Procesamiento de los datos	43

CAPÍTULO III: RESULTADOS	44
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	62
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	63
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	

RESUMEN

OBTENCION DE FIBRA DIETETICA A PARTIR DE BAGAZO DE Zea mayz L. “CAÑA DE MAIZ” COMO INGREDIENTE FUNCIONAL POR MEDIOS ENZIMATICOS

Se evaluó la composición químico proximal del bagazo de caña de maíz, el contenido de humedad es de 74,49%, de fibra se obtuvo 17,65%, grasa 0,105%, Proteína 1,19% cenizas 1,21% y carbohidratos 5,31%. Las características fisicoquímicas de caña de maíz como la acidez es de 0,14% expresado como ácido sulfúrico y un valor de pH de 6,02 y los sólidos solubles se encontraron un valor de 14,41 %. En cuanto al tamaño se trabajó a un tamaño de partículas homogéneo de 250 µm. Los componentes bioactivos, vitamina C de 34,78 mg de ácido ascórbico por 100 g de muestra, polifenoles totales 796,09 mg-Eq ácido gálico/ g m.s. y flavonoides 12,73 mg-Eq de quercetina por 100 g y una actividad antioxidante de 58,36% de inhibición. Los azúcares reductores mantienen su contenido a través del tiempo y las propiedades funcionales de la fibra dietética obtenida como la retención de agua (CRA) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0 min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 8,80 ; 17,33 y 15,14 g de agua / g de fibra, capacidad de retención de aceite (CRAceite) de las fibras dietéticas solubles presentan 1,98 ; 4,44 y 3,77 g de aceite/g de fibra, respetivamente, capacidad de hinchamiento (CH) 7,13; 12,23 y 9,70 mL de agua / g de fibra, respectivamente, adsorción de agua (CAAdA) presentan 42,53; 26,21 y 80,93 mL de agua / g de fibra, respectivamente, capacidad de absorción de agua (CAA) presentan 1,85; 2,32 y 1,98 g de agua / g de fibra respectivamente

Palabras clave: Caña, fibra dietética, celulosa, bagazo.

SUMMARY

OBTAINING OF DIETARY FIBER FROM BAGASSE *Zea mays* L. "cornstalk" as a functional ingredient enzymatically

The proximal chemical composition of corn bagasse was evaluated, the moisture content is 74.49%, 17.65% fiber, 0.105% fat, 1.19% protein and carbohydrates ashes 1,21% 5 was obtained, 31%. The physicochemical characteristics cornstalk as acidity is 0.14% expressed as sulfuric acid and a pH of 6.02 and a value of soluble solids 14.41% were found. In size it was worked to a size of 250 . μ m homogeneous particles. Bioactive components, Vitamin C 34.78 mg of ascorbic acid per 100 g of sample, total polyphenols 796.09 mg gallic acid-Eq / g m.s. and 12.73 mg flavonoids quercetin-Eq per 100g and antioxidant activity of 58.36% inhibition. Reducing sugars maintain their content over time and functional properties of dietary fiber obtained as water retention (CRA) of soluble dietary fibers (FDS) obtained 0min, 20 min and 60 min, observed that present 8 80; 17.33 and 15.14 g water / g fiber, oil retention capacity (CRAceite) of soluble dietary fibers have 1.98; 4.44 and 3.77 g oil / g of fiber, respetivamente, swellability (CH) 7.13; 12.23 and 9.70 mL of water / g fiber, respectively, water adsorption (Each) presented 42.53; 26.21 and 80.93 mL of water / g fiber, respectively, water absorption capacity (FAC) present 1.85; 2.32 and 1.98 g water / g fiber respectively

Keywords: Cane, dietary fiber, cellulase, bagasse.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

1.1. CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. Planteamiento del problema

El maíz es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal resultado de un continuo proceso de selección humana, que favoreció la alimentación y la economía de casi todos los pueblos americanos. En el Perú hacia el año 100 AC, ya se cultivaban grandes extensiones de maíz, y gracias a su productividad y adaptabilidad el cultivo del maíz se ha extendido a lo largo de todo el planeta, y actualmente es cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia después del trigo y del arroz, sin embargo los residuos de la cosecha del maíz como la hojas, las espigas, el tallo conocido como caña, y el capacho o cascara de la mazorca, han sido considerados de bajo valor económico, siendo generalmente incorporados al suelo como fuente de energía orgánica, para nutrir el suelo y prepararlo para su posterior utilización con nuevos sembríos¹.

También son utilizados para la alimentación de rumiantes ya sea a través del pastoreo o mediante la extracción total del rastrojo de maíz o conocido también en nuestro medio como chala de maíz. En algunas ocasiones, incluso algunos productores prefieren quemar este rastrojo o chala para limpiar las parcelas. Estos residuos incluso pueden representar cerca del 55% de la biomasa producida.

Por su alto contenido de fibra y bajo contenido de proteína, en la actualidad estos residuos son considerados de bajo valor nutricional por lo tanto que se recomienda ser utilizado en épocas de sequía, donde hay escases de pastos y se usan solamente para evitar pérdida de peso de los animales o para obtener algunas ganancias de peso de estos.

La presente investigación pretende determinar el valor agregado y la utilización del bagazo de la caña de maíz ya que presenta un contenido significativo de fibras del que se pueden obtener fibra dietética para su uso en la alimentación humana, o como ingrediente funcional.

1.1.2. Descripción y delimitación del problema

El bagazo del *Zea mays L.* “caña de maíz” no poseen valor comercial en la actualidad, y se consideran como alimento complementario para el ganado en épocas de sequía, también como un material de desperdicio ya que muchas veces son quemados para limpiar las parcelas de terreno, contribuyendo a la contaminación ambiental.

No obstante, este bagazo son desechos que pueden utilizarse en la producción de fibra dietética por métodos enzimáticos. Por esta razón, la investigación evalúa el análisis químico del bagazo de la caña de maíz, el cual involucra, la caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra dietética².

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo influye el método enzimático en la extracción de fibra dietética a partir de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz” sobre las características fisicoquímicas y funcionales?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Obtener fibra dietética a partir de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz” como ingrediente funcional por medios enzimáticos.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Evaluar la composición químico proximal del bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz”
- Evaluar las características fisicoquímicas de la fibra dietética a partir de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz” en relación a las condiciones de extracción enzimática.
- Caracterizar la fibra dietética a partir de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz” como fibra soluble e insoluble de gran interés desde el punto de vista nutritivo.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Teórica - Científica

La investigación aportará a la ciencia, una vez demostrado que la fibra dietética a partir de *Zea mays L.* “caña de maíz” presenta propiedades funcionales y a la vez se puede utilizar en la industria farmacéutica como ingrediente funcional para combatir diversas enfermedades degenerativas para el cuidado de la salud.

1.4.2. Social

Al bagazo del *Zea mays L.* “caña de maíz” se le otorga un mínimo valor ya que en muchos casos se le considera un producto de desecho

agroindustrial, desconociendo que tiene propiedades funcionales y farmacológicas que pueden ayudar en los procesos de constipación o estreñimiento digestivo en los humanos.

La investigación tiene como finalidad de dar un valor agregado al bagazo de caña de maíz, ya que las fibras dietéticas obtenidas son de productos tradicionales como la manzana, naranja, zanahoria, etc. De esta manera obtener un beneficio en nuestro medio.

Y se abrirían más posibilidades para el desarrollo de nuevas tecnologías con respecto a la extracción de fibra dietética, el desarrollo de este sector, el fomento de los cultivos de *Zea mays L.* “caña de maíz” a nivel regional.

1.4.3. Metodológica

La extracción de fibra dietética a partir de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz” se hará uso del método enzimático, bajo condiciones de temperatura y tiempo, mediante las cuales se obtendrán fibra dietética como ingrediente funcional de bagazo de *Zea mays L.* “caña de maíz”.

1.5. MARCO TEÓRICO

1.5.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Estudios sobre la composición química de diversos materiales lignocelulosicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas; donde concluyen que la lignina representa aproximadamente entre 20 y 35% de la materia seca en fibras en general.

Otros estudios sobre la composición química y degradabilidad *in situ* de residuos agrícolas de maíz inoculados con dos cepas del género *pleurotus* concluyen que es necesario el aprovechamiento de estos materiales lignocelulosicos con la finalidad de obtener fibra dietética soluble³

1.5.2. BASES TEÓRICAS

1.5.2.1. BAGAZO DE CAÑA DE MAÍZ

El bagazo es el residuo ligno-celulósico fibroso remanente de la caña de Maíz, se obtiene a la salida del último molino del tándem azucarero; está constituido por un conjunto heterogéneo de partículas que oscilan entre 1 y 25 mm y presentan una fracción promedio aproximada de 20 mm⁴.

El bagazo de caña de Maíz, es un material ligno-celulósico abundante y de bajo costo, sub-producto del proceso de extracción de azúcar y representa el 25% del total de la caña de azúcar procesada y generado después de la extracción de todo el jugo de las paredes de la gramínea.⁵

La granulometría del bagazo depende en gran medida de cómo ha sido procesada la caña de maíz. También se debe de considerar la incidencia del grado de desgaste de los equipos del tándem durante el período de la zafra. Mientras mayor sea el grado de preparación de la caña, mayor será el contenido de finos, como resultado una mayor desintegración de fibras.

Otros aspectos de los cuales dependen las características físicas del bagazo, las cuales sean menos importantes como son: variedad de la caña, duración del periodo de la zafra, método de recolección empleado y algunos factores climatológicos, todo esto puede influir que el bagazo sea un material no homogéneo.

El bagazo tiene la estructura más apropiada para diferentes usos, el más tradicional es la producción de vapor a través de combustión, en las calderas del ingenio azucarero. A partir de 1.0 ton de caña de

maíz se genera 280 kg de bagazo de caña. Para que una materia pueda considerarse adecuada para varias producciones debe satisfacer requisitos morfológicos y químicos adecuados. El bagazo, además de satisfacer dichos requisitos, se encuentra disponible en grandes cantidades y el hecho de que exista una amplia experiencia en sus aspectos de manipulación, transportación y almacenamiento, lo hace particularmente atractivo comparado con algunas fuentes de materia prima lignocelulósica⁶.

El bagazo integral está compuesto de tres componentes principales:

- El recubrimiento, en donde se encuentra la epidermis, la corteza y el periciclo.
- Los mazos de fibra vascular, entre los que figuran las células conductoras de pared delgada asociadas con fibras de pared relativamente delgada con estrecho lumen.
- El tejido básico (parénquima) o médula, con mazos de fibra distribuidos irregularmente.

1.5.2.2. COMPOSICIÓN FÍSICA

El bagazo está conformado por tres fracciones, en la tabla 1 que se muestra las composiciones del bagazo de caña:

Tabla 1. Composición física del bagazo

Fracción	%
Fibra o Bagazo	45
Sólidos no Solubles	2 – 3
Sólidos solubles	2 – 3

Arthey y Colin (1991)⁶

Se designa fibra a todos los sólidos orgánicos insolubles en agua, que se encuentran en el tallo de la caña de maíz los cuales se

caracterizan por su heterogeneidad. Esta parte del bagazo es la aportadora de los elementos estructurales los cuales son adecuados para usos como la fabricación de papel, tableros aglomerados, celulosa, etc.

La fracción de los sólidos no solubles, está compuesta por tierra, piedras y otras materias extrañas; esta fracción es muy pequeña pero tiene una enorme participación en la composición del bagazo, esta es influida por la manipulación agrícola desde el tipo de corte y recolección de la caña.

Los sólidos solubles abarcan la materia soluble en agua, como es la sacarosa, ceras que es poco económico extraerlas del central azucarero. El agua presente en el bagazo es retenida por mecanismos como son la absorción y capilaridad⁷.

1.5.2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Un material de suma importancia en las paredes celulares de la planta, es el material Lignino-celulósico, el cual está formado por celulosas y hemicelulosas enlazadas mediante lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite⁶.

Por definición, la fibra de bagazo es un componente que es insoluble en agua, está integrado por celulosa, pentosanos y lignina. La celulosa es un polisacárido cuya fórmula general es $(CH_{10}O_5)_n$; y es el principal constituyente del tejido vegetal; es muy rara encontrarla en la naturaleza en su estado puro ya que, por lo general, se halla mezclada con lignina, pentosanos, goma, grasas, materiales colorantes, etc. La fracción de celulosa pura de todos los tejidos

vegetales es, básicamente, la misma sustancia química que contiene cadenas poliméricas de glucosa⁸.

En general el bagazo está compuesto como principales polímeros de celulosa, hemicelulosa y lignina, y en pequeñas cantidades de otros compuestos clasificados como componentes extraños.

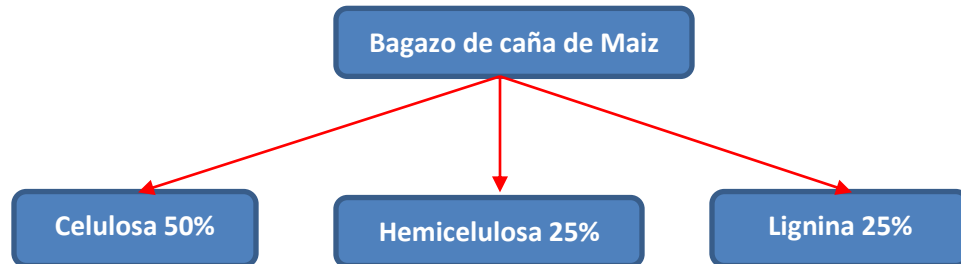


Figura 1. Composición Química del Bagazo de Caña de Azúcar.

