

“ Concentración, caracterización funcional y utilización en pan francés de la fibra dietética de la pulpa de café (*Coffea arabica*)”.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



**“Concentración, caracterización funcional y
utilización en pan francés de la fibra dietética
de la pulpa de café (*Coffea arabica*)”**

Trabajo de investigación presentado por

VILMA ANABELLA JOACHÍN GODÍNEZ

para optar el grado académico de

**Licenciado en Ingeniería en Ciencias de
Alimentos**


Guatemala

2004

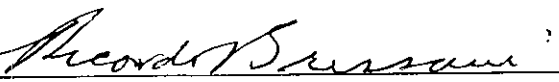
BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

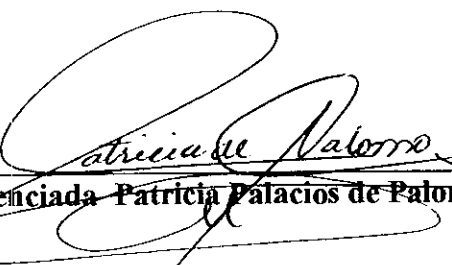
Vo. Bo.

Asesor de Tesis:

(f)  _____
Doctor Ricardo Bressani.

Tribunal

(f)  _____
Doctor Ricardo Bressani.

(f)  _____
Licenciada Patricia Palacios de Palomo.

(f)  _____
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Fecha de aprobación: 11 de mayo de 2004

PREFACIO

Durante los últimos años el precio del café ha sufrido una caída importante a nivel internacional, como consecuencia de una sobreproducción, emergiendo Vietnam como un nuevo país productor; por lo que, el café dejó de ser un producto rentable a pesar de los esfuerzos de los países productores de darle otros valores agregados.

La baja de precios del café afectó considerablemente la economía guatemalteca, porque el café es uno de los principales productos que el país exporta, cuyo ingreso de divisas es importante y generador de empleo para miles de guatemaltecos. Sin embargo, a la crisis hay que sacarle ventaja, sí el café es un producto importante para la economía nacional, pero bajo las condiciones actuales no deja los rendimientos esperados, un subproducto del café como la pulpa, podría ser una alternativa de ingresos que motive a los productores continuar con este cultivo. La pulpa de café contiene importantes nutrientes como: aminoácidos, fibra, proteína y minerales, que podrían contribuir en la dieta del hombre.

Conciente del problema nacional se elaboró un estudio en el cual se utilizó la pulpa de café como fuente de fibra dietética. Al principio se hizo un análisis proximal del material de interés, enseguida, éste material fue sometido a varios tratamientos para limpiar y concentrar la fibra dietética, así como, para eliminar algunos compuestos indeseables. De este proceso, la pulpa de café se transformó en un concentrado de fibra, al cual se le midieron propiedades fisicoquímicas y, más adelante, fue utilizado como un ingrediente para elaborar pan francés, al cual se le midieron algunos parámetros físicos y químicos. El estudio concluyó con un análisis biológico en el cual se utilizaron ratas como modelo experimental. Los resultados obtenidos abren un camino para futuras investigaciones, especialmente en el ámbito económico, para medir la factibilidad económica-financiera para un proyecto de esta naturaleza.

Muchas personas me ayudaron a que esta tesis quedara mejor, entre ellas, el Doctor Ricardo Bressani con quien estoy especialmente agradecida por el tiempo dedicado en la asesoría de este trabajo y sus notables sugerencias en el desarrollo de la investigación, así como, su cuidadosa lectura de los primeros borradores de esta tesis; la Licencia Patricia Palacios de Palomo y al Doctor Héctor Aguilar por su eficiente contribución en proporcionarme reactivos importantes para el experimento; al Señor Carlos Arias por su inagotable ayuda en la realización de los experimentos; a Ingrid Hurtarte de De León por su amable colaboración; al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá –INCAP- sede Guatemala y al Señor Víctor Chajón por su colaboración en el estudio biológico que fue fundamental para esta tesis y finalmente, al Doctor Roberto Molina por su contribución en el análisis estadístico.

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y por guiarme a lo largo de está, así como las gracias por las múltiples bendiciones que he recibido de Él.

A la Virgen por ser un modelo de sabiduría y ejemplo en mi vida.

A mis padres, porque este trabajo es una pequeñísima recompensa de sus sacrificios, aún faltan muchos logros y metas que alcanzaremos juntos.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	vi
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
A. Historia del cultivo de cafeto en Guatemala.....	2
B. Especies y variedades de cafeto.....	3
C. Descripción del fruto de café.....	4
D. Pulpa de café.....	4
E. Fibra dietética.....	7
F. Propiedades funcionales de la fibra dietética.....	10
G. Beneficios por consumo de fibra.....	14
III. JUSTIFICACIÓN.....	16
IV. OBJETIVOS.....	17
V. HIPÓTESIS.....	18
VI. MATERIALES Y MÉTODO.....	19

VII.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
VIII.	RESULTADOS.....	26
IX.	DISCUSIÓN	33
X.	CONCLUSIONES.....	45
XI.	RECOMENDACIONES.....	46
XII.	BIBLIOGRAFÍA	47
XIII.	APÉNDICE A.....	49
XIV.	APÉNDICE B.....	53
XV.	APÉNDICE C.....	59
XVI.	APÉNDICE D.....	66

LISTA DE TABLAS

TABLA	Página
1. Composición proximal de la pulpa de café.....	5
2. Constituyentes de la pared celular y polisacáridos estructurales en la pulpa de café.....	6
3. Fibra dietética total en algunos alimentos.....	10
4. Propiedades directamente relacionadas con el agua absorbida o retenida en diferentes fuentes de fibra.....	12
5. Capacidad de absorción de moléculas orgánicas y capacidad de intercambio catiónico en fuentes de fibras analizadas en alimentos.....	13
6. Algunas enfermedades relacionadas a las dietas con bajo contenido de fibra.....	14
7. Porcentaje de unión de ácidos biliares a cuatro tipos de fibras.....	15
8. Aparatos utilizados durante el experimento.....	24
9. Análisis proximal de la pulpa de café.....	26
10. Determinación de la fibra dietética total en la pulpa de café utilizando tres métodos de la AACC.....	26
11. Fraccionamiento de la pared celular de la pulpa de café utilizando varios tratamientos.....	27
12. Cantidades de sólidos solubles en cada tratamiento para la pulpa de café.....	28
13. Porcentaje de fibra dietética en la pulpa de café control y con la que se trato con metabisulfito de sodio y agua.....	28
14. Propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética de la pulpa de café.....	28

15. Sumatoria de las respuestas de cada panelista para cada tratamiento utilizando en la evaluación sensorial del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.....	29
16. Peso de la masa y pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café	29
17. Altura de la masa al inicio, después de la fermentación y del pan después del horneado con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.....	29
18. Diámetro de la masa al inicio, después de la fermentación y del pan después del horneado a diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.....	30
19. Volumen del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.....	30
20. Distancia de penetración del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de la pulpa de café.....	30
21. Humedad del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café	31
22. Proteína del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café	31
23. Fibra dietética total en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de a pulpa de café.....	31
24. Pérdida de peso en pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café	31
25. Datos obtenidos del peso de las ratas alimentadas con pan francés a diferentes porcentajes del concentrado de fibra de la pulpa de café.....	32
26. Alimento inicial, sobrante e ingerido por las ratas.....	32
27. Peso, porcentaje de humedad y grasa de las heces recolectadas durante cinco días.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico (a):

Página

1. Porcentaje del residuo neutro detergente de los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.....54
2. Porcentaje del residuo ácido detergente de los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.....55
3. Porcentaje de hemicelulosa de los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.....56
4. Porcentaje de celulosa de los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.....57
5. Porcentaje del residuo lignina de los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.....58

LISTA DE FIGURAS

Figura:	Pagina
1. Partes del grano de café.....	4
2. Cuatro tipos de pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de la pulpa de café.....	41

RESUMEN

En este trabajo se realizó una investigación para poder utilizar la pulpa de café dentro del campo de la alimentación. Para lo anterior se estudió las características químicas de la materia prima, asimismo se determinó la cantidad de fibra dietética total. Por naturaleza, la pulpa de café contiene una serie de compuestos orgánicos que pueden repercutir en su valor nutricional, para evitar esto fue necesario someter la pulpa a diferentes tratamientos, no sólo para eliminar estas sustancias químicas, sino para concentrar más la fibra dietética de la pulpa del café. Con lo anterior se permitió obtener un concentrado de fibra de pulpa de café al que se le midieron las propiedades fisicoquímicas, que son de gran utilidad para realizar ciertas modificaciones que deben ser tomadas en cuenta en función del destino final de un producto, o de la función que tenga sobre algunos efectos fisiológicos. Adicional a lo anterior el concentrado de pulpa de café se utilizó como un ingrediente para la elaboración de pan francés a diferentes porcentajes (0, 5, 10 y 15%), a los cuales se les midieron diferentes parámetros físicos, químicos, con el objeto de evaluar el comportamiento de la fibra dietética dentro de este alimento durante diferentes partes del proceso de elaboración; además se realizó una evaluación sensorial utilizando el método de la Escala Hedónica. Al final se hizo un estudio biológico utilizando ratas como modelo experimental.

Los resultados obtenidos indicaron que la pulpa de café al ser transformada en un concentrado, su valor en contenido de fibra dietética aumento de 27.76% a 34.73%.

Por otro lado, al evaluar el comportamiento del pan francés al incorporar el concentrado de fibra de pulpa, se pudo notar que el concentrado sí influyó significativamente en el producto elaborado, al momento de medir algunos parámetros físicos y químicos. Al aumentar el porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café, la altura, el volumen, diámetro y peso del pan francés fue disminuyendo.