Fuente: Auffret *et al.*,(1994)⁸

a. **Celulosa.** Es el componente más simple encontrado en el material ligninocelulósico de las plantas es el polímero más abundante en la biosfera. Está compuesto por un polímero de residuos de D-glucosa unidos a enlaces β 1-4. Debido a su estructura, las cadenas de celulosa se unen por puentes de hidrógeno intermoleculares formando agregados como las microfibrillas.⁸

Las diferencias en las propiedades de la celulosa se deben principalmente a los diferentes grados de polimerización, se supone que la celulosa de bagazo posee una cadena polimérica de 1000 a 2000 unidades.

De acuerdo con su grado de solubilidad en sosa cáustica, la celulosa se clasifica como:

α – celulosa: la cual es insoluble en una solución de sosa cáustica a 17.5%, a temperatura ambiente.

β - celulosa: es insoluble en una solución de sosa cáustica al 17.5%, pero, a su vez, resulta fácilmente precipitada cuando la solución es acidificada.

γ - celulosa: es soluble en una solución de sosa cáustica al 17.5% y no precipita mediante la acidificación de ésta, precipitándose cuando se adiciona alcohol.

Solamente la **α – celulosa** es considerada como la forma pura de la celulosa, mientras que la porción soluble en sosa cáustica fría a 17.5% es llamada **hemicelulosa**. Esta última difiere de la celulosa en que en su composición el contenido de unidades de pentosas es mayor que el contenido de unidades de glucosa y, a su vez, las primeras se encuentran menos polimerizadas.

Respecto a su funcionalidad, la celulosa es una molécula que brinda estructura y soporte a la planta. Las cadenas de glucosa están arregladas de una manera tal que permite que se empaquen juntas formando un cristal impermeable al agua; consecuentemente el polímero celulosa es insoluble y resistente a la hidrólisis.⁸

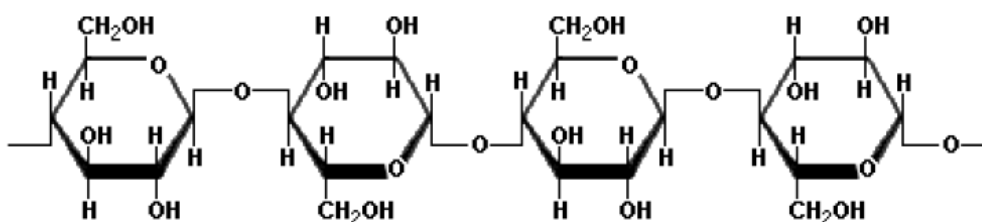
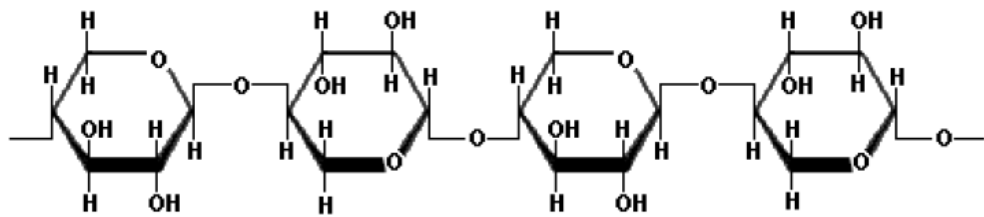


Figura 2. Estructura química de la celulosa

Fuente: Augstburger et al., (2000)⁸

b. Hemicelulosa. El nombre de hemicelulosa lo sugirió originalmente *Schulze* en 1891, para designar a los polisacáridos extraíbles de las plantas, mediante álcali acuoso. La hemicelulosa es insoluble en agua y se hidroliza más fácilmente en ácidos, también se encuentra asociada a la celulosa en paredes de células vegetales. Estructuralmente, la hemicelulosa difiere de la celulosa en que son ramificadas y tienen un peso molecular mucho más bajo⁹.

Las hemicelulosas que se encuentran en el tallo o tejido de apoyo de las plantas leñosas son fundamentalmente xilanas modificadas, galactoglucomannanas, glucomannanas, y arabinogalactanas; todos estos polisacáridos se obtienen de un número relativamente limitado de residuos de azúcar; los principales son D-xilosa, D-mannosa, Dglucosa, galactosa, L-arabinosa y ácido D-glucurónico-4-O-metílico.⁹



**Figura 3. Estructura química de la hemicelulosa
Badui(1999)⁹**

c. Lignina. La lignina es esencialmente única de las plantas vasculares, que son las que crean tejidos que se especializan en funciones tales como el transporte de las soluciones acuosas y el apoyo mecánico que es el papel más importante ya que suministra a la planta sus propiedades únicas elásticas y de

resistencia. Las plantas primitivas, que no tienen tejidos celulares diferenciados tales como hongos, algas y musgos, no contienen lignina, por tal razón sus aglomeraciones celulares no requieren el uso de las características de protección que brinda la lignina.

Además de las funciones reconocidas de la lignina como sellador y agente de refuerzo estructura la lignina también se reconoce su mecanismo en la eliminación de los desperdicios metabólicos y posee propiedades aglutinantes que conforman la consistencia fibrosa de las maderas, donde realizan la función mecánica de sostén.¹⁰

Su composición depende de muchos factores, entre ellos, el método utilizado para aislarlas, la especie que se estudie, condiciones ambientales en que se ha desarrollado, etc.⁹ Su composición aunque variable se muestra en la tabla 2:

Tabla 2. Composición elemental de la lignina

Componente	% en Peso
Carbono	61 – 65%
Hidrogeno	5,0 – 6,2%
Oxigeno	34,0 – 38,8%

Fuente: Baquero (1998)¹⁰

La separación de la lignina conlleva una degradación de su estructura por lo que resulta difícil obtener una lignina idéntica a la que se encuentra en las plantas, sin embargo una separación cuidadosa de la lignina puede ser representativa de la lignina total.

c.1. Tipos de lignina. De acuerdo al proceso primero del que se obtiene la lignina como subproducto, se han clasificado en tres tipos de lignina:

- **Lignina de sulfito:** proviene del líquido residual sulfitado (solución de bisulfito y anhídrido sulfuroso) de las fábricas de pulpa, la cantidad de lignina que se desprende de la pulpa de madera es de 50 – 60%.¹¹
- **Lignina alcalina (Kraft):** se obtienen del líquido residual (licor negro) de los procedimientos al sulfato y a la soda (mezcla de hidróxido de sodio y sulfuro de sodio) en la fabricación de la pasta para papel. Por lo general la cantidad de lignina que se obtiene es del 50-75% del contenido en la madera.¹¹
- **Lignina comercial:** Se obtiene como sub-producto de proceso relacionado con la celulosa y otros productos primarios; generalmente se nombran de acuerdo al fabricante: *Benaloid, Binderine, Furafil, Goulac*.¹¹

1.5.3. Fibra Dietética.

La denominación de *fibra dietética* incluye los hidratos de carbono ("azúcares") de origen vegetal y de estructura compleja y que son resistentes a la digestión por nuestras enzimas digestivas; en este concepto también se incluye la lignina, que aunque es de origen vegetal, no es un hidrato de carbono¹².

La fibra dietética es digerida de la siguiente manera; primeramente las enzimas digestivas actúan sobre los alimentos, rompiéndolos para producir compuestos muy simples y que así puedan ser absorbidos a través de la pared del intestino. Las enzimas digestivas actúan sobre los hidratos de carbono complejos ya desde la boca (la saliva contiene estas proteínas). Cuando los hidratos de carbono llegan al intestino están parcialmente destruidos por las enzimas de la saliva, o bien están intactos o prácticamente intactos; allí vuelven a actuar sobre ellos unas enzimas digestivas producidas por el páncreas y vertidas al intestino¹².

Como consecuencia de la acción de todas estas enzimas digestivas, finalmente los hidratos de carbono son destruidos total o casi totalmente y absorbidos. Sin embargo, hay ciertos hidratos de carbono sobre los que nuestras enzimas digestivas no son efectivas y escapan a la destrucción por las enzimas y a su posterior absorción; estos hidratos de carbono son la fibra. Pero aunque la fibra escape a la acción de las enzimas digestivas humanas, ello no significa que no se digiera en absoluto. En realidad, una parte de la fibra dietética sufre un proceso (total o parcial) de fermentación en el intestino grueso por parte de las bacterias que normalmente tenemos allí, dando lugar a compuestos como ácidos grasos de cadena corta (ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico) que nuestro organismo y las propias bacterias utilizan.

1.5.3.1. Clasificación de la fibra dietética. La fibra dietética se puede clasificar según diferentes criterios, aunque desde el punto de vista funcional y nutricional se utiliza el criterio de su solubilidad en agua.

a. Fibra soluble.

La fibra dietética soluble se caracteriza porque sufre un proceso de destrucción por las bacterias del colon, con producción de hidrógeno, metano, dióxido de carbono y ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) que pueden actuar localmente y que pueden ser absorbidos por el organismo y utilizados como fuente de energía. Cada gramo de fibra ingerida aporta entre 1.0 y 2.5 kcal. El valor energético de la fibra dependerá de su grado de fermentabilidad ("destrucción") por parte de las bacterias del colon: a mayor fermentabilidad, mayor energía.

La fibra soluble tiene las siguientes propiedades, es muy viscosa (como un gel), enlentece el vaciado intestinal, la absorción de nutrientes, mejora la tolerancia a la glucosa (al reducir los picos de azúcar en sangre), disminuye los niveles de colesterol y aumenta poco el bolo fecal. Por todo ello tiene efecto antidiarreico, favorece el crecimiento y

la integridad de las células de la pared del intestino y colon, y ayuda a bajar el colesterol y el azúcar en sangre.¹³

b. Fibra insoluble. La fibra insoluble apenas sufre procesos fermentativos o de hidrólisis por las bacterias en el colon. Tiene las siguientes propiedades, es poco viscosa (no forman un gel), favorece la captación de agua, aumenta el bolo fecal, aumenta el movimiento del intestino y acelera el tránsito intestinal, y con todo ello mejora el estreñimiento.

La utilización de grandes cantidades de fibra insoluble se puede acompañar de deficiencia de calcio y de hierro. La fibra insoluble incluye la celulosa, la lignina y algunas hemicelulosas¹⁴.

1.5.3.2. COMPOSICIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA

Los componentes de la fibra dietética pueden ser agrupados en tres grandes grupos, si se da prioridad a las características químicas de los mismos:

1.5.3.3. Polisacáridos estructurales o polisacáridos no-almidón. Celulosa. Es la sustancia orgánica (Polisacárido) más abundante en la naturaleza y es el componente mayoritario de la pared celular de los vegetales. Se hidroliza con facilidad y tiene gran capacidad para absorber el agua¹⁵.

Hemicelulosa. Es la mezcla resultante entre polisacáridos lineales altamente ramificados con algunas pentosas y hexosas. Si es rica en ácido urónico se denominará hemicelulosa ácida, y neutra, sí no es así.

Pectinas. Formadas por un polisacárido vegetal que está constituido en su mayor parte por ácido galacturónico. Debido a sus enlaces cruzados adopta forma de gel y es soluble en agua caliente.

Rafinosa. Es un trisacárido, soluble y no se puede hidrolizar en el intestino por ausencia de las enzimas correspondientes. Su presencia en la alimentación es rara y se puede encontrar en la soja, aunque en cantidad escasa¹⁶.

1.5.3.4. Polisacáridos no estructurales. Gomas. Son polisacáridos complejos que forman sustancias viscosas y que son segregadas por algunos vegetales como respuesta a las agresiones. Su estructura está constituida por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, manosa o arabinosa. Son solubles¹⁷.

Mucílagos. Los pentosanos, los hexosanos, el ácido urónico, etc. son elementos que cuando están en contacto con el agua forman disoluciones viscosas o también, debido a su gran capacidad para retener agua, pueden hincharse para formar una pseudo disolución gelatinosa. Son solubles y en realidad son hemicelulosas neutras¹⁸.

1.5.3.5. Sustancias estructurales no polisacáridos. Ligninas. Son polímeros mixtos de fenilpropano. Forman una molécula grande y muy ramificada. Es el elemento que da consistencia a las plantas donde se encuentra hasta en un 25% de toda la materia. Es la única fibra no polisacárido que se conoce¹⁹.

1.5.3.6. PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES

a. Celulosa. Las propiedades más importantes que tiene la celulosa son:

- Retener agua en las heces (100 gr pueden fijar 40 cc de agua).
- Aumentar el volumen y el peso de las heces.
- Favorecer el peristaltismo del colon.
- Disminuir el tiempo de tránsito clónico.
- Aumentar el número de deposiciones intestinales.
- Reducir la presión intraluminal.
- No interviene en la absorción de metales divalentes, colesterol y ácidos biliares.

b. Hemicelulosa. Las propiedades que destacan son:

- Aumenta el volumen y el peso de las heces.
- Reduce la elevada presión intraluminal del colon.
- Aumenta la excreción de ácidos biliares²⁰.

c. Pectinas. Actúan de la siguiente manera:

- Absorben el agua.
- Retrasan el vaciamiento gástrico.
- Suministran el sustrato fermentable para las bacterias del colon.
- Fijan los ácidos biliares y aumentan su excreción.
- Reducen la concentración plasmática de colesterol.
- Mejoran la tolerancia de los diabéticos a la glucosa²¹.

d. Gomas. Sus propiedades son similares a las que poseen las pectinas:

- Retrasan el tiempo de vaciado gástrico.
- Suministran el sustrato fermentable para las bacterias del colon.
- Reducen la concentración plasmática de colesterol.
- Mejoran la tolerancia de los diabéticos a la glucosa.

e. Mucílagos. Los efectos que ocasionan son:

- Disminución del tiempo de vaciado gástrico.
- Suministran el sustrato fermentable para las bacterias del colon.
- Fijan los ácidos biliares²².

f. Lignina. Sus propiedades son específicas porque:

- Reduce el grado de digestión de la fibra.
- Inhibe el crecimiento de colonias bacterianas intestinales.
- Por su efecto hidrofóbico, tiene una acción muy potente en la adsorción de ácidos biliares.
- Protege a la mucosa colónica frente a agentes cancerígenos(De Vries, Prosky, y Cho; 1999).²³

1.5.4. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA

Los efectos fisiológicos en el organismo humano originados por la fibra y que tienen mayor importancia son:

- **En el estómago.** La fibra conlleva un aumento de la salivación porque necesita más tiempo de masticación y causa un retraso en el vaciado gástrico. La fibra soluble se puede utilizar en dietas de adelgazamiento

porque aumenta el volumen del bolo, lo que se traduce en una sensación de saciedad.