Luego se determinó un aumento en el contenido de fibra dietética total de 10.47 y 21.02% para los panes con 0 y 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.

Con respecto a la vida en anaquel, el pan francés con 0, 5 y 10% de concentrado de fibra de pulpa de café perdió 4.82, 4.91 y 4.54 gramos de agua desde el segundo día hasta el séptimo, mientras que el pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café solo perdió 3.83 g de agua, esto se debe a la capacidad que tiene el agua de retener, adsorber y absorber agua, de lo cual se notó que a medida que aumentaba la cantidad de concentrado de fibra de pulpa de café, el pan pierde menor cantidad de agua.

En cuanto a la evaluación sensorial, se realizó un análisis de varianza para los parámetros de color, olor, sabor y textura en el pan francés, y como una segunda prueba para comprobar la diferencia entre los panes con diferentes porcentajes de concentrados se utilizó el test de Tukey con un valor de significancia de 95%. Los resultados obtenidos indicaron, que, a los panelistas el pan que más le gustó era el que tenía el 5% de concentrado de pulpa de café. Asimismo se pudo determinar que los panelistas encontraron ciertas diferencias solamente en los parámetros de textura y color entre los cuatro tipos de pan.

Finalmente, en el análisis biológico se determinó que para las ratas que consumieron el pan francés con 0 y 15% de concentrado de fibra de pulpa de café, la cantidad en peso de heces fue de 1.77 y 5.30 g respectivamente, con lo que se determinó que hubo un aumento en peso de heces fecales. Adicional a lo anterior, a las heces se les midió el porcentaje de humedad y grasa; encontrando valores de humedad de 1.96 y 6.48 %; y de grasa de 2.20 y 4.03% (para ratas que consumieron francés con 0 y 15% de concentrado de fibra de pulpa de café).

I. INTRODUCCIÓN

La producción de café es una actividad agroindustrial que en la actualidad ha tenido caídas bastantes fuertes en el mercado internacional, por consiguiente la siembra, cultivo y proceso del café han entrado en una situación crítica para producirlo.

El valor del café radica en el grano; sin embargo, por razones de comercialización e interés económico ya no es rentable aún dándole valores agregados como: selectividad del grano, cafés especiales, tuestes y molidos especiales, empaques y presentaciones utilizando la última tecnología. Debido a lo anterior se han efectuado estudios para el aprovechamiento de la pulpa, años atrás la pulpa proveniente de un desecho agrícola fue estudiada desde el punto de vista químico, biológico y tecnológico, debido al afán de conseguir otras fuentes de alimento para animales; también como una opción debido a el alza de precios de los ingredientes en concentrados.

De los estudios realizados se determinó que la pulpa tiene fibra, aminoácidos, minerales y proteína, que son parte importante en la dieta del hombre, la cual se ha ido modificando a lo largo de los años lo cual, ha dado origen a nuevos productos, algunos de ellos suplementados con ingredientes que cumplen un rol específico.

En este estudio se hizo una extracción de la fibra dietética de la pulpa de café, con el fin de evaluar ciertas características fisicoquímicas, que son de gran utilidad para realizar ciertas modificaciones que debe ser tomadas en cuenta en función del destino final de un producto, o de la función que tenga sobre algunos efectos fisiológicos.

Adicionalmente, en este estudio, la pulpa de café transformada se agregó como un ingrediente a pan francés y luego se evaluó el comportamiento de la fibra en diferentes etapas del proceso durante la elaboración del producto.

Con este estudio básicamente se contribuyó a darle un nuevo valor agregado al grano de café, así como también a dar origen a un nuevo ingrediente y probablemente a ser una salida a que la producción de café deje de ser una situación crítica para el país.

II. ANTECEDENTES

A. Historia del cultivo de cafeto en Guatemala

El cafeto es originario de Etiopía, África. El cafeto fue trasladado del África al Asia por el Mar Rojo y el golfo de Edén, de Etiopía a Yemen, por su puerto de Moka. Aquí se extendió su cultivo en la parte tropical de Arabia, cuyo límite septentrional es el trópico de Cáncer, por más al Norte de la Meca. Los árabes exportaban su café primero a Siria, Persia (Irak), Turquía y luego a Europa, cuidando que el grano perdiera su viabilidad como semilla para evitar su diseminación. Pero, con las peregrinaciones a la Meca, el cafeto llegó a la India en el Siglo XVII, con lo que salió de su reducto árabe y pronto se extendió por Ceilán y luego por las Islas del Archipiélago de la Sonda (Indonesia), la mayoría posesiones holandesas en esa época. A principios del siglo XVIII, los holandeses llevaron el cafeto de Java a Holanda, a sus invernaderos del Jardín Botánico de Ámsterdam, de donde lo distribuyeron a otros jardines botánicos de Europa, incluyendo el de París en Francia. A partir de entonces ocurren hechos significativos en la historia del cafeto como cultivo. Uno es su introducción de Holanda a la Guayana Holandesa (Surinam), entre 1714 y 1718, y de aquí la Guayana Francesa en 1719. Por esa época Francia llevaba el cafeto a sus colonias de las Antillas, estableciéndose con éxito en la Isla de Martinico en 1723 y de aquí fue llevado a la Isla de Guadalupe. Otro es la introducción hecha por los franceses en su colonia de la isla de Bourbon, donde se dieron las circunstancias para que el cafeto recibiera un notorio impulso como cultivo (Howald, 1998).

Lugar donde se inició el cultivo y su fomento: Los padres jesuitas reciben el crédito de haber introducido el cafeto a Guatemala por el año de 1760, quienes lo trajeron como planta ornamental para sus jardines de Antigua Guatemala. De allí se propagó a otros lugares como la hacienda del Soyate, Jutiapa de don Miguel Álvarez de las Asturias. El primer registro de cafeto en plantación data de 1800 como un cultivo en las orillas de la ciudad de Guatemala, sembrado por don Juan Rubio y Gemir, esposo de doña Inés Álvarez de las Asturias. Probablemente la plantación se originó de los cafetos del Soyate. Poco después de 1800, el padre Juarros se refiere al cafeto como un cultivo de la provincia de la Verapaz. En noviembre de 1803, por Real Orden reimpulsa el cultivo del cafeto al otorgar exoneración de Alcabala,

diezmos y cualquier impuesto durante 10 años. Estos acuerdos se ratifican y amplían en 1805 y 1807: “El fruto del cafeto queda exonerado del pago de diezmos y de todo derecho de impuestos. En 1826 el cafeto quedo como cultivo. El consulado de Comercio de 1839, el consulado de Guatemala de 1845, la Sociedad Económica de Amigos del Estado de Guatemala en 1847 y la Comisión de Fomento del Cultivo del Café dieron a este un significativo impulso. A partir de 1860, surgen las fincas grandes dedicadas al cultivo del cafeto en los departamentos de Guatemala, Sácatepeques, Suchitepequez, Rethaluleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango. En 1865 el café de Guatemala se hace representar en la Exhibición Internacional en París. En 1871 el cultivo de café era ya un “negocio lucrativo” se constituyó en el renglón principal de la economía de la nación y pasó a ocupar el primer lugar entre los productos de exportación. La apertura del Ferrocarril Interoceánico de Guatemala, el 19 de enero de 1908, dio un gran impacto al comercio de café. El 6 de diciembre de 1928, se crea la Asociación General de Agricultores de Oriente (ACOGUA) y ésta principia a trabajar con la Gremial de Caficultores de la Asociación General de Agricultores (AGA) y poco después, con la Asociación de Caficultores de Occidente. El 4 de noviembre de 1960 fue creada la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) y empieza a funcionar el 1 de diciembre (Howald, 1998).

El cultivo del cafeto en Guatemala constituyó un reto, ya que su introducción, establecimiento y fomento trajeron aparejada una lucha por dominar la selva, al abrir nuevas fronteras para la agricultura, principalmente en las estribaciones de montañas, volcanes y en los barrancos de Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango. El café se introdujo a nuevas regiones, cultivándolo con éxito, procesándolo y más tarde exportándolo, llegó a constituir una escuela, cuyos conocimientos sirvieron de base para la introducción y establecimiento de otros cultivos (Howald, 1998).

B. Especies y variedades del cafeto

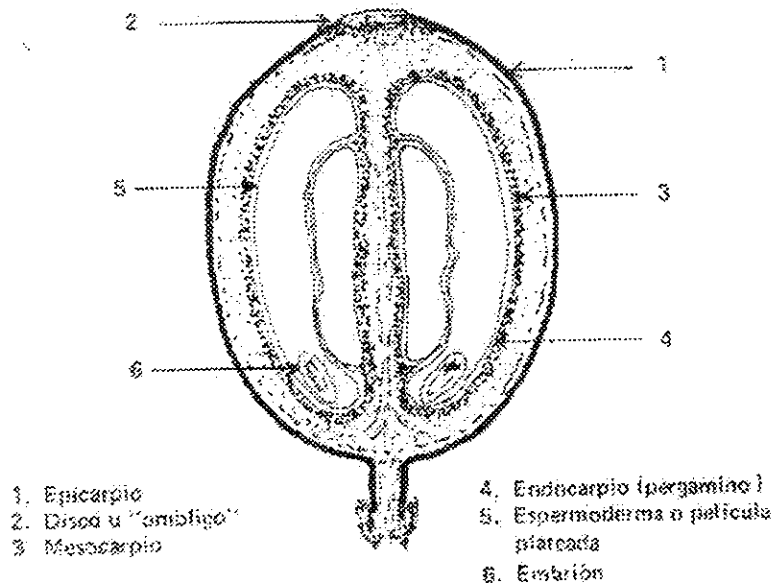
En Guatemala se cultiva gran variedad de especies entre las cuales están: Typica, Bourbon, Caturra, Cataui, Pache Comun, Pache colis, Pacamara, Catimor, Mundo novo, Maragogype, Robusta (Howald, 1998).