- **En el intestino delgado.** El aporte de fibra en la alimentación hace madurar las vellosidades intestinales, así como cambios en el tamaño de las mismas. De esta manera, disminuye o retrasa la absorción de las materias orgánicas e inorgánicas.
- **En el intestino grueso.** La fibra acelera el tránsito en el intestino grueso porque aumenta la masa fecal y esta, a su vez, estimula la propulsión de las heces, que adquieren mayor volumen y consistencia pastosa²⁴.

1.5.5. Caracterización fisicoquímica y funcional.

El término funcionalidad de un componente o ingrediente de un alimento puede definirse como cualquier propiedad fisicoquímica de los polímeros que afecta y modifica algunas de las características de un alimento y que contribuye a la calidad del producto final (Badui, 1999).

Las propiedades funcionales de las diferentes fuentes de fibra son estudiadas para obtener sus características individuales y tener una visión global de su posible aplicación en alimentos y efecto fisiológico en el organismo humano; dichas propiedades son el reflejo de la composición, de las cantidades presentes de fibra soluble e insoluble (Dickinson, 1995)²⁴, de la naturaleza química, de la estructura de la fibra, del proceso al cual fue sometida para su obtención y del tamaño de partícula (De Vries, Prosky, y Cho; 1999).

a. Tamaño de partícula.

Dependiendo de la granulometría que la fibra presente será el tipo de alimento o proceso en el cual se incorporará. La fibra fina (de tres a cinco micrómetros) puede emplearse como sustituto de grasas, las de mayor tamaño se aplican en hojuelas de maíz y en productos donde su textura lo permita (Cruz, 2002)²¹. Fuertes (1998)²⁵ señala que el tamaño ideal de partículas de fibra para consumo humano se ubica en un rango

de 50 a 500 μm ; tamaños mayores pueden afectar la apariencia del producto e impartir una sensación fibrosa dificultando la masticación y deglución, tamaños menores pueden presentar problemas en la hidratación al favorecerse la formación de grumos, ocasionar apelmazamiento y por lo tanto compresión del producto.

En un estudio realizado por Ferandez y Rodriguez (2001), específicamente con bagazo de caña, se encontró que una disminución en el tamaño de partícula puede tener influencia en el incremento de la densidad y podría reducir la capacidad de retención de agua y de ligar aceite (debido posiblemente a la ausencia de una estructura matricial proporcionada por la celulosa, entre otros factores); en consecuencia, se afecta fisiológicamente el tránsito intestinal al decrecer el volumen de la masa fecal. Este comportamiento también fue observado por Dreher en 1999 –citado por Betacur-Ancona *et al.*, (2004)¹³ al disminuir el tamaño de partícula del salvado de trigo.

b. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

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 (Chau y Col., 1997)¹⁸. De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento (Cruz, 2000)²¹. La retención agua afecta la viscosidad de los productos facilitando o dificultando su procesamiento. 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 (Baquero y Bermúdez, 1998)¹⁰. Esta propiedad confiere un efecto de frescura y suavidad en productos horneados (Cruz, 2002)²¹.

c. Capacidad de retención de aceite (CRa).

Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayores valores de absorción de grasa que las solubles, sirviendo como emulsificante²⁶. A esta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra (Cruz, 2002). La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una baja retención proporciona una sensación no grasosa en productos fritos (De Vries, 1999).

d. Capacidad de Hinchamiento (CH).

Se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua (Chau y Col., 1997)¹⁸. En esta característica tiene influencia la cantidad de los componentes polisacáridos, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Duque y Col., 1998). En la industria panificadora la inclusión de fibra, en referencia a esta propiedad, soluciona problemas relacionados con la pérdida de volumen y humedad, proporcionando mayor estabilidad durante la vida de anaquel al favorecer una apariencia de frescura (Cruz, 2002).

e. Capacidad de adsorción y absorción de agua (CA_d y CA_b).

La determinación de la CA_d se basa en el equilibrio del vapor de agua del medio con respecto al alimento y es útil para predecir la estabilidad y cambios deteriorativos de la fibra durante su almacenamiento. La CA_b es definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se le coloca en una cantidad suficiente de la misma, siendo importante esta propiedad cuando la fibra ha de emplearse en productos extrudidos, ya que el material debe ser humectado antes del proceso y durante el mismo^{27,28,29}.

Ambas propiedades se relacionan con la composición química de la fibra, el origen de los compuestos asociados, el pH y la forma en que se prepara la muestra (Chau y Col., 1997)^{18,30}.

1.6. HIPÓTESIS

La utilización de enzimas influye en la obtención de fibra dietética a partir de bagazo de Zea maíz L. “caña de maíz” e incrementa las características fisicoquímicas y funcionales para su uso como ingrediente funcional

1.7. DEFINICIÓN DE CONCEPTOS CLAVE

- **Caña:** La caña o Tallo es cada uno de los cuerpos que forman parte de la planta del maíz que da origen a la estructura del maíz; es la estructura mediante la cual realizan el soporte del maíz y se llaman esclerénquima (tejido de sosten)³¹.
- **Mucilago:** Compuesto formado por pentosanos, los hexosanos, el ácido urónico, etc. son elementos que cuando están en contacto con el agua forman disoluciones viscosas o también, debido a su gran capacidad para retener agua, pueden hincharse para formar una pseudo disolución gelatinosa. Son solubles y en realidad son hemicelulosas neutras³¹.
- **Moler:** Reducir un cuerpo sólido a polvo o a pequeñas partículas por presión o fricción.
- **Trituración:** El triturado es también el nombre del proceso para reducir el tamaño de las partículas de una sustancia por la molienda, como por moler los polvos en un mortero con un mazo³².
- **Extracción:** Es un procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí, con distinto grado de solubilidad y que están en contacto a través de una interface³³.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. MÉTODO CIENTÍFICO

La investigación fue experimental, que consiste en las manipulaciones de

una o más variables, rigurosamente controladas.

2.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación corresponde al tipo de estudio básico, experimental.

2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es un diseño descriptivo transversal.

2.4. UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

- **Universo:** Producción de Caña Zea maíz de los centros poblados de Huancan –Ahuac

- **Población:**

Caña madura de Zea maíz, fueron recolectados de las plantaciones de la localidad de Huancan, Ahuac, distrito de la provincia de Huancayo y Chupaca de la Región Junín. Ubicada a 3 275 m.s.n.m. Se tomó 50 kilogramos de los tallos de caña maduros que fueron transportados al laboratorio de Bromatología de la Facultad de CC. SS. De la UPLA.

- **Muestra:**

Bagazo aislado en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de CC. SS. De la UPLA de 50 kilogramos de tallo “caña” de Zea maíz.

2.5. VARIABLE DE INVESTIGACIÓN

- **Variable independiente:**

- Tiempo de maceración enzimática: 0, 20 y 60 min.
- Temperatura de Maceración enzimática: 45°C
- Concentración de enzima (celulasa): 0,02%

- **Variable dependiente:**

- Azúcares reductores,
- de Carbohidratos totales,
- de Fibra dietética y propiedades funcionales de la fibra dietética.

2.6. LUGAR DE EJECUCIÓN:

El trabajo se desarrolló en los siguientes laboratorios:

- a. Laboratorio de bromatología de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Escuela profesional de Farmacia y Bioquímica.
- b. Laboratorio de control de calidad FAIA de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- c. Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa – Chimbote

2.7. MATERIA PRIMA Y REACTIVOS

a. Materia prima

- Bagazo de caña de maiz
- Enzima: Celulasa

b. Reactivos

- Ácido acético
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Cloruro de potasio "Sigma Aldrich" Alemania
- Hexano "Merck" Peruana
- Etanol (alcohol etílico) absoluto Grado ACS UV-VIS España.
- Ácido clorhídrico "Riedel" Alemania
- Ácido sulfúrico "Riedel" Alemania

2.8. MATERIALES Y EQUIPOS

a. Materiales

- Bureta automática Schilling deposito plástico 25 ml "Fortuna"
- Equipo Soxhlet
- Embudos de vidrio
- Pipeta de 10mL
- Pipeta de 5 mL
- Micropipeta de 1000 μ L
- Micropipeta de 50 μ L
- Vaso de precipitación de 150 mL
- Papel wattman N° 42

- Papel aluminio
- Bolsas de polietileno
- Papel craft
- Desecador con agente desecante

b. Equipos de laboratorio

- Espectrofotómetro Shimadzu UV/Visible, 1601, Japón.
- Balanza electrónica SCOUT PRO 200gr. "OHAUS" USA
- Horno mufla "Therm concept" Alemania hasta 1200°C
- Digestor kjeldahl "Buchi" suiza
- Baño maria WNE 7 "Mettler" Alemania
- Refractómetro digital.
- Digestor de fibra cruda "Gerhardt" Alemania, modelo RF16/4
- Extractor Soxhlet 250 ml "Fortuna" Alemania
- Agitador magnético "Cat" Alemania
- Balanza digital de plataforma de 300 kg

2.9. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.9.1. Caracterización Físico morfológica de los tallos de maíz “caña de maiz”

Los Tallos “caña” recolectados del distrito de Huancan y Ahuac respectivamente, se trasladaron al laboratorio de Bromatología de la FF.CC. SS. De la Universidad Peruana los Andes. Posteriormente se tomó medidas del longitug, diámetro y peso de cada tallo “caña”, a fin de calcular el peso promedio de cada tallo “caña” y el porcentaje del peso del bagazo respecto al peso del tallo “caña”³⁴.

2.9.2. Proceso de recolección de tallos “Caña” de Maiz (Choclo)

El proceso de recolección de los tallos “caña” de maíz choclo se lleva a cabo según el esquema mostrado desde la selección y clasificación para luego trasladarlo al laboratorio de bromatología de la UPLA.

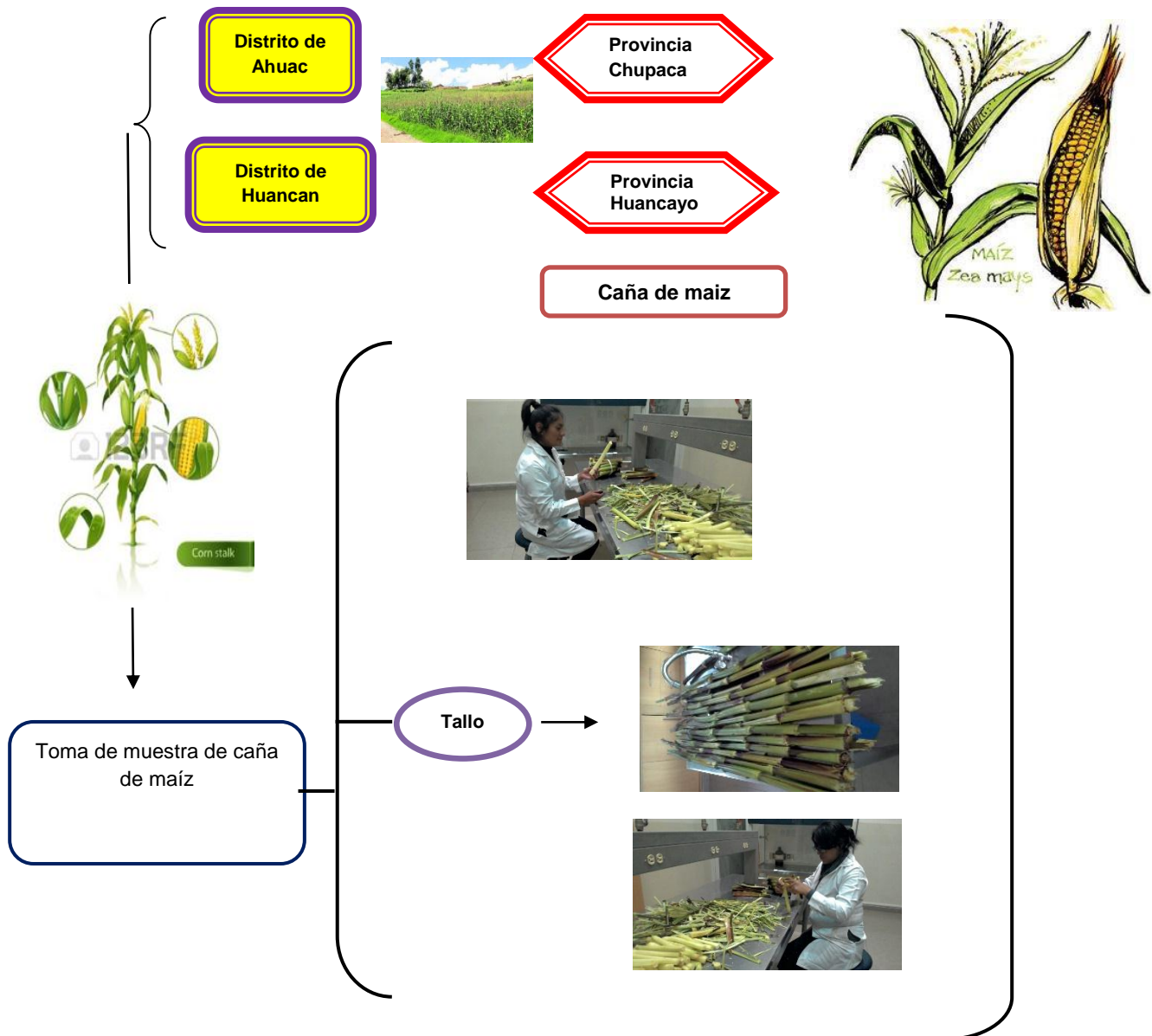


Figura 4. Esquema de recolección de la caña de maíz.

Fuente: Elaboración propia, febrero 2016.

2.9.3. Obtención del Bagazo de caña de maíz Zea mays.

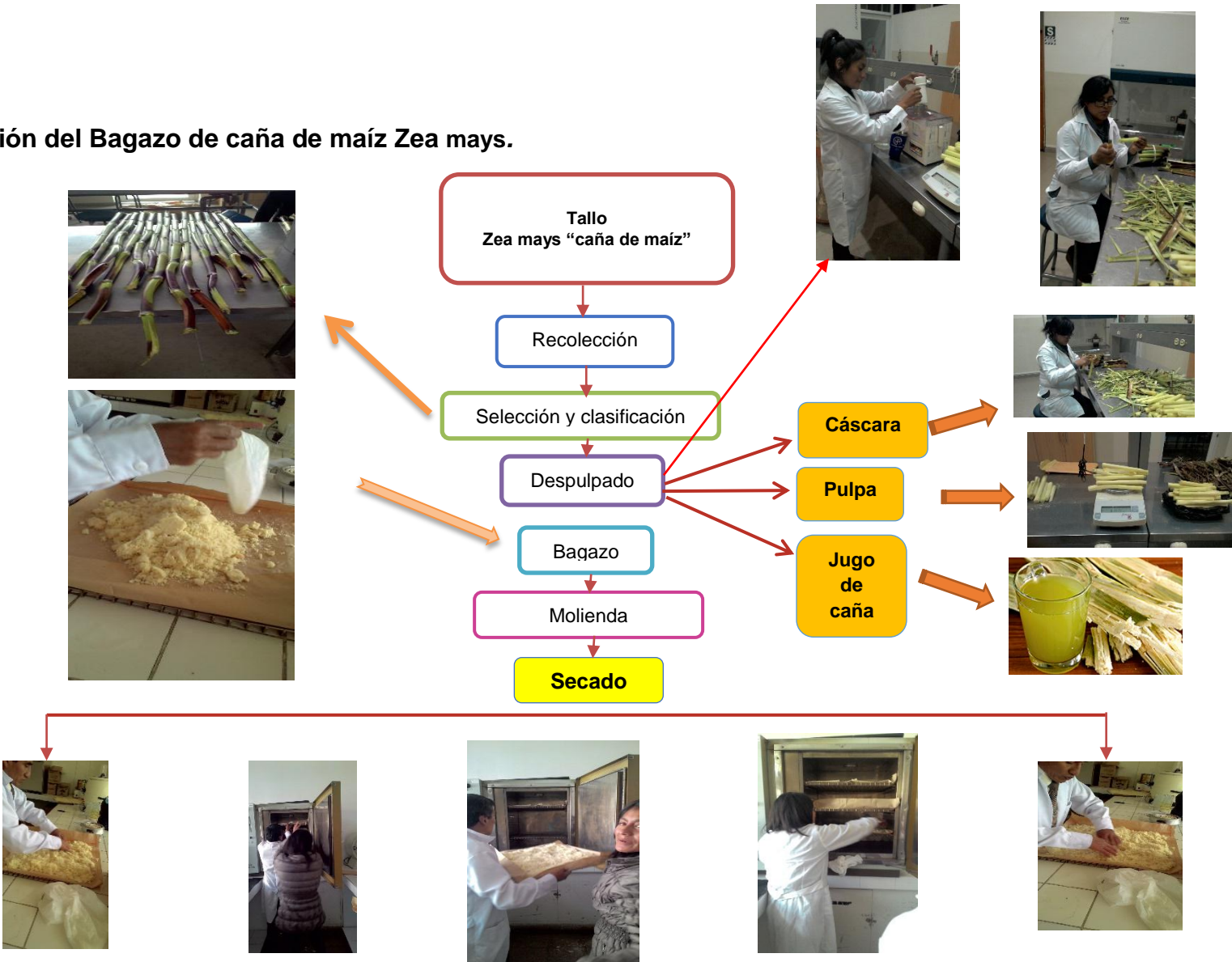


Figura 5. Esquema general para la obtención del Bagazo de de caña de Zea mays "Caña de choclo".

Fuente: Elaboración propia, febrero 2016.

2.10. MÉTODO UTILIZADO

2.10.1. Análisis químico proximal del Bagazo de caña de maíz Zea mays

A. Humedad y materia seca

La humedad se determina mediante el método recomendado por la Asociación de Químicos Analíticos Oficial Internacional AOAC. Una vez determinada la humedad se obtiene el porcentaje de materia seca por diferencia³⁵.

B. Grasa

Método recomendado según soxhlet utilizando solventes orgánicos.³²

C. Fibra bruta

Metodología que consiste en la eliminación de carbohidratos solubles mediante la acción de ácidos y álcalis y eliminación de cenizas.³²

D. Proteína

Método recomendado según el procedimiento químico de kjeldahl que determina el contenido de nitrógeno y el contenido de proteína en función al factor proteico 6,25³².

E. Cenizas.

Se determina mediante la calcinación seca en el horno mufla a una temperatura de 600°C por 3 horas.³²

2.10.2. Características fisicoquímica de la maceración enzimática con celulasa.

El análisis de las propiedades físicas y químicas durante el proceso de maceración enzimática en el bagazo de caña.

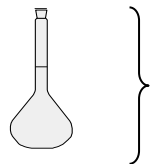
A. Azúcares reductores

Método recomendado que consiste en la reacción oxido-reducción del ácido 3,5 dinitrosalicílico y el tartrato de sodio y potasio en un medio alcalino produciendo una coloración marrón intensa que es detectada a una longitud de onda de 540 nm, metodología desarrollada por Miller (1959).

Figura 6. ESQUEMATIZACION DE LA DETERMINACIÓN DE AZUCARES REDUCTORES a 540 nm.

REACTIVOS:

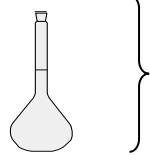
+ DNS



- ✓ 0.5 g de ácido dinitrosalícilico
- ✓ 0.55g de NaOH
- ✓ 0.1 g de fenol
- ✓ 0.025 g de sulfito de sodio

Enrasar con agua destilada tibia, hasta 50 ml.

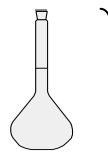
+ Sal de Rochelle al 40%



- ✓ 20 g Tartrato de Sodio y Potasio

Enrasar con agua a 50 ml.

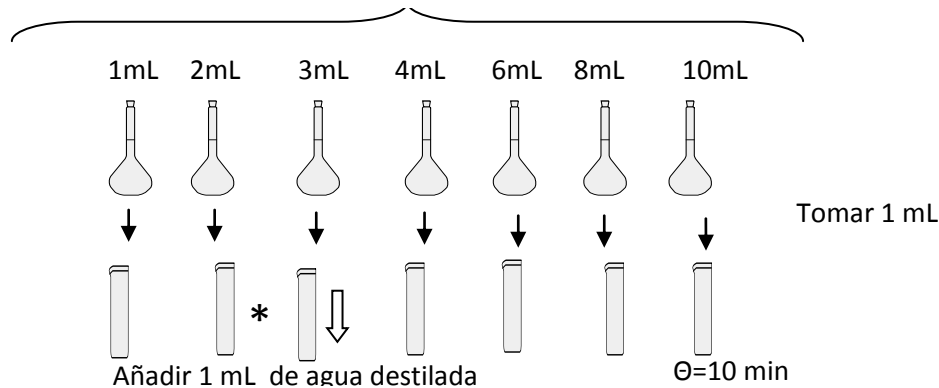
CURVA ESTÁNDAR:



- ✓ 0.5 g de Glucosa anhidra

Enrasar con agua a 50 ml.

Alícuota



Añadir 2 mL de DNS, llevar a ebullición

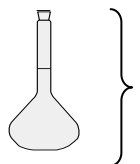
Añadir 1 mL de Sal de Rochelle

- Enfriar en agua corriente
- $\Theta=5$ min

Añadir 10 mL de agua destilada

- Mezclar bien, invirtiendo

MUESTRA:



- ✓ Tomar 0.5 ml de muestra filtrada con papel Whatman 40
- ✓ Ponerla en una fiola de 50 ml y enrasarla.

B. Carbohidratos totales

Método recomendado por la AOAC, 2007

C. Determinación de fibra dietética

Se considera que el peso de muestra que resulta del proceso de secado corresponde a la totalidad de los sólidos presentes en el producto; por lo tanto la expresión **en base seca** refiere el valor al peso de sólido seco del producto obtenido de este modo³⁶.

El método enzimático-gravimétrico empleado para la determinación de FD requiere el secado de la muestra, y refiere el porcentaje de FD al gramo de muestra seca analizado, es decir, se expresa en base seca (BS). A partir del dato de contenido de humedad de la muestra fresca, es posible expresar el resultado como porcentaje de FD en base húmeda (BH).

Sean las variables siguientes:

MH = peso de la muestra húmeda (g)

M = peso de la muestra seca (g)

%MS = porcentaje de sólidos en la muestra húmeda (%)

gFD = peso de fibra dietética del producto (g)

%FD = porcentaje de fibra dietética del producto (%)

Entonces

$$\%FD (BH) = \frac{gFD}{MH} \times 100 \quad (1)$$

$$\%FD (BS) = \frac{gFD}{M} \times 100 \quad (2)$$

Si el contenido de FD está expresado en % **BH (base húmeda)** y se desea obtener el % **BS (base seca)**, se procede del siguiente modo:

$$\%FD (BS) = \frac{\%FD (BH)}{\%MS} \times 100 \quad (3)$$

2.10.3. Característica Funcional de la fibra dietética durante la maceración enzimática con celulasa.

a. Capacidad de Retención de Agua (CRA).

Se obtuvo por el método propuesto por Chau *et al.* (1997). En un tubo para centrífuga se adicionaron 10 mL de agua destilada a un gramo de muestra (b. s.), se agitó un minuto con ayuda de un agitador magnético y una placa de agitación (velocidad 6), a continuación se centrifugó en un equipo *IEC HN – SII* a 2200 x g (4500 rpm) por 30 min y se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de agua se expresó como los mL de agua retenidos por un gramo de fibra.

$$\text{Capacidad de retención de agua} = \frac{\text{mL de agua retenida}}{\text{g de muestra}}$$

b. Capacidad de Retención de aceite (CRa).

Se realizó según lo sugieren Chau *et al.* (1997)¹⁸. Se adicionaron 10 mL de aceite de maíz a 1 g de muestra en un tubo para centrífuga, se agitó durante un min empleando un magneto y una placa de agitación (velocidad 6), posteriormente se centrifugó en un equipo *IEC HN – SII* a 2200 x g (4,500 rpm) por 30 min y se midió el volumen del sobrenadante en probetas de 10 mL. La capacidad de retención de aceite se expresó como los gramos de aceite retenidos por un gramo de fibra. La densidad del aceite de maíz fue 0.92 g/mL.

$$\text{Capacidad de retención de aceite} = \frac{\text{mL de aceite retenido}}{\text{g de muestra}}$$

c. Capacidad de Hinchamiento (CH).

Fue determinada según la técnica citada por Aguirre (2011)³³. Se colocaron 0.5 g del producto en un tubo graduado, después de medir el volumen (V_o) ocupado por el producto se adicionó un exceso de agua (5 mL) y se agitó con ayuda de un magneto, se dejó en reposo por 24 h para luego medir el volumen final (V_f) de la muestra. Los cálculos fueron:

$$CH = \frac{V_f \text{ (mL)} - V_o \text{ (mL)}}{\text{Peso muestra (g)}}$$

d. Capacidad de Adsorción de agua (CA_d).

Se determinó siguiendo la técnica de Chen *et al.* (1984)¹⁹, para ello se colocó un gramo de muestra (b. s.) en un micro-ambiente de 98% de humedad relativa en equilibrio, el cual se logró colocando 20 mL de solución salina saturada de sulfato de potasio en frascos de vidrio herméticamente cerrados. La muestra se dejó en el micro-ambiente hasta alcanzar peso constante, reportándose la CA_d como la ganancia en peso expresada en gramos de agua por gramo de muestra seca³⁷.

$$\% CA_d = \frac{\text{g de agua adsorbidos}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

e. Capacidad de Absorción de agua (CA_b).

Se realizó según el método 88-04 propuesto por la AACC (1984). Primero se determinó la CA_b aproximada; para ello se pesaron 2.5 g de muestra, se adicionó agua hasta la saturación agitando vigorosamente con ayuda de un

vortex, se centrifugó a 2000 x g (2,400 rpm) durante 10 min en un equipo *Beckman CS-15R* para luego retirar el exceso de agua y pesar³⁸.