C. Descripción del fruto de café

En la figura No. 1 Un corte longitudinal de un fruto muestra las fracciones anatómicas del fruto: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la cáscara o endocarpio, una capa mucilaginosa o mesocarpio, y la pulpa o esocarpio. La semilla del café presenta una superficie plana que se encuentra con otra parte igual dentro del fruto. Cada mitad está recubierta por un delicado tejido conocido como película. Estas dos fracciones se sostienen dentro del endocarpio, membrana conocida también con el nombre de pergamino o cascarilla de café, que es duro y quebradizo cuando se seca y el cual rodea individualmente a cada una de las dos fracciones que constituyen un grano. La cascarilla en cambio está cubierta por una gruesa capa de células esponjosas que forman la pulpa. Esta capa tiene un espesor aproximado de 5 mm (Bressani & Braham, 1978)

Figura No. 1 Partes del grano de café.

(C. arábica)



1ccap 77-411

D. Pulpa de café

1. Composición química de la pulpa de café. La pulpa de café es el primer producto que se obtiene en el método usado para procesamiento del grano y representa en base seca, alrededor del 29% en peso del fruto entero. Los valores representativos de la composición química proximal de la pulpa de café se muestran en la tabla No. 1, datos que corresponden a la pulpa fresca,

pulpa deshidratada y una muestra de pulpa almacenada por dos o tres días después de haber sido obtenida (Bressani & Braham, 1978).

Tabla No.1
Composición proximal de la pulpa de café.

	Fres- ca	Deshi- dratada	Fermentada naturalmen- te y deshidratada
Humedad	76.7	12.6	7.9
Materia seca	23.3	87.4	92.1
Extracto etéreo	0.48	2.5	2.6
Fibra cruda	3.4	21.0	20.8
Proteína cruda N*6.25	2.1	11.2	10.7
Cenizas	1.5	8.3	8.8
Extracto libre de nitrógeno.	15.8	44.4	49.2

(Bressani & Braham, 1978)

2. Carbohidratos. La concentración de los principales carbohidratos de la fracción de carbohidratos expresados en porcentaje y en base seca ha sido las siguiente: celulosa 27.65; azúcares reductores como glucosa 12.40; azúcares no reductores 2.02 y sustancias pecticas totales 6.52 (Bressani & Braham, 1978). En el cuadro 2 se muestra los resultados de fraccionamiento de la pared celular y de los polisacáridos de la pulpa de café (Bressani & Braham, 1978). El contenido celular de 63% sugiere que este material contiene niveles relativamente altos de nutrientes. Los niveles de lignocelulosa, hemicelulosa y lignina indican que este producto es superior a otros tipos de materiales utilizados en raciones para animales. El fraccionamiento también muestra que, en las paredes, celulares de este material, parte de la celulosa, hemicelulosa y lignina es solubilizada por el tratamiento alcalino que se lleva a cabo durante la determinación de fibra cruda (Bressani & Braham, 1978)

Tabla No 2.
Constituyentes de la pared celular y polisacáridos estructurales en la pulpa de café.

Constituyente	(%g)
Contenido celular	63.2
Fibra detergente neutra	36.8
Fibra ácida detergente	34.5
Hemicelulosa	2.3
Celulosa	17.7
Lignina	17.5
Proteína lignificada	3.0
Proteína cruda	10.1
Cenizas insolubles	0.4

(Bressani & Braham, 1978)

3. Extracción de la pulpa. La pulpa de café representa aproximadamente el 40% en peso fresco, es por tanto el residuo más voluminoso del beneficio húmedo. La densidad aparente de la pulpa fresca es de aproximadamente 5.5 qq por metro cúbico cuando esta recién obtenida y suelta, de manera que de cada 100 qq de café maduro se producirán 40 qq de pulpa, que ocupan aproximadamente 7 metros cúbicos. Este material se compacta y en 24 horas se tienen 10 qq/m³ (Howald, 1998).

En los beneficios tradicionales, la pulpa es conducida utilizando grandes cantidades de agua, generando el desprendimiento y concentración de materia orgánica en el agua de arrastre. Pero al despulpar en seco se obtiene pulpa seca que es rica en elementos fertilizantes y puede utilizarse para el abonamiento en el campo definitivo o elaboración de sustratos para almácigos de café (Howald, 1998).

4. El despulpado. Es la fase mecánica del proceso en la que el fruto es transportado a los despulpadores, a través de helicoidales o bien en canales con una corriente de agua, y es sometido a la eliminación de la pulpa (epicarpio). Esta operación se efectúa en aparatos que aprovechan la cualidad lubricante de mucilago de café, para que por presión se suelten los granos. La importancia de incorporar equipos que estén diseñados o modificados para despulpar sin agua, radica en que evita la contaminación generada en el proceso de beneficiado. Algunas de las ventajas de no utilizar agua en el despulpado son:

- Reducción del tiempo de fermentación del café, debido a que se evita el lavado de azúcares.
- No se contamina el agua.
- Preservación de los nutrientes orgánicos de la pulpa (Howald, 1998).

Entre los tipos de despulpador que se pueden utilizar están:

- Despulpador con cilindro horizontal y pecho de hierro.
- Despulpador de cilindro horizontal con pecho de hule.
- Despulpador de disco
- Despulpador de cilindro vertical
- Despulpador repasador (Howald, 1998).

5. Probables efectos fisiológicos de sustancias específicas presentes en la pulpa de café.

a. **Cafeína.** Tres factores parecen ser de importancia acerca de esta sustancia en relación con la pulpa de café y su efecto en varios animales; estos factores son: concentración relativamente alta de nitrógeno en la cafeína, su efecto bien conocido de estimular la actividad física y su igualmente bien conocido efecto diurético (Bressani, 1978)

b. **Fenoles libres.** Su acción por lo tanto, esta relacionada con: la bioquímica misma de la pulpa de café, el efecto que puedan tener sobre la utilización de los nutrientes y efectos antifisiológicos. Con respecto a la bioquímica de la pulpa, se ha observado al ponerse esta en contacto con el aire, ya sea fresca o ensilada, cambia de un color rojo sangre a uno marrón oscuro o negro. Este cambio de color ha sido atribuido a las reacciones de pardeamiento enzimático causadas por la oxidación de los polifenoles o quinonas, las que a su vez se combinan con aminoácidos libres y proteínas para dar complejos de coloración oscura. La ligación de las proteínas por estos productos de oxidación tiene un efecto sobre la digestibilidad de la proteína y, por lo tanto, en la cantidad absorbida de este nutriente para llenar las necesidades fisiológicas (Bressani, 1978)

c. **Taninos.** La característica más importante de los taninos es probablemente su capacidad de ligar proteínas, haciéndolas inaccesibles al organismo, también puede actuar como inhibidores enzimáticos (Bressani, 1978).

E. FIBRA DIETÉTICA

Según Trowell la fibra dietética es normalmente definida como aquella porción de la dieta que no puede ser digerida por las secreciones endógenas del tracto digestivo humano. Actualmente esta definición incluye según Brown et al,(1976), principalmente, polisacáridos complejos distintos del almidón y ligninas, almidón resistente, otras sustancias que producen efectos fisiológicos semejantes como ceras y cutinas. La pulpa de frutas y vegetales es una de las principales fuentes de fibra dietética, esta formada típicamente por células parenquimales no diferenciadas

de pared fina (Prosky & DeVries , 1992). Entre los componentes de la fibra dietética están:

1. Polisacáridos estructurales o polisacáridos no-almidón:

a. Celulosa. Es el constituyente estructural mayoritario de la pared celular de las plantas superiores, representa entre 20-30% y 40-90% del peso seco de las paredes primaria y secundaria, respectivamente. Consiste de un polímero lineal de D-glucosa unidos por enlaces beta (1-4) que se asocia mediante puentes de hidrogeno formando agregados conocidos como microfibrillas. Es esta propiedad que hace de la celulosa una sustancia insoluble en solventes comunes, en particular agua. En la pared celular primaria esas microfibrillas de celulosa se encuentran entrelazadas azarosamente formando una estructura de red dispersa, mientras que en la pared secundaria se hallan frecuentemente posicionadas en planos paralelos subyacentes sin entrelazarse (Manrique G & Lajolo F. 2001).

b. Hemicelulosa. Comprende un conjunto de polisacáridos estructurales que pueden variar ampliamente de acuerdo al tipo de célula de la que provienen, posee la capacidad de ligarse a las fibrillas de celulosa mediante puentes de hidrogeno. Es una fracción que no puede extraerse mediante agua o soluciones quelantes, siendo para ello necesario soluciones alcalino entre 1 y 4 molar que consiguen eliminar los puentes de hidrogeno que la mantienen ligada a la celulosa. La hemicelulosa también esta compuesta por xilanos, (Manrique G & Lajolo F, 2001).

c. Pectinas. Incluye un grupo de polisacáridos ricos en ácidos galacturonicos, ramnosa, arabinosa y galactosa. Son característicos de la laminilla media de la pared primaria de la planta dicotiledonas (Manrique G & Lajolo F, 2001).

d. Rafinosa. Es un trisacarido, soluble u 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 escasa.

www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8

- e. **Estafinosa.** Es un tetrasacárido y tiene similares características con la rafinosa.

www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8

2. Polisacáridos no estructurales

a. **Gomas.** Son polisacáridos complejos que forman sustancias viscosas y que son segregadas por algunos vegetales como respuesta a las agresiones. Su estructura esta constituida por largas cadenas de ácido urónico, xilosa, manosa o arabinosa. www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8

b. **Mucílagos.** Las 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 hemicelulosa neutras.

www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8

3. Sustancias estructurales no polisacáridos.

a. **Ligninas.** Son polímeros mixtos de fenilpropano. Forman una molécula grande y muy ramificada. Es el elemento que da consistencia de la madera seca donde se encuentra hasta en un 25% de toda la materia.

www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8

4. **Otras sustancias.** En este aparatado se pueden considerar a la cutina, los taninos, la suberina. La fibra dietética puede clasificarse como soluble e insoluble de acuerdo a su comportamiento soluble e insoluble de acuerdo a su comportamiento en medio acuoso. Mientras que la fibra soluble forma una dispersión de agua, la considerada insoluble no lo hace. Como consecuencia de esa diferencia en su capacidad de hidratación, ambos tipos de fibras exhiben efectos fisiológicos

distintivos. Así, la fibra soluble puede formar geles viscosos en el tracto intestinal mientras que la insoluble aumenta el volumen de las heces (Brown, 1996). Dada la capacidad de la fibra soluble o viscosa de formar geles, este tipo de nutrientes tiene la propiedad de retardar la evacuación gástrica, lo que a su vez hace más eficiente la digestión y absorción de alimentos, generando una mayor sensación de saciedad (Tiwarly et al., 1997). A su vez la fibra soluble como la insoluble tienen capacidad para ligar moléculas de agua y cationes que pueden ser utilizados por la microflora del colon como sustratos. La fibra dietética soluble incluye pectinas, gomas y hemicelulosa, mientras que la insoluble incluye celulosas y ligninas (Manrique G & Lajolo, 2001). Como se puede notar en tabla No. 3 la cantidad de fibra dietética total para algunos alimentos.

El contenido de fibra dietética por 100 g (base seca) es de 6.6 g en la tortilla, 16 g en el frijol, 7 g en la avena y la cebada, 12 g en el chicharo, 10 g en el concentrado integral, y 3 g en el concentrado refinada de trigo, 0.7 g en las hojuelas de maíz y 45 g en el salvado de trigo (Badui, 1980). Otros valores reportados en la literatura se citan a continuación:

Tabla No. 3
Fibra dietética total en algunos alimentos (g/100g).

Alimentos	Porcentaje de fibra dietética total
Hojuelas de salvado crudo	84.6
Hojuelas de maíz crudo	21.7
Salvado alto en fibra	35.3
Salvado extra fibra	45.9
Cereales con fibra y fruta	14.8
Granola	10.5
Cereal de avena	10.6

(Prosky, 1992)

F. Propiedades funcionales de la fibra dietética

La fibra dietética está constituida por diferentes tipos de polisacáridos con propiedades y características muy específicas. La capacidad de retención, absorción y adsorción de agua, capacidad de intercambio catiónico y la absorción de moléculas orgánicas, son propiedades fisicoquímicas importantes que presenta. Las propiedades fisicoquímicas influyen directamente en el volumen de las heces fecales, el tiempo

de tránsito, la velocidad de vaciado del estómago y la frecuencia de defecación (Lajolo, et al, 2001).

La fibra dietética presenta diferentes comportamientos en su solubilidad frente al agua, así se tienen dos fracciones, fracción soluble e insoluble y que dependiendo de la relación que tengan en un alimento será entonces la función que éstas realizarán en el organismo, pudiendo actuar como acarreadores de sustancias nocivas fuera del organismo, incrementar el bolo fecal, ayudar a disminuir la glucosa sanguínea, etc. El agua es considerada el disolvente universal, actúa como plastificante y es vehículo para transportar diferentes sustancias dentro del organismo. De acuerdo con su afinidad por el agua y la manera como se encuentra físicamente será la función que realice en el momento específico (Manrique G & Lajolo, 2001).

1. Capacidad de retención de agua (CRA). La capacidad que tiene la fibra dietética para retener el agua es de suma importancia, en relación con la formulación y procesamiento de alimentos altos en fibra, ya que de esta propiedad depende en gran medida el nivel máximo de incorporación de fibra. Algunos ejemplos se observan en la tabla No. 4. Fisiológicamente la CRA es importante ya que dará una función específica en el organismo, por ejemplo, la alta capacidad de retención de agua de la fibra no solamente incrementa la viscosidad del jugo intestinal sino que también tiene una amplia implicación en alimentos. Los diversos factores que influyen en la capacidad de retención de agua que presenta una fibra entre los que se puede mencionar los siguientes:

a. Tamaño de la partícula. Un estudio realizado por Parrott & Thrall (1978), llegaron a la conclusión de que el tamaño de partícula y forma, característico de cada fibra, es el factor que tiene más influencia. De tal modo que debido a su estructura la fibra dietética soluble compuesta principalmente por fracciones de hemicelulosa, pectina, gomas y mucílagos es la fracción que presenta una mayor capacidad de retención de agua (Lajolo et al, 2001).

b. pH. Parrot & Thrall evaluaron la capacidad de retención de agua de varias fuentes de fibra dietética como función del pH. Las respuestas de las fibras al pH fueron muy variables (Lajolo et al , 2001).

c. **Fuerza iónica.** La respuesta de la fibra dietética a la fuerza iónica para fuerzas iónicas de cationes puede facilitar la dispersión de partículas coloidales por la neutralización de las cargas del sistema; sin embargo, incrementos en la fuerza iónica de las soluciones tales como cloruro de sodio y calcio tienden a disminuir la capacidad de retención del agua (Lajolo et al, 2001).

2. Capacidad de absorción de agua (CAA). Definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se coloca en un exceso de agua. Esta propiedad es importante determinarla en procesos como la extrusión en el que el material que se alimenta será humedecido bien antes del proceso o durante el mismo ver tabla No. 4 (Lajolo et al, 2001).

3. Capacidad de adsorción de agua (CDA). Con relación a la CDA habría que considerar el comportamiento termodinámico de las fibras en términos de principios de sorción, donde los isotermas se basan en el equilibrio de vapor de agua de la medición con respecto al alimento (Lajolo et al, 2001).

Tabla No. 4
Propiedades directamente relacionadas con el agua absorbida o retenida en diferentes fuentes de fibra.

Fuente de fibra	CAA	CRA	CDA
Zanahoria	6.36 ± 0.87	5.04 ± 0.68	0.82 ± 0.10
Betabel	6.04 ± 0.70	5.31 ± 0.23	1.58 ± 0.15
Nopal	5.75 ± 0.63	4.66 ± 0.43	0.42 ± 0.06

4. Capacidad de intercambio cationico (CIC). Ciertos tipos de fibra dietética tienen la capacidad de formar complejos insolubles con iones inorgánicos, esto produce un incremento en la excreción fecal de algunos minerales y electrolitos de importancia nutrimental (Rendleman & Grobe, 1982). La CIC puede ser influenciada por diversos factores:

- La presencia de constituyentes menores, tales como nitrógeno residual, compuestos fenolitos y compuestos de reacciones de Millard.
- El método de preparación del residuo de fibra dietética.
- La pérdida de sustancias durante la conversión de fibra dietética en la etapa ácida.

La posible adición, durante la titulación de hidróxido de sodio, de grupos carboxilo que se obtiene por la saponificación de grupos funcionales metoxilados (Lajolo et al, 2001).

La adsorción de cationes también parece importante la absorción de ácidos biliares y ácidos grasos en el intestino delgado logrando eliminar sustancias cancerígenas (Dreher, 1987; Rossander et al.,1992; Gordon, 1992).

5. Capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO). La absorción de moléculas orgánicas incluye ácidos biliares, colesterol, drogas, agentes cancerígenos y compuesto tóxicos (Lajolo, 2001). Algunos ejemplos se observan en la tabla No. 5.

a. Absorción de ácidos biliares: Algunos tipos de fibra ayudan a eliminar ácidos biliares, incrementando la excreción de los mismos a través de las heces fecales, ayudando con esto a disminuir la concentración sanguínea de colesterol. (Lajolo et al, 2001).

b. Carcinogénicos: Existen hipótesis de que mencionan que la fibra dietética tiene la propiedad de ligar compuestos como 1,2 dimetilhidrazina, al atraparlos es entonces posible eliminarlos a través de las heces fecales y evitar así que se adsorbido y almacenado por el organismo (Lajolo et al, 2001).

c. Agentes mutagénicos: Puede absorber el benzopireno 2-amino Antraceno (Lajolo et al, 2001).

Tabla No. 5
Capacidad de absorción de moléculas orgánicas y capacidad de intercambio cationico de las fuentes de fibras analizadas en México.

Fuente de fibra	CAMO (g de aceite/g de muestra seca)	CIC meq H ⁺
Col	3.8	0.19
Zanahoria	2.7	0.32
Soya	0.5	0.89
Nopal	0.7	0.48

(Lajolo, 2001)

G. Beneficios por consumo de fibra

La capacidad de absorción de la fibra se amplía a ciertas sustancias orgánicas. Las más importantes de éstas son los ácidos biliares tan necesarios para la digestión y absorción eficiente de los líquidos. Las pectinas, alginatos y hemicelulosas, pueden actuar como intercambiadores de cationes y enlazar metales al tracto gastrointestinal. Esto puede evitar que el elemento sea absorbido y sea utilizado en el cuerpo (Desrosier, 1998).