La CAb aproximada se calculó de la siguiente manera:

$$\text{CAb aproximada} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{g de muestra}}$$

Con la CAb aproximada se procedió a calcular el peso de la muestra para la determinación, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Peso de muestra} = \frac{7.5}{(\text{CAb aproximada} + 0.5)}$$

Posteriormente se determinó la cantidad de agua necesaria para completar a 7.5 g el peso de la muestra que se utilizó. Esto se calculó restando a 7.5 g el peso de la muestra determinado con anterioridad. El resultado obtenido fue la cantidad de agua que se adicionó a la muestra para completar un peso de 7.5 g.

Para determinar la CAb se colocó muestra en cuatro tubos y se adicionó 0.75 y 0.25 mL de agua por arriba y por abajo de lo determinado, se agitó vigorosamente durante 2 min en el *vortex*, se centrifugó en un equipo *Beckman CS-15R* a las condiciones antes citadas y se pesó, se calcularon los gramos de agua absorbidos en cada tubo para obtener un promedio. La CAb de la muestra se calculó de la siguiente manera³⁹:

$$\%CAb = \frac{\text{Promedio de agua absorbida (g)}}{\text{muestra (g)}} \times 100$$

2.11. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

2.11.1. Análisis estadístico

Las pruebas se realizaron por triplicado y los resultados de las características químico proximal, rendimiento, características fisicoquímicas y propiedades funcionales se presentan mediante tablas y gráficos; que fueron procesados mediante estadísticos descriptivos (media aritmética y desviación estándar). Todos los datos fueron procesados con la hoja de cálculo Microsoft Excel 2010, stat graphics 5.0 y el software SAS 8.0.⁴⁰

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. Caracterización morfológica de los Tallos de Caña de maíz

Los tallos de caña recolectados de Ahuac y Huancan, se trasladaron al laboratorio de Bromatología de la Facultad de CC.SS de la Universidad Peruana Los Andes. Posteriormente se procedió a tomar medidas de longitud y peso del tallo. Así como el peso del bagazo con el objetivo de calcular el peso promedio del bagazo y el porcentaje del peso del bagazo respecto al peso de la caña (tabla 3).

Tabla 3. Evaluación físico morfológicas de las características biométricas de la caña de maíz

Unidades	Caña de maíz(g)	Cascara(g)	Pulpa(g)	Bagazo(g)	Jugo(g)
1	67.80	12.80	28.08	15.12	11.80
2	73.30	12.50	30.40	19.43	10.98
3	74.92	13.80	32.70	18.02	10.40
4	70.70	12.40	30.29	16.31	11.70
5	72.90	13.90	29.50	18.94	10.57
6	76.60	13.80	31.40	21.77	9.63
7	70.10	12.90	28.60	18.24	10.37
8	77.00	13.40	31.80	22.61	9.19
9	74.54	12.60	31.20	19.04	11.70
Promedio	73.10	13.20	30.44	18.83	10.70
porcentaje	100	18	42	26	15

Fuente: Elaboración propia, enero 2016.

3.2. Análisis químico proximal de la caña de maíz.

La humedad, proteína, grasa, cenizas y contenido de fibra cruda se determinaron por triplicado siguiendo los métodos estándar (AOAC)

Tabla 4. Composición químico proximal del bagazo de caña de maíz en g/100g de muestra.

Componentes g/100g	R1	R2	R3	Media	DesvStand ±
Humedad	74.34	73.67	75.46	74.49	0.90
Proteínas	1.21	1.11	1.24	1.19	0.07
Grasa	0.11	0.11	0.09	0.10	0.01
Fibra	18.25	17.48	17.21	17.65	0.54
Cenizas	1.26	1.30	1.24	1.27	0.03
Carbohidratos totales	4.83	6.33	4.76	5.31	0.89

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

3.3. Análisis Físico químico del bagazo de caña de maíz.

Las características fisicoquímicas del bagazo de caña de maíz fueron determinados utilizando la metodología recomendada por la AOAC (2007) bajo tres repeticiones analíticas.

Tabla 5. Características fisicoquímicas del bagazo de caña de maíz

Bagazo Fresco	R1	R2	R3	Media	DesvSt
Acidez en %(expresado en ácido sulfúrico)	0.15	0.18	0.1	0.14	0.04
pH a 20°C	5.89	6.07	6.10	6.02	0.11
% Sólidos solubles(°Brix)	13.42	14.52	15.28	14.41	0.94
Tamaño de partícula (µm)				250	

3.4. Análisis Fitoquímico y principios bioactivos del bagazo de caña de maíz.

Las características fitoquímicas y de principios bioactivos del bagazo de caña de maíz fueron determinados utilizando la metodología recomendada por la AOAC (2007) bajo tres repeticiones analíticas.

Tabla 6. Características fitoquímicas y principios bioactivos del bagazo de caña de maíz

Bagazo Fresco	R1	R2	R3	Media	DesvSt
Azúcares reductores %(g/100g)	2.45	1.78	3.56	2.60	0.90
Vitamina C en mg ácido ascórbico /100 g	34.78	32.67	36.89	34.78	2.11
Fenoles Totales en mg de ácido clorogénico / g	784.34	769.36	834.58	796.09	34.16
Flavonoides en mg de Quercetina /100g	11.56	12.76	13.87	12.73	1.16
Actividad antioxidante en % de inhibición	54.87	61.28	58.93	58.36	3.24

3.5. Características fisicoquímicas del proceso de obtención de fibra dietética de bagazo de caña de maíz por medios enzimáticos, celulasa.

En las tablas 7, 8 y 9 se reportan las características fisicoquímicas que se evalúan durante el proceso de la hidrólisis enzimática por acción de la enzima celulasa a una concentración enzima sustrato del 0,02% a tiempos de 0, 20 y 60 minutos a una temperatura constante de 45°C respectivamente.

Tabla 7. Características fisicoquímicas de la extracción de componentes de fibra de bagazo de caña” según los tratamientos experimentales 0 minutos a 45°C

Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 0 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Azúcares reductores (% / 100g)	2.56	1.94	3.62	2.71	0.85
Carbohidratos totales(%/100g)	4.75	4.72	5.22	4.90	0.28
Fibra dietética soluble (%/100g)	16.47	18.93	21.63	19.01	2.58

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

Tabla 8. Características fisicoquímicas de la extracción de componentes de fibra de bagazo de caña” según los tratamientos experimentales 20 minutos a 45°C

Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 20 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Azucres reductores (% / 100g)	2.35	1.83	2.18	2.12	0.27
Carbohidratos totales(%/100g)	12.89	12.72	12.53	12.71	0.18
Fibra dietetica soluble (%/100g)	39.57	44.76	45.97	43.43	3.40

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

Tabla 9. Características fisicoquímicas de la extracción de componentes de fibra de bagazo de caña” según los tratamientos experimentales 60 minutos a 45°C

Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 60 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Azucres reductores (% / 100g)	3.45	3.26	3.78	3.50	0.26
Carbohidratos totales(%/100g)	15.34	14.82	15.82	15.33	0.50
Fibra dietetica soluble (%/100g)	32.56	33.67	34.85	33.69	1.15

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

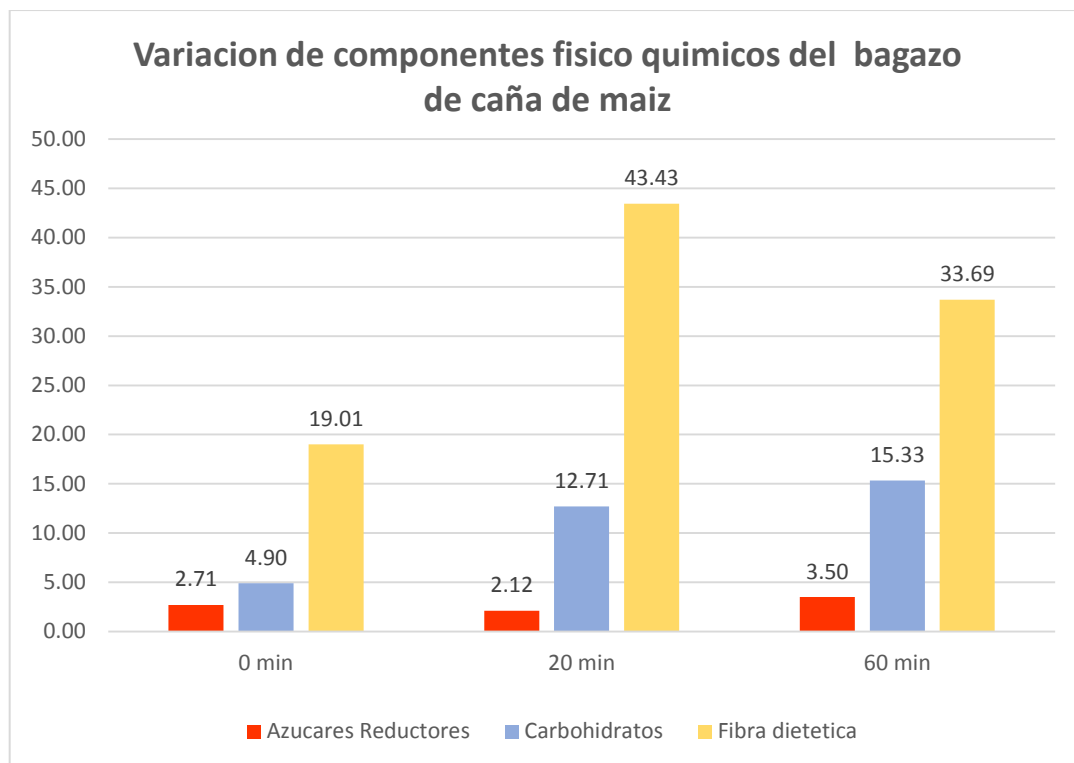


Figura 6. Variación de componentes físico químicos durante el proceso de obtención de fibra dietética

3.6 Análisis de las propiedades funcionales de fibra dietética obtenida de bagazo de caña de maíz.

Los resultados de la evaluación de las propiedades funcionales de la fibra dietética obtenida por medios enzimáticos utilizando la celulasa a una concentración de 0,02% en función al peso total de sustrato se presenta en las tablas 10, 11 y 12; referidos a la capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de agua y capacidad de absorción de agua respectivamente.

3.6.1. Capacidad de retención de agua

Tabla 10. Características funcionales de la fibra dietética obtenida por medios enzimáticos – de bagazo de caña (celulosa)

Tamaño de partícula 250 µm					
Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 0 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Capacidad de retención de Agua(g de agua/g de fibra)	8.56	8.39	9.45	8.80	0.57
Capacidad de retención de aceite (g de aceite /g de fibra)	1.95	2.14	1.85	1.98	0.15
Capacidad de Hinchamiento (mL/ g)	6.78	7.34	7.29	7.14	0.31
Capacidad de Adsorción de agua (%)	45.87	42.78	38.94	42.53	3.47
Capacidad de Absorción de agua(g de agua/ g de fibra)	1.75	1.95	1.85	1.85	0.10

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

Tabla 11. Características funcionales de la fibra dietética obtenida por medios enzimáticos – de bagazo de caña (celulosa)

Tamaño de partícula 250 µm					
Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 20 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Capacidad de retención de Agua(g de agua/g de fibra)	15.67	16.86	19.45	17.33	1.93
Capacidad de retención de aceite (g de aceite /g de fibra)	4.72	3.79	4.82	4.44	0.57
Capacidad de Hinchamiento (mL/ g)	10.24	13.57	12.89	12.23	4.87
Capacidad de Adsorción de agua (%)	75.35	71.83	81.45	76.21	0.48
Capacidad de Absorción de agua(g de agua/ g de fibra)	2.86	2.11	1.98	2.32	

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

Tabla 12. Características funcionales de la fibra dietética obtenida por medios enzimáticos – de bagazo de caña (celulasa)

Tamaño de partícula 250 µm					
Enzima 0,02% Celulasa					
Tiempo 60 minutos temperatura 45°C					
Bagazo	R1	R2	R3	Media	Dstand
Capacidad de retención de Agua(g de agua/g de fibra)	14.76	13.83	16.83	15.14	1.54
Capacidad de retención de aceite (g de aceite /g de fibra)	3.71	3.38	4.23	3.77	0.43
Capacidad de Hinchamiento (mL/ g)	9.45	10.38	9.27	9.70	0.60
Capacidad de Adsorción de agua (%)	80.13	83.74	78.92	80.93	2.51
Capacidad de Absorción de agua(g de agua/ g de fibra)	1.85	1.95	2.15	1.98	0.15

Fuente: Elaboración propia, marzo 2016.