Estas propiedades fisicoquímicas influyen directamente en el volumen fecal, el tiempo de tránsito, la velocidad de vaciado del estomago y la frecuencia de la defecación. La presencia de fibras puede aumentar el volumen fecal de 200 a 500 g de heces por día por adulto humano. El tiempo de tránsito (tiempo que transcurre desde la ingestión de un determinado elemento hasta la excreción final) de las dietas altas en fibras esta en el rango de 24 a 32 h, en tanto que con dietas de muy bajo contenido en fibras puede variar de 50 a 100 h. A continuación se presenta en la tabla No.3 algunas enfermedades relacionadas a las dietas con bajo contenido de fibras (Desrosier, 1998).

Tabla No. 6
Algunas enfermedades relacionadas a las dietas con bajo contenido de fibra

Enfermedades gastrointestinales y relacionadas Estreñimiento Enfermedad diverticular de colon Síndrome de intestino irritable Colitis espástica Cáncer de colon
Enfermedad cardiovascular y del metabolismo de lípidos Hipercolesteremia Enfermedades cardíacas isquémicas Cálculos de colesterol
Otras enfermedades metabólicas (Toxemias del embarazo) (Obesidad) (Diabetes mellitus)

(Desrosier, 1998).

Eastwood y Hemilton observaron que algunos granos de cereal tienen la habilidad de unirse a algunos ácidos biliares. En un estudio sistemático se encontró que cada ácido o sal biliar tiene una capacidad específica de unión para ciertos

tipos de fibra. Como se muestra en la tabla No. 7 la lignina tiene gran habilidad de unirse a los ácidos biliares, mientras que la celulosa casi no tiene esta habilidad (Moss H & Mayer J, 1977).

Tabla No. 7
Porcentaje de unión de ácidos biliares de cuatro tipos de fibras.

Ácido o sal biliar	Agente ligante			
	Alfalfa	Salvado	Celulosa	Lignina
Ácido cólico	20	10	3	44
Ácido tauracólico	7	1	3	22
Ácido glicólico	12	4	1	23
Ácido deoxicólico	10	5	0	17

(Moss H & Mayer J, 1977).

No obstante y dada su importancia fisiológica, se ha propuesto que la ingestión de la fibra dietética conveniente en adultos es de 30 a 35 g/día, de la cual el 50% debe provenir de granos (hemicelulosa) y otro 50% de frutas y verduras (pectinas). Esta propuesta es tentativa y tiene bases empíricas, pero es razonable (Badui, 1998).

III. JUSTIFICACIÓN

La caficultora es la actividad productiva cuyo valor agregado e impacto económico está ampliamente distribuido a lo largo y ancho del país y de sus habitantes.

El valor del café radica en el grano verde; sin embargo, en los últimos años ya no es suficiente. Debido a lo anterior se debe enfatizar que la pulpa de café por representar un desperdicio tan voluminoso en la industria del café, podría ser aprovechada, no sólo como alimento para animales, abono orgánico, silvicultura, melazas y gas metano, sino también como alimento para el hombre, ya que ésta es fuente de compuestos orgánicos de interés tales como aminoácidos, fibra, carbohidratos, minerales. Al mismo tiempo se podría evitar: a) modificar drásticamente la acidez natural del agua (pH 4.5), a causa del aporte de los ácidos orgánicos (acético, butírico, propionico, etc.) que se producen durante la degradación de la materia orgánica en su etapa anaerobiótica específicamente, b) Agotamiento del oxígeno disuelto en el agua, a causa de la necesidad de abastecimiento por parte de los microorganismos encargados de la degradación de la alta cantidad de materia orgánica aportada en el proceso y c) Incrementar la turbidez del agua como consecuencia de los polifenoles presentes y de gran cantidad de sólidos suspendidos (Howald, 1998).

En este estudio, la pulpa de café por ser un desecho del grano de café y fuente de fibra dietética se utilizó para determinar sus propiedades fisicoquímicas. Asimismo se utilizó como un ingrediente en el pan francés para evaluar si satisfacía las necesidades del consumidor desde el punto de vista sensorial. Por otro lado, también se evaluaron algunas propiedades fisiológicas para evitar algunas enfermedades por medio de un estudio biológico.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivos generales

1. Optimizar el proceso de café, aprovechando la pulpa de café como fuente de fibra dietética.

B. Objetivos específicos

1. Determinar la cantidad de fibra dietética total en la pulpa de café.
2. Concentrar la fibra dietética de la pulpa de café.
3. Caracterizar las cualidades fisicoquímicas de la pulpa de café.
4. Estudiar el comportamiento de un alimento como es el pan francés.
5. Realizar un estudio fisiológico utilizando como modelo experimental ratas.

V. HIPÓTESIS

“Es factible utilizar la fibra dietética de la pulpa de café para consumo humano con lo cual se le da valor agregado a este subproducto de la industria del café”.

VI. MATERIALES Y MÉTODO

A. Localización

El estudio se realizó con pulpa de café de la Finca La Colina, localizada en el municipio de Nuevo Progreso, del departamento San Marcos.

B. Material experimental básico

La pulpa de café utilizada corresponde a varios tipos de café debido a que las personas que lo cosechan lo hacen en diferentes partes de la finca, teniendo como resultado una no-homogeneidad en el pulpero.

C. **Procedimiento.** El experimento consistió en seis fases:

1. Ejecución de un análisis proximal para la pulpa de café seca y molida, así como la determinación de las fibras ácido y neutro detergente.
2. Determinación de la fibra dietética de la pulpa de café utilizando tres métodos de la AACC (American Association of Cereal Chemists), para obtener un estimado en cuál de los tres métodos se obtenía mayor rendimiento.
3. Seis tratamientos para concentrar y limpiar la fibra dietética total de la pulpa del café.
4. Evaluación de cinco propiedades fisicoquímicas en la pulpa de café, éstas fueron: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de adsorción de agua (CDA), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO).
5. Elaboración de un concentrado a base de la pulpa de café, para utilizarla como un ingrediente para pan francés como una aplicación en el área de alimentos.
6. Estudio biológico en donde se evaluaron algunas propiedades fisiológicas de la fibra dietética en ratas.

1. Análisis proximal de la pulpa de café. Primero se procedió a la preparación de la muestra, para ello se utilizaron 3 lb. de la pulpa de café. El material se descongeló y luego se deshidrató durante 24 horas en un horno de convección. Una vez la pulpa estaba seca se procedió a molerla hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado de 20 mesh. En esta fase se hizo un análisis químico-proximal, determinando los siguientes parámetros: humedad, proteína, grasa, fibra cruda, cenizas. En la pulpa también se determinó el fraccionamiento de la pared celular, entre las cuantificaciones que se hicieron están: el contenido celular, fibra ácido y neutro detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina, cenizas. Todos los análisis se realizaron en triplicado.

2. Determinación de la fibra dietética total utilizando tres métodos.

En esta fase se utilizó el mismo material de la fase anterior. Se determinó la fibra dietética total utilizando tres métodos gravimétricos y enzimáticos de la AACC, con el objeto de determinar en cuál de los tres se obtenía el mayor rendimiento de la fibra dietética total.

3. Tratamientos de la pulpa de café para concentrar y limpiar la fibra dietética total. Se tomaron alrededor de 5 libras de café fresco que luego se desintegraron en una licuadora, el material se colocaba en bolsas negras que luego se introducían en frascos de vidrio, los cuales se introducían en una hielera. Una vez los frascos se llevaban al Laboratorio se introducían en la refrigeradora para su posterior manejo a excepción de la muestra que se fermentó, la cual se dejó al aire libre durante 15 días. Luego, el material se descongelaba y se dejaba por 24 horas en el deshidratador a una temperatura de 95°C. Al siguiente día se le aplicaron los diferentes tratamientos a las muestras utilizando 10 g para cada uno de estos, que se explican a continuación

a. Extracción con 100% metanol y 50% metanol.

- 1) La pulpa de café se llevó a ebullición con 40 mL de metanol por 15 minutos, esto se realizó tres veces.
- 2) Luego se filtró.

- 3) El residuo se extrajo con 40 mL de metanol acuso tres veces seguidas.
 - 4) El residuo se seco.
- b. Extracción con metanol utilizando metabisulfito de sodio al 2%.** Igual que la extracción anterior sólo que agregando metabisulfito de sodio al 2% durante la ebullición.
 - c. Extracción con agua y metabisulfito de sodio al 2%.** Igual que la extracción anterior sólo que sustituyendo el alcohol por agua.
 - d. Extracción osmótica con 5, 10 y 15 gramos de sal.**
 - 1) La pulpa se colocó sobre un pedazo de tela
 - 2) Luego se agregó sal (g) y se dejó por 24 horas.
 - 3) Finalmente, se lavó con agua caliente.
 - 4) Se repitió esto con 10 y 15 gramos.
 - e. Extracción osmótica con 5, 10 y 15 gramos de azúcar.** Igual que d, sólo que utilizando azúcar.
 - f. Fermentación de la pulpa de café.** La pulpa se dejó por quince días a temperatura ambiente.

Para cada tratamiento se determinó el fraccionamiento de la pared celular (contenido celular, fibra ácido y neutro detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina, cenizas), todos los análisis se hicieron en triplicado. Una vez seleccionado el tratamiento para realizar la concentrado de fibra de pulpa de café se procedió a determinar fibra dietética total.

4. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café.