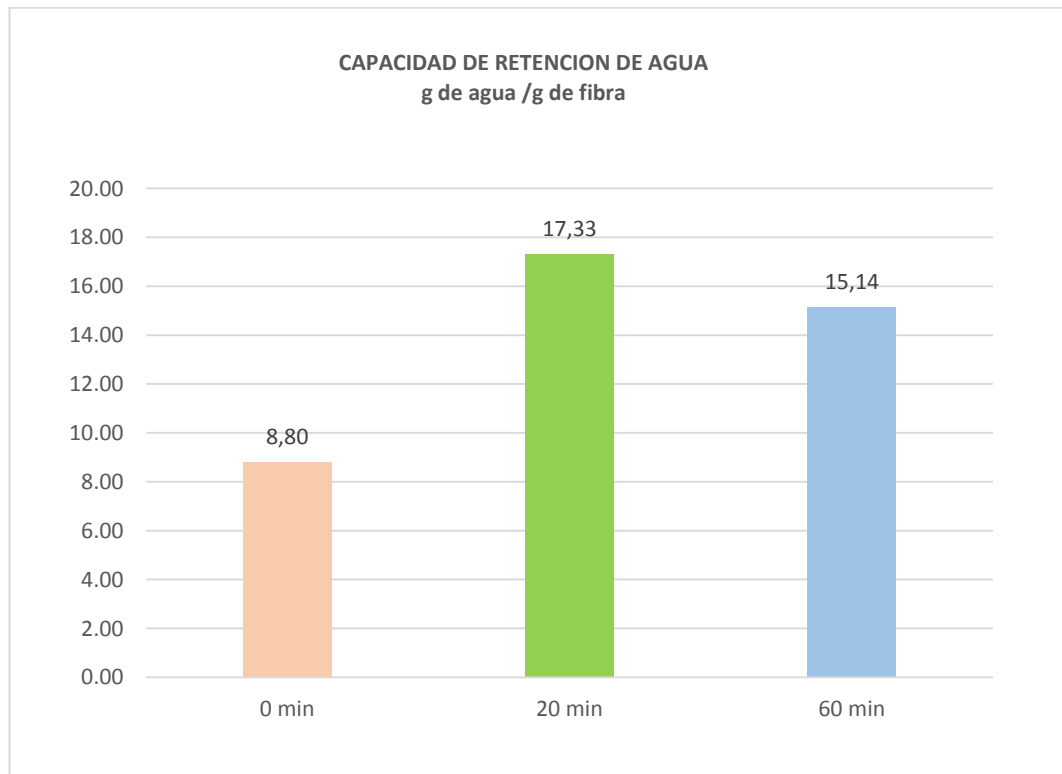


Figura 7. Comportamiento de la capacidad de retención de agua (CRA)

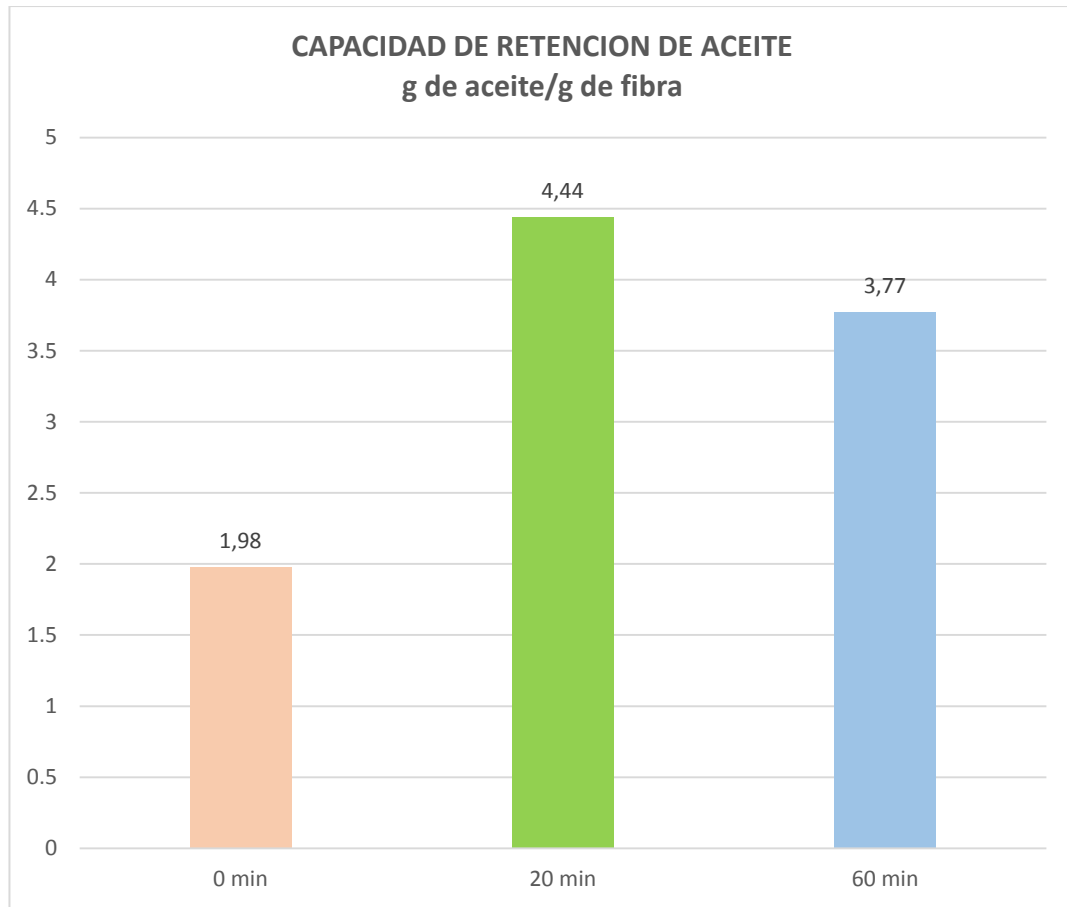


Figura 8. Comportamiento de la capacidad de retención de aceite (CRAceite)

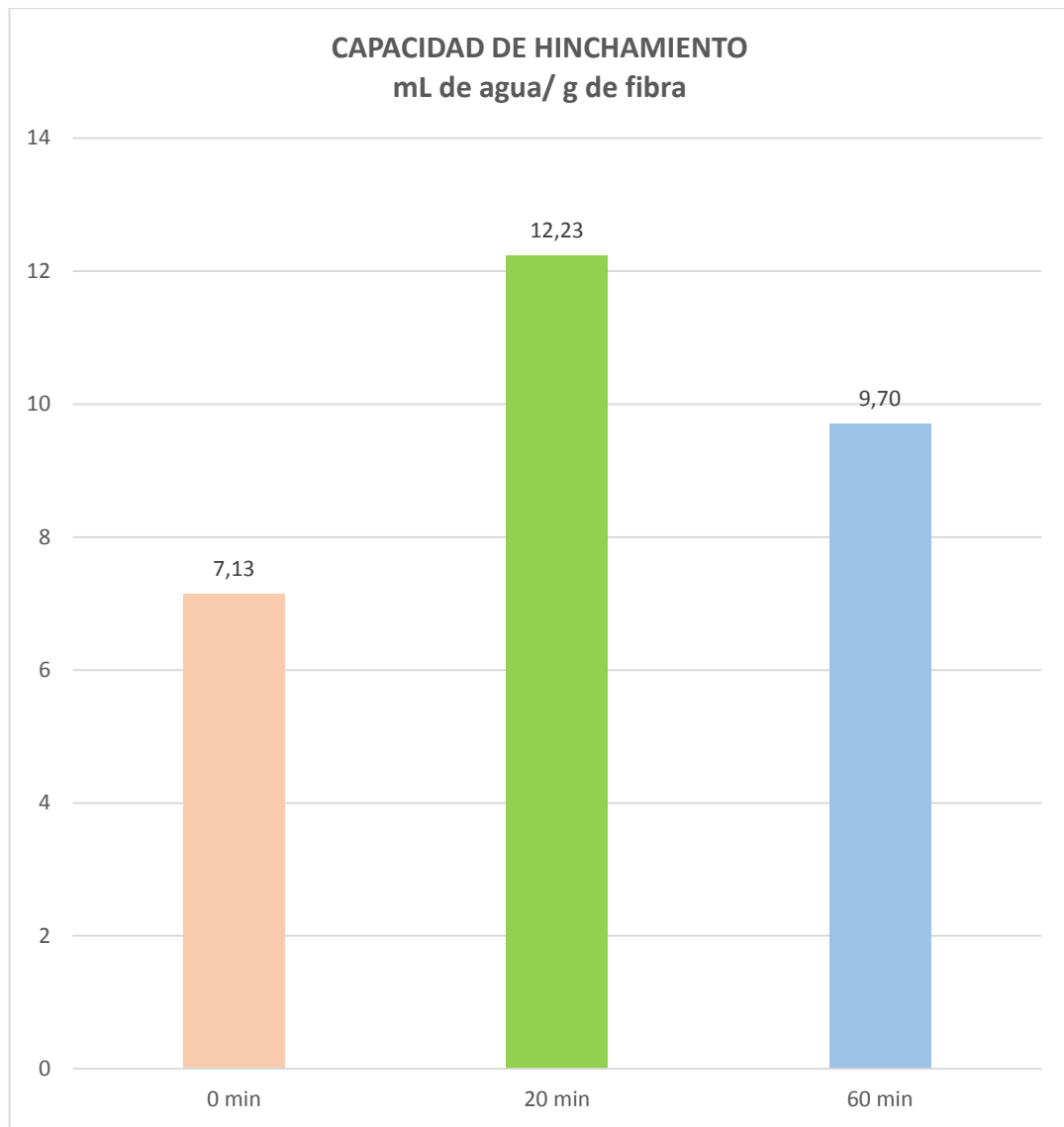


Figura 9. Comportamiento de capacidad de Hinchamiento (CH)

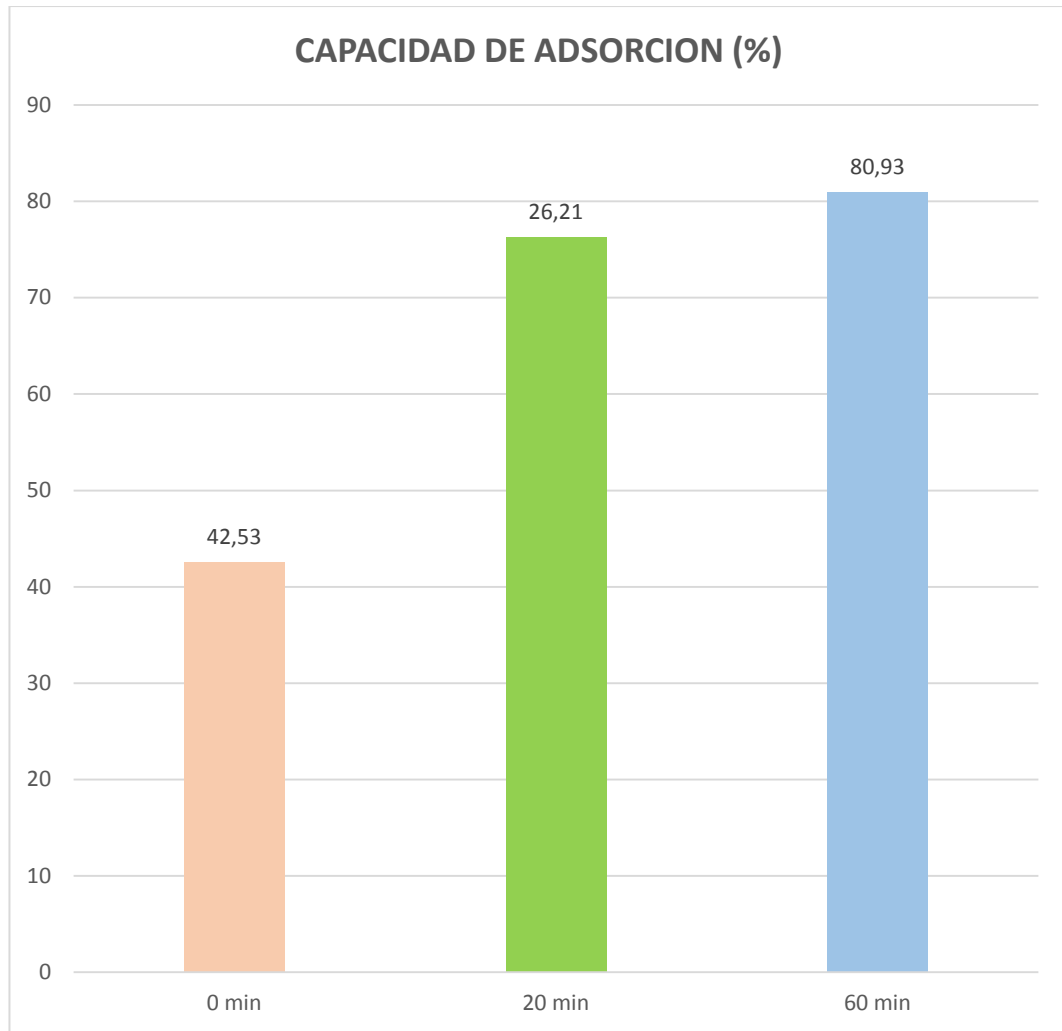


Figura 10. Comportamiento de la capacidad de adsorción de agua (CAdA)

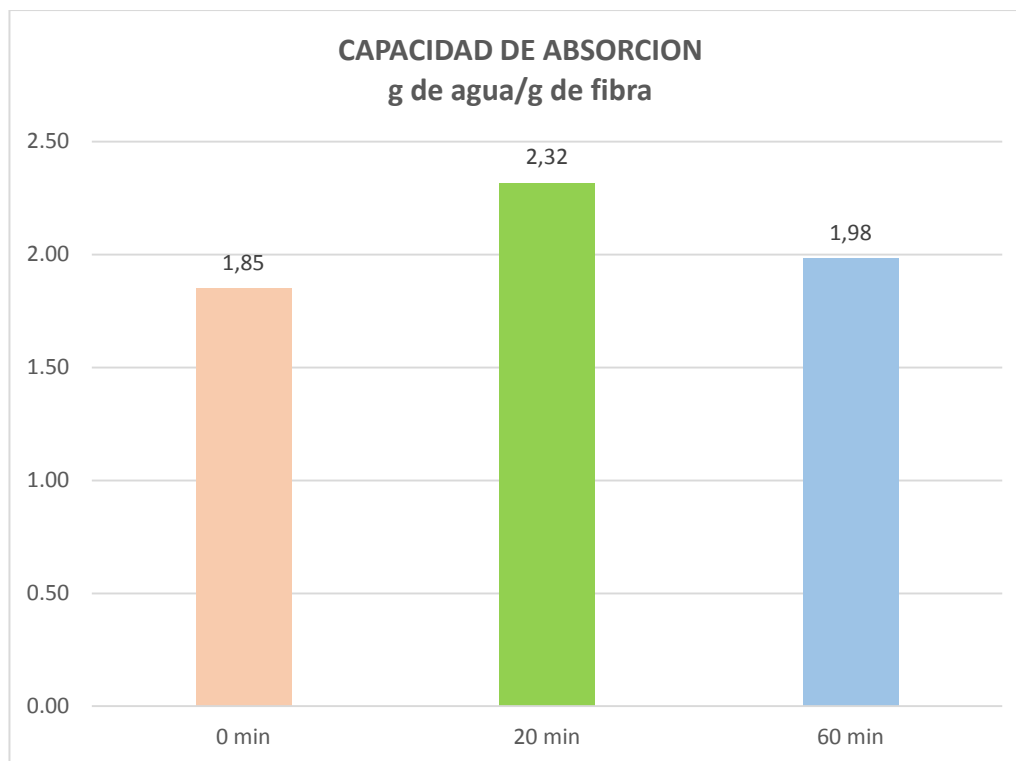


Figura 11. Comportamiento de capacidad de absorción de agua (CAA)