En esta fase se preparó una concentrado a base de pulpa de café utilizando el tratamiento de agua con metabisulfito de sodio al 2% en base al peso de la pulpa. Para lo anterior se tomaron 50 lb. de café, de las que se seleccionaron 5 lb. de la mejor calidad, luego éstas se despulparon y se tomaron alrededor de 340 gramos de pulpa. Esta pulpa se desintegró y luego se realizó el tratamiento de metabisulfito de sodio con agua. Del procedimiento se obtuvo una pulpa clara y luego se colocó en una bolsa negra, la cual se introdujo en un frasco y este último en una hielera. Al llegar al laboratorio se introdujo en la refrigeradora para su análisis posterior.

El material se descongeló y se lavó con agua para quitar algún resto de metabisulfito de sodio. Luego, la pulpa se deshidrató durante 24 horas a 95°C. Al día siguiente se molió con la licuadora y luego con un molino hasta alcanzar el tamaño de partícula deseado de 20 mesh.

Después se procedió a la evaluación de cinco propiedades fisicoquímicas del material de interés, éstas fueron: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de adsorción de agua (CDA), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO).

5. Aplicación de la pulpa de café en la elaboración de pan francés. El

concentrado de fibra de pulpa de café se utilizó en esta fase como un sustituto de la concentrado de trigo en la elaboración de pan francés. Para la masa del pan y para el pan terminado se midieron varios parámetros. Se realizaron evaluaciones físicas para la masa (peso altura y diámetro) antes y después de la fermentación. Adicionalmente, al producto terminado, se le realizó una evaluación sensorial utilizando el método de Escala Hedónica, asimismo se midió el volumen, fibra dietética total, proteína, humedad, fuerza de incisión y vida en anaquel.

6. Estudio biológico en ratas. De la fase anterior se obtuvieron cuatro lotes

de pan. Cada lote se deshidrató y se molió obteniendo cuatro concentrados. A cada concentrado de pan se le agregó 0.5 g de carmín (colorante). Los concentrados se llevaron al INCAP en donde se utilizó como alimento para ratas. Los animales fueron sometidos a la ingesta de los diferentes concentrados de pan durante un periodo de cinco días. La batería donde se alojaron individualmente las ratas era de acero inoxidable con un dispositivo que permitía el consumo de agua. La recolección del desecho (alimento y excreta) se hizo en papel colocado en bandejas, con el fin de evitar que la orina y/o el agua que goteaba del bebedero cuando el animal lo consumía humedeciera el residuo del alimento. Para esta fase se midió el peso de las ratas antes y después de alimentarse con los 4 concentrados de pan, así como la cantidad de alimento que ingirieron. Posteriormente se realizaron tres análisis (proteína, humedad y grasas) a las heces de las ratas.

D. Métodos de Análisis y Caracterización

1. Análisis químico proximal.

- a. Humedad: por el método 14.003 del AOAC (1984)
- b. Proteína: por el método Kjeldahl en donde el nitrógeno obtenido se multiplica por 6.25 del AOAC (1984).
- c. Cenizas: por el método 14006 del AOAC (1984).
- d. Grasas (extracto etéreo): por el método 7.062 del AOAC (1984).

2. Determinación del fraccionamiento de la pared celular.

- a. Residuo neutro detergente: Manual de técnicas de laboratorio para análisis de alimentos (1984)
- b. Residuo ácido detergente: Manual de técnicas de laboratorio para análisis de alimentos (1984).
- c. Hemicelulosa: The analysis of dietary fiber in food (1981).
- d. Celulosa: The analyses of dietary fiber in food (1981).
- e. Lignina: The analyses of dietary fiber in food (1981).
- f. Cutina: The analyses of dietary fiber in food (1981).
- g. Cenizas: The analyses of dietary fiber in food (1981)

3. Determinación de la fibra dietética total.

Método 32-05 "Total dietary fiber" del AACC (1984)

Método 32-06 "Total dietary fiber – Rapid gravimetric method" del AACC (1984).

Método 32-21 "Insoluble and soluble dietary fiber in oat products –Enzymatic gravimetric method" del AACC (1984).

- 4. Propiedades fisicoquímicas.** Las cinco propiedades se determinaron por los métodos del libro "Fibra dietética en Ibero América: Tecnología y Salud" (2001).

EQUIPO UTILIZADO:

Tabla No. 8
Equipo utilizado durante la investigación

Aparato	Marca	Modelo	Otros
Agitador	Fischer Scientific	11-498-75	25 Watts
Balanza analítica	Denver Instrument	----	-----
Balanza	OHAUS	C-202	-----
Balanza de triple brazo	OHAUS	----	-----
Centrífuga	International Equipment	----	-----
Deshidratador	American Harvest	FD 50/30	550 Watts
Estufa	Corning	PC-428	698 Watts
Destilador para proteína	LABCONCO	----	----
Digestor de proteína	Labconco	----	300 V
Fibrometro	LABCONCO	---	115 V
Incubadora	New Brunswick Scientific	-----	-----
Horno	Fisher	516 G	115 V
Licuada	Osterizer	-----	600 Watts
Micro destilador Kheldahl	Labconco	C-700	---
Molino	Cyclone Sample Mill	3016-030	115 V
Mufla	Thermolyne	F 62735	1488 Watts
Penetrometro	Precisión	---	-----
pH metro	Corning	430	-----

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el trabajo experimental se utilizó como materia prima la pulpa de café cosechada desde finales de agosto hasta principios de marzo, en este estudio no se especificó la especie a la que pertenecía la pulpa debido a que no hubo homogeneidad en el material porque éste provenía de diferentes partes de la finca.

Los análisis se realizaron en triplicado, excepto la determinación de la fibra dietética y el análisis biológico debido a la falta de reactivos y cantidad de animales utilizados en el experimento.

En cuanto a los resultados se hizo un análisis estadístico utilizando el paquete Analyse it., empleando promedios, desviaciones estándar, análisis de varianza, prueba de Sheffe y Tukey , con un valor de significancia de 95%. Adicional a lo anterior se realizaron unos gráficos (ver apéndice B) para visualizar mejor los resultados.

VIII. RESULTADOS

Tabla No. 9
Análisis proximal de la pulpa de café ^{1,2}

Análisis	Porcentaje
Humedad	3.86 ± 0.82
Material seco	96.14 ± 0.82
Proteína	12.32 ± 0.23
Grasa	4.11 ± 0.07
Cenizas	7.28 ± 0.11
Fibra Cruda	21.81 ± 0.74

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

² Análisis hechos en base seca.

Tabla No. 10
Determinación de la fibra dietética total en la pulpa de café utilizando tres métodos de la AACC

No. de método	Método	Porcentaje de Fibra Dietética
32-05	Fibra dietética total	28.76 %
32-21	Fibra dietética soluble e insoluble en productos de avena. Métodos gravimétricos enzimáticos	20.52 %
32-06	Fibra dietética total, Método enzimático gravimétrico.	19.97 %

Tabla No.11
Fraccionamiento de la pared celular de la pulpa de café utilizando varios tratamientos^{1, 2}

Tratamientos a los que se sometió la pulpa de café	Contenido celular	Residuo neutro detergente	Residuo ácido detergente	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina	Cutina	Cenizas
Control	59.54 ± 0.79 ^a	40.45 ± 0.79 ^a	28.20 ± 2.14 ^e	12.26 ± 1.75 ^h	17.22 ± 1.06 ^k	8.52 ± 1.52 ⁿ	2.63 ± 0.59 ^s	1.47 ± 0.21 ^u
Fermentación	56.08 ± 1.04 ^a	43.91 ± 1.04 ^a	31.29 ± 1.61 ^e	13.67 ± 1.55 ^h	16.82 ± 1.23 ^k	13.57 ± 0.27 ^o	0.46 ± 0.06 ^l	0.22 ± 0.02 ^v
Metanol	39.73 ± 2.25 ^b	60.27 ± 2.25 ^b	42.61 ± 1.34 ^f	15.74 ± 1.76 ^m	26.59 ± 0.84 ⁱ	4.86 ± 0.68 ^p	3.90 ± 0.43 ^s	0.78 ± 0.04 ^w
Metanol con metabisulfito	39.65 ± 1.09 ^b	60.35 ± 1.09 ^b	44.41 ± 1.02 ^f	14.61 ± 2.01 ^h	28.84 ± 0.58 ⁱ	3.23 ± 0.34 ^p	3.65 ± 0.65 ^s	3.25 ± 0.19 ^x
Agua con metabisulfito	37.57 ± 1.36 ^b	62.63 ± 1.36 ^b	40.51 ± 0.45 ^f	19.57 ± 1.74 ⁱ	27.23 ± 0.88 ^j	7.73 ± 0.53 ⁿ	3.96 ± 0.45 ^s	2.57 ± 0.26 ^y
Sal 5g	50.53 ± 0.32 ^c	49.47 ± 0.32 ^c	35.27 ± 0.83 ^e	14.20 ± 1.14 ^h	21.47 ± 0.99 ^k	9.39 ± 0.89 ⁿ	2.12 ± 0.36 ^s	1.56 ± 0.11 ^u
Sal 10g	47.23 ± 1.46 ^c	53.75 ± 1.46 ^c	37.62 ± 1.96 ^{ef}	15.71 ± 1.48 ^h	23.18 ± 1.67 ^{kl}	8.90 ± 0.38 ⁿ	2.22 ± 0.43 ^s	0.78 ± 0.042 ^w
Sal 15g	49.45 ± 1.22 ^c	50.54 ± 1.22 ^c	33.24 ± 1.26 ^e	17.30 ± 1.31 ^h	21.01 ± 1.03 ^k	10.08 ± 0.11 ⁿ	1.35 ± 0.08 ^s	0.46 ± 0.01 ^{vw}
Azúcar 5g	66.98 ± 0.30 ^d	33.02 ± 0.30 ^d	25.60 ± 0.35 ^g	7.42 ± 0.63 ^j	15.18 ± 0.27 ^m	3.09 ± 0.29 ^q	2.45 ± 0.17 ^s	0.64 ± 0.02 ^{vw}
Azúcar 10g	67.01 ± 0.64 ^d	32.99 ± 0.64 ^d	27.04 ± 1.32 ^g	5.95 ± 0.73 ^j	12.55 ± 0.43 ^m	4.65 ± 0.75 ^q	2.56 ± 0.31 ^s	0.54 ± 0.02 ^w
Azúcar 15g	68.96 ± 1.37 ^d	31.03 ± 1.37 ^d	24.10 ± 0.99 ^g	6.81 ± 0.68 ^j	14.70 ± 0.95 ^m	1.91 ± 0.18 ^r	2.45 ± 0.46 ^s	0.52 ± 0.01 ^w

¹ Valores reportados con promedio ± desviación estándar.

² Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

Tabla No. 12
Cantidad de sólidos solubles en cada tratamiento para la pulpa de café.

Tratamientos	Porcentaje de sólidos solubles
Metanol	1.45
Metanol con metabisufito	1.55
Agua y metabisulfito	1.26
5 g de sal	0.60
10 g de sal	0.60
15 g de sal	1.38
5 g de azúcar	0.00
10 g de azúcar	0.20
15 de azúcar	0.88

Tabla No. 13
Porcentaje de fibra dietética total en la pulpa de café control y con la que se trató con metabisulfito de sodio y agua.

	Pulpa de café sin tratamiento	Pulpa de café con el tratamiento de agua y metabisulfito
Porcentaje de fibra dietética total	28.76%	34.73%

Tabla No. 14
Propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética total de la pulpa de café.¹

Propiedades	Cantidad
Capacidad de retención de agua (CRA)	10.44 g H ₂ O / g materia seca ± 0.14
Capacidad de absorción del agua (CAA)	10.12 g H ₂ O / g materia seca ± 0.25
Capacidad de adsorción del agua (CDA)	1.20 g H ₂ O / g materia seca ± 0.33
Capacidad de intercambio cationico (CIC)	0.89 miliequivalentes H ⁺ /g ± 0.19
Capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO)	2.22 g de aceite /g muestra seca ± 0.09

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 15

Sumatoria de las respuestas de cada panelista para cada parámetro utilizado en la evaluación sensorial del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

	Sumatoria de las respuestas de cada panelista			
	Pan con 0% de concentrado de fibra pulpa de café.	Pan con 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 10% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.
Color	18	18	26	27
Textura	18	17	23	32
Olor	18	19	23	25
Sabor	19	18	24	28
Total	73	72	96	112

Tabla No. 16

Peso de la masa y pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra pulpa de café.

Porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Peso por unidad de masa antes de horneado (g)	Peso por unidad de pan después del horneado (g)
0%	42.50	37.40
5%	42.50	37.40
10%	42.50	36.30
15%	42.50	36.00

Tabla No. 17

Altura de la masa al inicio, después de fermentación y del pan después del horneado con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café ¹.

Porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Altura inicial de la masa de francés (cm)	Altura de la masa después de una hora de fermentación (cm)	Altura del pan francés después del horneado (cm)
0%	2.83 ± 0.05	3.56 ± 0.21	4.83 ± 0.05
5%	2.90 ± 0.10	3.40 ± 0.15	3.80 ± 0.30
10%	2.96 ± 0.06	3.36 ± 0.05	3.80 ± 0.14
15%	3.10 ± 0.10	3.10 ± 0.05	3.10 ± 0.10

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 18

Diámetro de la masa al inicio, después de fermentación y del pan después del horneado con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹.

Porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Diámetro inicial de la masa de francés (cm)	Diámetro de la masa después de una hora de fermentación (cm)	Diámetro del pan francés después del horneado (cm)
0%	4.56 ± 0.21	6.30 ± 0.21	6.56 ± 0.55
5%	4.43 ± 0.11	6.20 ± .87	7.07 ± 0.05
10%	4.46 ± 0.15	6.10 ± 0.59	7.26 ± 0.21
15%	4.40 ± 0.17	5.36 ± 0.15	5.50 ± 0.10

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 19

Volumen de pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Volumen (cm ³)
0%	106.00 ± 0.95
5%	107.50 ± 1.88
10%	97.66 ± 2.45
15%	57.33 ± 2.88

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 20

Distancia de penetración en pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Distancia de penetración (mm)
0%	11.16 ± 0.65
5%	11.56 ± 1.95
10%	9.33 ± 0.40
15%	3.13 ± 0.23

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 21

Humedad del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Porcentaje
0%	25.67 ± 0.26
5%	27.76 ± 0.97
10%	24.80 ± 1.40
15%	32.84 ± 0.76

¹ Valores reportados como promedio ± desviación

Tabla No 22

Proteína del pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Porcentaje de proteína (%)
0%	10.27 ± 3.41
5%	14.43 ± 1.24
10%	14.56 ± 1.23
15%	15.22 ± 3.21

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 23

Fibra dietética total en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Porcentaje de fibra dietética total (%)
0%	10.47
5%	12.95
10%	16.20
15%	21.02

Tabla No. 24

Perdida de peso en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹

Porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Cambio en peso durante una semana para el pan francés (g).			
	0 %	5 %	10 %	15 %
Primer día	37.40 ± 0.52	37.40 ± 0.28	36.30 ± 0.16	36.00 ± 0.22
Segundo día	33.25 ± 0.47	34.09 ± 1.87	32.08 ± 1.83	28.12 ± 2.42
Tercer día	31.62 ± 0.60	32.54 ± 1.75	30.57 ± 1.91	27.07 ± 2.19
Sexto día	28.83 ± 0.54	29.93 ± 1.63	28.02 ± 1.93	24.90 ± 2.30
Séptimo día	28.43 ± 0.46	29.18 ± 1.51	27.54 ± 1.85	24.29 ± 2.26

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 25

Datos obtenidos del peso de las ratas alimentadas con pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Peso inicial (g)	Peso final (después de 5 días)
Pan francés 0% (control)	44.00 ± 0.00	45.50 ± 0.71
Pan francés 5%	45.00 ± 1.41	49.00 ± 0.00
Pan francés 10%	46.00 ± 0.00	48.00 ± 0.00
Pan francés 15%	49.00 ± 1.41	50.50 ± 2.12

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 26

Alimentos inicial, sobrante e ingerido por las ratas ¹

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Alimento inicial (g)	Alimento sobrante (g)	Alimento ingerido (g)
Pan francés 0% (control)	34.00	5.50 ± 0.71	28.50 ± 0.71
Pan francés 5%	34.00	7.75 ± 0.35	26.25 ± 0.35
Pan francés 10%	34.00	4.00 ± 2.83	30.00 ± 2.83
Pan francés 15%	34.00	8.50 ± 0.71	25.50 ± 0.71

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

Tabla No. 27

Peso, porcentajes de humedad y grasa de las heces recolectadas durante cinco días ¹

Pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.	Peso de las heces recolectadas	Porcentaje de humedad en las heces	Porcentaje de grasa en las heces
Pan francés 0% (control)	1.77 ± 0.31	1.92 ± 0.11	2.20 ± 0.97
Pan francés 5%	2.83 ± 0.16	2.46 ± 0.46	2.23 ± 1.52
Pan francés 10%	2.57 ± 0.19	2.96 ± 0.59	2.72 ± 1.29
Pan francés 15%	5.30 ± 0.58	6.48 ± 1.63	4.03 ± 0.89

¹ Valores reportados como promedio ± desviación estándar.

IX. DISCUSIÓN

A. Análisis proximal de la pulpa de café.

El objetivo de esta fase fue conocer la composición química proximal de la pulpa de café. Los resultados se muestran en la tabla No. 9, que al ser comparados con los resultados reportados en la literatura (Sección D. 1), se puede observar una similitud en cuanto a cenizas, fibra y proteína cruda, mientras que para los porcentajes de humedad, material seco y extracto no. Esta diferencia puede estar relacionada con la variedad del café que fue utilizada en estos estudios que no fue especificada, así como también en el manejo de la materia prima después de ser despulpada.

En esta fase se amplió la información química de la materia prima aplicando los métodos de fibra ácido y neutro detergente, para determinar el fraccionamiento de la pared celular de la pulpa de café (ver tabla No. 11).

El material total de la pared celular se mide como el residuo después de la extracción con la solución neutro detergente. La fibra neutro detergente (FND) contiene toda la pared celular excepto componentes que son solubles en el agua y que forman parte del contenido celular. Por otro lado la fibra ácido detergente que también resulta de una extracción pero con la solución ácido detergente, está formada por hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina. La diferencia entre el residuo neutro detergente y el residuo ácido detergente da origen al contenido de hemicelulosa (ver tabla No. 11).

B. Determinación de la fibra dietética total utilizando tres métodos de la AACC.

Según Trowell la fibra dietética es normalmente definida como aquella porción de la dieta que no puede ser digerida por las secreciones endógenas del tracto digestivo humano (Prosky & DeVries, 1992).