Tabla 13. Resultados de evaluaciones estadísticas de propiedades funcionales

Características funcionales	Significancia de tukey		
	T1	T2	T3
Capacidad de Retención de agua (CRA)	b	a	a
Capacidad de Retención de Aceite(CRAc)	b	a	a
Capacidad de Hinchamiento(CH)	b	ab	a
Capacidad de Adsorción de agua(CAdA)	b	a	a
Capacidad de Absorción de agua(CAA)	a	a	a

T1: 0 minutos, T2: 20 minutos; T3: 60 minutos

Letras iguales: no hay diferencia estadísticamente

Letras diferentes: Si hay diferencia estadísticamente

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluaciones del bagazo de caña de maíz

a. Evaluación de Composición química del bagazo de caña de maíz

La composición química proximal del bagazo de caña de maíz se presenta en la tabla 4, el contenido de humedad es de 74,49%, este contenido es similar a lo obtenido por Rojas (2004)³², que investigó en caña de maíz obteniendo un contenido de humedad de 73 a 76%, también Aguirre (2011)³³ evaluó humedad en caña de azúcar, presentando un valor de 73 a 76 %, que es muy similar a lo obtenido, en cuanto al contenido de fibra se obtuvo 17,65%, este valor es ligeramente superior a lo obtenido por Aguirre (2011)³³ que reporta de 11 a 16%. También se determinó otros componentes que se encontraron en pequeñas cantidades, siendo estas grasa 0,105%, Proteína 1,19% cenizas 1,21% y carbohidratos 5,31%. De lo observado se encuentra similitud al contenido de fibra y agua de caña de azúcar y caña de maíz,

por lo que se puede considerar como una buena fuente de fibra dietética soluble (FDS).

4.2. Evaluación de características fisicoquímicas de caña de maíz

En la tabla 5 se observa las características fisicoquímicas, entre estas la acidez es de 0,14% expresado como ácido sulfúrico y un valor de pH de 6,02 y los sólidos solubles se encontró un valor de 14,41 %, este valor se encuentra dentro del rango reportado por Aguirre (2011)³³ para la caña de azúcar con un valor de 10 a 16%.

En cuanto al tamaño se trabajó a un tamaño de partículas homogéneo de 250 μm , este valor se encuentra dentro del rango recomendado por Sánchez (2005)³⁶, que indica que el tamaño ideal de las partículas de fibra para consumo humano se ubica entre 50 – 500 μm , ya que tamaños mayores influyen negativamente en la apariencia del producto e imparte una sensación fibrosa que dificulta la masticación y deglución y tamaños menores afectan la hidratación y forman grumos en el producto. Además según Rincón y Padilla, (2005)³⁷, el tamaño perfecto para la evaluación aprovechamiento de la fibra dietética en harinas de cáscara de naranja, mandarina y toronja es de 250 μm , porque se ubica en un rango intermedio que facilita los análisis químicos y de compuestos bioactivos.

4.3. Evaluación de componentes bioactivos

En la tabla 6 se presenta el contenido de componentes bioactivos, se observa un contenido de vitamina C de 34,78 mg de ácido ascórbico por 100 g de muestra, polifenoles totales 796,09 mg-Eq ácido gálico/ g m.s. y flavonoides 12,73 mg-Eq de quercetina por 100 g y una actividad antioxidante de 58,36% de inhibición. Estos resultados indican que el bagazo de caña de maiz sería una buena fuente de fibra dietética soluble además por su contenido de componentes bioactivos sería muy recomendada su uso desde el punto de vista dietético, para la prevención

de ciertas enfermedades debido a su contenido de ácido ascórbico, flavonoides y compuestos fenólicos, cuyo uso podría ser adecuado en la formulación de alimentos funcionales, aprovechando en un solo ingrediente las propiedades de la fibra y los compuestos antioxidantes.

4.4. Evaluaciones de componentes durante el proceso de obtención de fibra dietética a partir de bagazo de caña de maíz con enzima celulasa (0,02%).

Durante el proceso de obtención de la fibra dietética por medio enzimático se obtuvo resultados variables del contenido de azúcares reductores, carbohidratos totales y fibra dietética, estos se presentan en las tablas 7, 8 y 9.

En la figura 6 se observa las variaciones de los componentes del bagazo a través de los diferentes tiempos de hidrólisis enzimática (0 min, 20min y 60 min), los azúcares reductores mantienen su contenido a través del tiempo, ello es debido a que la enzima celulasa utilizado actúa sobre la celulosa, por otro lado los carbohidratos muestran un ligero incremento mientras que la fibra dietética soluble se incrementa en mayor proporción a través del tiempo, observándose a 20 min se obtiene mejor rendimiento de fibra dietética soluble que a 60 min.

4.5. Evaluación de propiedades funcionales de la fibra dietética

Los resultados de la evaluación de las propiedades funcionales de la fibra dietética obtenida del bagazo de caña de azúcar a una temperatura de 45°C a 0 minutos se presentan en la tabla 10, a 20 minutos en la tabla 11 y a 60 minutos en la tabla 12.

En la figura 7 se muestra el comportamiento de retención de agua (CRA) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 8,80 ; 17,33 y 15,14 g de agua / g de fibra,

estos valores obtenidos son altos comparados con el CRA de la piña de 6,1 g de agua/g de fibra obtenido por Fernandez (2006)³⁵ y de naranja de 9,6 g de agua/g de fibra obtenido por Chimborazo (2011)³⁸, también se observa que FDS obtenida a 20 min presenta mayor CRA. En la evaluación estadística (tabla 13) se muestra que entre el T2 (20 minutos) y T3 (60 minutos) no hay diferencia estadísticamente significativa al 0,1% en su capacidad de retención de agua y la FDS (0 minutos) es inferior estadísticamente a los anteriores.

La funcionalidad de un componente o un ingrediente se define como una propiedad físico-química de los polímeros que afectan o modifican algunas de las características de un alimento.

El tamaño de partícula es otra propiedad importante, ya que influye directamente sobre la calidad de un producto terminado, y de ello dependerá al tipo de alimento en que se incorpore, pudiendo añadirse como fibra perceptible o imperceptible según el tamaño de partícula (Mendoza, 2007)²⁶.

La capacidad de retención de agua de la fibra está asociada con el efecto laxante, pues contribuye directamente al incremento de la excreción fecal y a deyecciones blandas y de mayor volumen, con su efecto beneficioso en la regulación intestinal (Mongeau, et al., 1990)³⁴.

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la capacidad de retención de aceite (CRAceite) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 1,98 ; 4,44 y 3,77 g de aceite / g de fibra, respetivamente, estos valores obtenidos son similares a los valores de CRAceite de otras fibras como la obtenida de cascara de mango estudiada por Serna (2015) que obtuvo valores cercanos a 5 g de aceite / g de fibra, el cual lo considera valores altos. Esta característica funcional es muy importante ya que la capacidad de retención de aceite

(CRaceite) está relacionada con la capacidad para absorber grasa bajo la acción de una fuerza mecánica; cuando esta retención es baja proporciona una sensación no grasosa en los productos fritos, cuando es alta, imparte a los productos cárnicos jugosidad y mejor textura (Sanchez, 2005)³⁶.

También Vergara et al., (2007)³⁹ refiere que las fibras con alta CRAceite pueden ser utilizados como aditivos en emulsiones. Por ello la fibra obtenida puede ser utilizada en preparados farmacéuticos emulsificados. Por otro lado, polvos alimentarios con estas características de retención de aceites podrían utilizarse en la formulación de alimentos funcionales con efectos benéficos en la salud; de acuerdo a Elleuch et al. (2011)³⁹, polvos alimentarios con estas cualidades pueden reducir el colesterol sérico.

También se observa que la FDS obtenida a 20 min presenta mejor CRAc que el de 60 minutos, sin embargo en la evaluación estadística (tabla 13) se muestra que entre la FDS (20 minutos) y FDS (60 minutos) no hay diferencia estadísticamente significativa al 0,1% en su capacidad de retención de aceite y el FDS (0 minutos) es inferior estadísticamente.

En la figura 9 se muestra el comportamiento de capacidad de hinchamiento (CH) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 7,13; 12,23 y 9,70 mL de agua / g de fibra, respectivamente, estos valores obtenidos son mayores a los encontrados por Valencia (2006)⁴² que evaluó diferentes fibras y reportó valores de 2,3 a 7,1 mLH₂O/g fibra, ello significa que la fibra obtenida tiene buena capacidad de aumentar su volumen en un exceso de agua, por lo que podría provocar mayor saciedad y un aumento del bolo fecal, como indica Villarroel (2003)⁴¹. La FDS obtenida a 20 min presenta mayor CH que a 0 minutos y 60 minutos, sin embargo estadísticamente (tabla 13) se observa que la FDS (20 min) y FDS (60 minutos) no presentan diferencia estadísticamente significativa al 0,1% en su capacidad de hinchamiento y a

su vez la FDS (60 minutos) y FDS (0 minutos) también no presentan diferencias estadísticamente al 0,1%.

En la figura 10 se muestra el comportamiento de adsorción de agua (CA_{AdA}) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 42,53; 26,21 y 80,93 mL de agua / g de fibra, respectivamente, se observa que a mayor tiempo de hidrolisis mayor será la capacidad de adsorción. Al respecto según Dhanalakshmi et al., (2011)⁴⁰, la adsorción depende de factores micro estructurales como el tamaño de la partícula, la densidad y la porosidad. En el presente estudio el grado de hidrolisis se incrementa en función al tiempo por lo que ello puede afectar la porosidad y al aumentar la porosidad se aumenta la adsorción. En la evaluación estadística (tabla 13) se muestra que entre la FDS (20 minutos) y FDS (60 minutos) no hay diferencia estadísticamente significativa al 0,1% en su capacidad de adsorción de agua y la FDS (0 minutos) es inferior estadísticamente a los anteriores.

En la figura 11 se muestra el comportamiento de capacidad de absorción de agua (CAA) de las fibras dietéticas solubles (FDS) obtenidas a 0min, 20 min y 60 min, observándose que presentan 1,85; 2,32 y 1,98 g de agua / g de fibra, estos valores obtenidos son altos comparados con el CAA de naranja de 8,115 g de agua/g de fibra obtenido por Chimborazo (2011)³⁸, también en a figura observamos que FDS obtenida a 20 min presenta mayor CAA, sin embargo en la evaluación estadística (tabla 13) se muestra que entre la FDS (0 minutos), FDS (20 minutos) y FDS (60 minutos) no hay diferencia estadísticamente significativa al 0,1% en su capacidad de absorción de agua.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

1. La composición química proximal del bagazo caña de Zea mayz “maíz” presenta alto contenido de fibra cruda total de 17,65%, siendo una buena fuente para la obtención de fibra dietética soluble (FDS), además con un contenido de vitamina C de 34,78 mg de ácido ascórbico por 100 g de muestra, polifenoles totales 796,09 mg-Eq ácido gálico/ g m.s. y flavonoides 12,73 mg-Eq de quercetina por 100 g y una actividad antioxidante de 58,36% de inhibición.
2. La obtención de fibra dietética soluble (FDS) es mayor por hidrólisis enzimática con celulasa al 0,02%, a un tiempo de 20 min en comparación con la obtenida a 60 min.
3. La fibra dietética soluble (FDS) obtenida a 45°C por hidrólisis enzimática (celulasa a 0,02%) por un tiempo de 20 min presenta mejor rendimiento en comparación de la obtenida a 60 min.
4. La fibra dietética soluble (FDS) obtenida a 45°C por hidrólisis enzimática (celulasa a 0,02%) por un tiempo de 20 min presenta mejores propiedades funcionales capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención

de aceite (CRAceite), capacidad de hinchamiento (CH) y capacidad de absorción de agua (CAA) en comparación de la obtenida a 60 min, a diferencia de la capacidad de absorción de agua (CAAdA) es mejor en FDS obtenida por un tiempo de 60 min.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar investigaciones para verificar la variación del contenido de oligofruktanos en el bazo de caña de maíz tanto fresca como deshidratada.
2. Se recomienda realizar estudios para el aprovechamiento del jugo de caña de maíz después de la extracción del bagazo de caña ya que tienen un alto contenido mineral y azúcares, que al ser estas deshidratadas tienen un aroma y sabor agradable y son aptas para el consumo humano.
3. Se recomienda realizar estudios sobre tecnologías de extracción de bagazo y zumo de caña de maíz.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFÍA

1. A.A.C.C. American Association of Cereal Chemist. 1984, Approved methods of the American Association of Cereal Chemist. St Paul MN.
2. A.A.C.C. *American Association of Cereal Chemist*. 2001, The definition of dietary fiber. 46, 112-124.
3. A.O.A.C *Association of Oficial Analytical Chemists*. 1997, Official methods of analysis, Editorial Gaithersburg. Cap. 2-13,14; Cap. 4-13, Cap. 25-28; Cap. 32-1,2.
4. Archibald, Douglas y Sandra Kays. 2000, Deremination of total dietary fiber of intact cereal food products by near-infrared reflectance. *J. Agric. Food Chem.* 48, 4477-4486.
5. Arthey, David y Colin Dennis.1991, *Procesado de Hortalizas*, Editorial Acribia, España,98.
6. Artz, W. E.; C. C. Waren, A. E. Mohring y R. Villota. 1990, Incorporation of Corn fiber into Sugar snap cookies. *Cereal Chem.* 67 (3), 303-305.

7. Auffret, A. M-C. Ralet, F. Guillon, J-L. Barry y J-F- Thibaulf. 1994, Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres. *Lebensm Wiss u Technol* 27, 166-172.
8. Augstburger, F.; Christine Streit, Joachim Milz, Jörn Berger, Petra Heid y Udo Censkowsky. 2000, Agricultura Orgánica en el trópico y subtropical. Mango, Asociación Naturland, Alemania.
9. Badui Dergal, Salvador. 1999, Química de los alimentos, Editorial Universidad Alambra, México, 108.
10. Baquero, Claudia y Ana Silvia Bermúdez. 1998, Los residuos vegetales de la industria de jugo de maracuyá como fuente de fibra dietética. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo, M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 207-214.
11. Barbosa-Canovas, Gustavo; Ph.D. Li Ma, Ph.D. Blas Barletta, M. S. 1997, Manual de laboratorio de ingeniería en alimentos. Editorial Acribia, España. 71-78.
12. Bello G., José. 2000, Ciencia Bromatológica. Principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España, 240-242.
13. Betancur-Ancona, David., Gwendolyne Peraza-Mercado, Yolanda Moguel-Ordoñez y Sonia Fuertes Blanco. 2004, Physicochemical characterization of lima bean (*Phaseolus lunatus*) and Jack bean (*Canavalia ensiformis*) fibrous residues. *Food Chemistry* 84, 287-295.
14. Bravo, Laura, Nora Grados y Fulgencio Saura-Calixto. 1998, Characterization of syrups and dietary fiber obtained from Mesquite pods (*Prosopis pallida* L). *J. Agric. Food Chem.* 46, 1727-1733.
15. Calixto, Saura; Goñi Cambrodón, Martín Albarrán y R. Pulido Ferrer. 2002, Fibra dietética en cerveza: contenido, composición y evaluación nutricional. Centro de Información Cerveza y Salud. España. 4-19, 43
16. Calvo, Carlos y Luis Durán. 1997, Propiedades físicas II. Ópticas y color. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 1; editado por José Miguel Aguilera, CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México, 261-288.

17. Casp V., Ana y José Abril R. 1999, Procesos de conservación de alimentos, Ediciones Mundi Prensa, España 332-336.
18. Chau, C. F; Cheung, K. y Wong, Y. S. 1997, Funtional properties of Protein Concentrates from three Chinese indigenous legume seeds. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 45, 2500-2503.
19. Chen, J., M. Piva y T. P. Labuza. 1984, Evaluation of Water Binding Capacity (WBC) of food fiber sources. *Journal food science*. 49, 59-63.
20. Cho, Sungsoo; Jhonathan W. De Vries y Leon Prosky. 1997, Dietary Fiber, Análisis and Applications, AOAC International, USA. 1-9, 49-60, 119-132
21. Cruz, Marisa. 2002, "Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (*Pasiflora edulis*)" Tesis. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
22. Cummings, John H., George T Macfarlane y Hans N. Englyst. 2001, Prebiotic digestión and fermentation. *Am. J Clin Nutr*. 73, 415S- 420S.
23. De Vries, J. W., L. Prosky, B. Li y S. Cho. 1999, A historical perspective on defining dietary fiber. *Cereal foods world*. 423-010, 367-369.
24. Dickinson, Eric. 1995, Emulsion stabilization by polysaccharides and proteinpolysaccharide complexes. En Food polysaccharides and their applications; editado por Alistair M. Stephen, *Marcel Dekker, Inc.*,USA. 501-502.
25. Duque R. L., N. Y. Gallardo, M. A. Santoyo y P. Ma. E. Sánchez. 1998, Efecto fisiológico de seis tipos de fibras dietéticas sobre el volumen fecal en ratas *Wistar*. En Temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra Dietética; editado por Lajolo,
26. M. y E. Wenzel. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. 79-85.
27. Eastwood, Martín. 1993, La fibra dietética y la función gastrointestinal. *Dieta y salud*. Vol 2 no.2 publicación semestral Kellogg's. URL: www.kellogg'snutrición.com/dieta-salud Consultada el 16 de Octubre de 2004.

28. Femenia, A., A. C. Lefebvre, J.Y. Thebaudin, J. A. Robertson y C. M. Bourgeois. 1997, Physical and sensory propertie of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Journal of food science*. 62, 635-639.
29. Fernández Pérez, Marilis y José Luis Rodríguez Sánchez. 2001, Tecnología para la obtención de fibra dietética a partir de materias primas regionales. La experiencia en Cuba. En *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud. Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos*. Editado por Lajolo,
30. M., F. Saura-Calixto, E. Witting y E. Wenzel. Varela Editora. Brasil. 212-213.
31. Fuertes S. 1998, Tendencias actuales en el uso de la fibra dietética en la alimentación. Séptimo simposio de alimentos. Universidad Autónoma de Yucatán. 1-25.
32. Rojas A. M. (2004). extracción de lignina proveniente de residuos agroindustriales para su empleo en procesos de gasificación
33. Aguirre R. M. (2011). Jugo de caña de Azucar envasado en vidrio . Tesis. Instituto de Tecnologías. Guayaqui Ecuador
34. Mongeau, R.; Siddiqui, I. R.; Emery, J. y Brassard, R. J. *Agric. Food Chem.* 38:195-200, 1990.
35. Fernández M, Falco A. García M. y Zelgueira O. (2006). Obtención de concentrado de fibra de piña (*ananas comosus l.*) . *Ciencia y Tecnología de Alimentos* Vol. 16, N°2, 2006. Instituto de Investigaciones para la Industria. La Habana, Cuba.
36. SÁNCHEZ B. (2005). Caracterización Fisicoquímica y Funcional de la Fibra Dietética del Fruto de Níspero (*Eriobotrya japonica*) y de la Cáscara de Mango Obo (*Mangifera indica L.*). Tesis para Obtener el Título de Ingeniero en Alimentos. Huajuapán – México. Pág. 76.
37. RINCÓN A., VÁSQUEZ A., PADILLA F. (2005). Composición Química y Compuestos bioactivos de las Harinas de Cáscaras de Naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y Toronja (*Citrus paradisi*) Cultivadas en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Vol.55 (3). Caracas – Venezuela. Pág. 12.

38. CHIMBORAZO M. (2011). “Efecto de Escaldado y Molienda en las Capacidades de Absorción y Retención de Agua en la Fibra Dietética de Naranja (*Citrus sinensis*)”. Ambato – Ecuador, Universidad Técnica de Ambato - Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería en Alimentos.
39. Vergara, N., Granados, E., Agama, E., Tovar, J., Ruales, J., Bello, L, Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. *Food Science and Technology*: 40 (4), 722–729. (2007).
40. Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H, Dietary fibre and fibre-rich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem*: 124, 411–421. (2011).
41. Dhanalakshmi, K., Ghosal, S., Bhattacharya, S, Agglomeration of food powder and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*: 51 (5), 432–41. (2011).
42. Villarroel M, Acevedo C, Yáñez E, Biolley E. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 2003 Diciembre;53(4):1-15.
43. Valencia F,. Roman m. (2006). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE TRES CONCENTRADOS COMERCIALES DE FIBRA DIETARIA. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA* ISSN 0121-4004 Volumen 13 número 2, año 2006. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia. págs. 54-60

ANEXOS

ANEXO 1. EVALUACION ESTADISTICA

CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA

Diseño completamente al azar

Obs	T	R	N
1	1	1	8.56
2	1	2	8.39
3	1	3	9.45
4	2	1	15.67
5	2	2	16.86
6	2	3	19.45
7	3	1	14.76
8	3	2	13.83
9	3	3	16.83

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	1 2 3

Number of observations 9

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	117.6811556	58.8405778	27.50	0.0010
Error	6	12.8356667	2.1392778		
Corrected Total	8	130.5168222			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.901655	10.63299	1.462627	13.75556

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	117.6811556	58.8405778	27.50	0.0010

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for N

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally Has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	2.139278
Critical Value of Studentized Range	4.33902
Minimum Significant Difference	3.6641

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	T
A	17.327	3	2
A	15.140	3	3
B	8.800	3	1

El tratamiento 2 es mejor seguido del tratamiento 3, sin embargo no hay diferencia significativa estadísticamente al 0,1 y 0,5% entre estos tratamientos

CAPACIDAD DE RETNCION DE ACEITE

Diseño completamente al azar

Obs	T	R	N
1	1	1	1.95
2	1	2	2.14
3	1	3	1.85
4	2	1	4.72
5	2	2	3.79
6	2	3	4.82
7	3	1	3.71
8	3	2	3.38
9	3	3	4.23

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	1 2 3

Number of observations 9

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	9.73295556	4.86647778	27.65	0.0009
Error	6	1.05593333	0.17598889		
Corrected Total	8	10.78888889			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.902128	12.34257	0.419510	3.398889

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	9.73295556	4.86647778	27.65	0.0009

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for N

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	0.175989
Critical Value of Studentized Range	4.33902
Minimum Significant Difference	1.0509

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	T
A	4.4433	3	2
A			
A	3.7733	3	3
B	1.9800	3	1

Se observa que la muestra 3 es mejor seguido de la muestra 2 y entre ambos no hay diferencia estadística significativa y a la vez estos son superiores a la muestra 1

CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO

Diseño completamente al azar

Obs T R N

1	1	1	6.78
2	1	2	7.34
3	1	3	7.29
4	2	1	10.24
5	2	2	13.57
6	2	3	12.89
7	3	1	9.45
8	3	2	10.38
9	3	3	9.27

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	1 2 3

Number of observations 9

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	38.96446667	19.48223333	16.48	0.0037
Error	6	7.09313333	1.18218889		
Corrected Total	8	46.05760000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.845994	11.22069	1.087285	9.690000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	38.96446667	19.48223333	16.48	0.0037

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for N

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	1.182189
Critical Value of Studentized Range	4.33902
Minimum Significant Difference	2.7238

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	T
A	12.2333	3	2
A			
B A	9.7000	3	3
B			
B	7.1367	3	1

El mejor tratamiento es el tratamiento 2 seguido del tratamiento 3 y entre ambos no hay diferencia estadística significativamente y a la vez entre tratamiento 3 y 1 también no hay diferencia significativamente

CAPACIDAD DE ADSORCION DE AGUA

Diseño completamente al azar

Obs	T	R	N
1	1	1	45.87
2	1	2	42.78
3	1	3	38.94
4	2	1	75.35
5	2	2	71.83
6	2	3	81.45
7	3	1	80.13
8	3	2	83.74
9	3	3	78.92

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	1 2 3

Number of observations 9
Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	2631.180800	1315.590400	93.90	<.0001
Error	6	84.064000	14.010667		
Corrected Total	8	2715.244800			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
----------	-----------	----------	--------

0.969040 5.623903 3.743083 66.55667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	2631.180800	1315.590400	93.90	<.0001

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for N

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	14.01067
Critical Value of Studentized Range	4.33902
Minimum Significant Difference	9.3769

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	T
A	80.930	3	3
A			
A	76.210	3	2
B	42.530	3	1

El tratamiento 3 es mejor que el tratamiento 2 y a su vez entre estos tratamientos no hay diferencia estadística y son superiores al tratamiento 1.

CAPACIDAD DE ABSORCION DE AGUA

Diseño completamente al azar

Obs	T	R	N
1	1	1	1.75
2	1	2	1.95
3	1	3	1.85
4	2	1	2.86
5	2	2	2.11
6	2	3	1.98
7	3	1	1.85
8	3	2	1.95
9	3	3	2.15

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
T	3	1 2 3

Number of observations 9
 Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: N

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	2	0.34666667	0.17333333	2.01	0.2150
Error	6	0.51793333	0.08632222		
Corrected Total	8	0.86460000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	N Mean
0.400956	14.33202	0.293806	2.050000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
T	2	0.34666667	0.17333333	2.01	0.2150

Diseño completamente al azar

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for N

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	6
Error Mean Square	0.086322
Critical Value of Studentized Range	4.33902
Minimum Significant Difference	0.736

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	T
A	2.3167	3	2
A	1.9833	3	3
A	1.8500	3	1

No hay diferencia significativa estadísticamente entre los 3 tratamientos

ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS



Foto 1. Recolección de caña de maíz



Foto 2. Caña de miaz”



Foto 3. *Pelado de la caña de maíz.*



Foto 4. Residuos del pelado de la caña – selección y clasificación.



Foto 5. Caña de maíz seleccionada para la biometria



Foto 6. Caña de maíz pelada



Foto 7. Obtención de bagazo de caña de maíz



Foto 8. Bagazo de caña



Foto 9. Bagazo de caña de maíz