En esta fase se determinó la fibra dietética total por medio de tres métodos de la AACC para estimar en cual se obtendría el mayor rendimiento. Los métodos utilizados fueron: 1) Método 32-05 “Fibra dietética total”, 2) Método 32-06 “Fibra dietética total – Método gravimétrico rápido” y 3) Método 32-21 “Fibra Dietética soluble e insoluble en productos de avena, método enzimático gravimétrico”; estas técnicas son una combinación de métodos gravimétricos y enzimáticos que se limitan al cálculo de fibras totales o de las fibras solubles e insolubles.

Una diferencia bastante evidente en los tres tratamientos es que el primero sólo utiliza etanol como solvente, mientras que los otros dos, además de este solvente, utilizan agua, lo que traería como consecuencia la solubilización de otros compuestos tales como proteínas solubles lo cual disminuiría el porcentaje de rendimiento (ver tabla No. 10). Asimismo estos rendimientos varían tomando en cuenta que existen factores tales como tiempo de incubación, cantidad de enzima agregada, concentraciones de buffer y reactivos que son diferentes para cada técnica. Como consecuencia de lo anterior pueden surgir otras situaciones que interfieren en los resultados como:

- La incompleta destrucción de los tejidos, lo que da como resultado la incompleta remoción del almidón y proteína lo cual dificulta la filtración (James W & Theander O, 1981).
- Presencia de inhibidores enzimáticos (James W & Theander O, 1981)
- En las condiciones de incubación se puede perder una porción pequeña de polisacáridos con enlaces glucósido muy labiales (James W & Theander O, 1981)
- Durante el autoclaveo a un pH no controlado puede tener una serie de degradación de la fibra y como resultado la pérdida de ésta (James W & Theander O, 1981), esto fue evidente en el último método, ya que se utilizó el autoclave y fue el método donde tuvo el menor porcentaje de rendimiento.

Al comparar el porcentaje de fibra dietética total del material en estudio (tabla No. 10) con los reportados en la literatura (Sección E), se puede observar que la pulpa de café tiene mayor cantidad de fibra que el frijol, maíz, granola, cereales de avena y cereales de fibra y fruta; lo cual la hace una opción como alimento dentro de la dieta del hombre.

C. Tratamiento de la pulpa de café para concentrar y limpiar la fibra dietética.

Por naturaleza la pulpa de café contiene una serie de compuestos orgánicos, tales como, la cafeína, ácido cafeico, taninos, etc. que son precursores de las reacciones de pardeamiento enzimático y de algunos efectos fisiológicos (Sección D. 5) que la hacen hasta cierto punto un subproducto no disponible para otros usos de importancia en el campo de la nutrición.

Sin embargo en esta parte del estudio se trató de remover estas sustancias orgánicas y concentrar la fibra dietética de la pulpa de café para obtener un mejor producto. Para lo anterior la pulpa de café se sometió a varios tratamientos.

El primer tratamiento que se utilizó para la pulpa, fue dejarla durante 15 días al aire libre para que sufriera fermentación. Como se puede notar en la tabla No. 11 los resultados del fraccionamiento de la pared celular del material fermentado respecto al testigo fueron bastante similares, excepto por el contenido de lignina, cutina y cenizas. Datos de la literatura indican que una parte sustancial de la fibra se pierde por fermentación (Hellendoorn, 1978:145), aunque en este experimento los residuos ácido y neutro detergente aumentaron en alrededor de un 3% con respecto al testigo. Por otro lado hubo un aumento en la cantidad de lignina, según la literatura un problema grande con las preparaciones de lignina es la contaminación con nitrógeno. Es posible que compuestos nitrogenados con grupos hidroxifenoles libres son incorporados por una deshidrogenación en la lignina (Gordon, 1978: 87), con lo anterior se deduce que el contenido de lignina haya aumentado en presencia de fenoles y taninos durante el proceso de fermentación. Cabe resaltar que en este caso la pulpa estaba de color negra debido a las reacciones de pardeamiento.

En el segundo tratamiento se procedió a utilizar metanol como solvente, para remover algunas sustancias orgánicas en la pulpa. En la tabla No. 11 se puede apreciar también el fraccionamiento de la pared celular; en este caso el residuo neutro detergente (RND) y como consecuencia los demás componentes aumentaron, a excepción de la lignina que disminuyó casi a la mitad con respecto al control. De este experimento se obtuvo una pulpa con un color café.

Debido a los cambios o efectos bioquímicos que producen el oscurecimiento de la pulpa, el tercer tratamiento utilizó una combinación de metanol (solvente) y metabisulfito de sodio como un agente inhibidor del pardeamiento enzimático. Como se nota en la tabla No. 11 los resultados son bastante similares con el tratamiento que utilizó sólo metanol. Sólo que en este caso la pulpa que se obtuvo tenía un color amarillo claro.

En el cuarto tratamiento se utilizó una combinación de metabisulfito de sodio con agua; el agua tiene la ventaja de ser una sustancia barata y abundante en la naturaleza. En este caso los resultados son bastante similares segundo y tercer tratamiento (ver

tabla No. 11); aunque cabe resaltar que en este tratamiento se obtuvo la mayor cantidad de residuo neutro detergente (62.63%). En este caso la pulpa que se obtuvo tenía un color amarillo oscuro.

Para los dos siguientes tratamientos se trató de concentrar y limpiar la fibra dietética de la pulpa de café por medio de ósmosis. Para lo anterior la pulpa se colocó con 5, 10 y 15 gramos de sal durante 24 horas, lo mismo se hizo con azúcar.

Durante la ósmosis el agua se difunde desde una región de elevada concentración (baja concentración del soluto) a otra en que la concentración es menor (concentración de soluto mas alta), la disolución de azúcar y sal pueden considerarse como un ambiente seco (Mandigan et al, 1998). Como se nota en la tabla No. 11 para el material que se trato con sal el residuo neutro detergente, hemicelulosa, celulosa, lignina y cutina fueron mayores para todos los casos, lo que implica una menor pérdida de fibra neutro detergente y por ende de fibra ácido detergente con respecto al testigo. Sin embargo, para el caso del azúcar se muestra la mayor pérdida de fibra, no sólo con respecto al testigo si no que con el resto de tratamientos, con lo que se deduce que la sal concentro mas los componentes de la pared celular. Sin embargo, el color de la pula en ambos tratamientos (sal y azúcar) a diferentes concentraciones era café oscuro, lo cual no presentaba una buena apariencia.

De los seis métodos que se utilizaron para limpiar y concentrar la pulpa, los mejores resultados se obtuvieron con el tercer y cuarto tratamientos. Desde el punto de vista del contenido de fibra se obtuvo el mayor rendimiento con la combinación de agua y metabisulfito de sodio (62.63%) que con la de metanol y metabisulfito de sodio (60.35%); sin embargo, la mejor apariencia se obtuvo con la combinación de metanol y metabisulfito (material amarillo bastante claro).

Pero, por cuestiones económicas, el método más conveniente a utilizar fue el de agua con metabisulfito de sodio, por lo que ya se había mencionado, que el agua es una sustancia abundante y por ende barata, además en este tratamiento se obtuvo el mayor porcentaje de residuo neutro detergente (62.63%) que todos los demás, con una apariencia aceptable (material amarillo). Debido a que la apariencia del materia tenía un color amarillo un poco se decidió hacer el tratamiento justo después de que el café se despulpara y no esperar a llevar la pulpa hasta el laboratorio para que las reacciones de pardeamiento enzimático tuvieran tiempo a desencadenarse en lo que se llevaba la pulpa

de la finca al laboratorio, por lo que se obtuvo un material un color amarillo más claro.

Una vez definido el método, la pulpa tratada con agua y metabisulfito se molió hasta llevarla al tamaño de partícula deseado 20 de mesh obteniendo una concentrado a la que se le determinó que contenía 34.73% de fibra dietética total, es decir 6% más que la pulpa control ver tabla No. 13, con lo que sí se logró concentrar y limpiar la fibra dietética de la pulpa.

En este experimento cabe resaltar que la fibra dietética total es el residuo neutro detergente con un valor de 62.63% (tabla No. 11) utilizando el método de detergente de Van Soet, mientras que la fibra dietética total dio un valor de 34.73% (tabla No. 10) utilizando el método de "Fibra dietética total" de la AACC. Esta diferencia en cuanto a porcentajes se debe a que en el método de la AACC se utilizan las enzimas proteasa, amilasa y amiloglucosidasa que degradan proteínas, almidón y otros componentes, así como se hace una serie de lavados con solventes que arrastran componentes (proteínas solubles, carbohidratos, pectinas); mientras que en el sistema de detergentes no se utilizan enzimas, por lo que proteínas y almidón contribuirán al porcentaje de fibra dietética total, por lo que su valor es mayor. Además, el método de detergentes hace unos años se utilizaba para determinar la fibra en algunos forrajes, pero poco a poco que se tuvo mas interés en la fibra los métodos fueron cambiando, de tal manera que se dieron cuenta de que algunos compuestos (proteínas, carbohidratos) contribuían al valor de la fibra utilizado este sistema, por lo que se desarrollaron otros métodos que fueran más precisos.

Para cada componente de la pared celular (residuo neutro detergente (RND), residuo ácido detergente (RAD), hemicelulosa, celulosa, lignina, cutina y cenizas), se emplearon dos pruebas estadísticas, a mencionar: "Análisis de Varianza" y "Prueba de Sheffe" con $p < 0.05$, utilizando el paquete estadístico Analyse -it.

Para el caso del RND, de mayor contenido porcentual que el RAD se nota un incremento para todos los tratamientos, excepto para el azúcar a diferentes concentraciones. Lo anterior destaca que con el azúcar se obtiene una pérdida de la fibra neutro detergente y por ende de la fibra ácido detergente (ver graficas No. 1 y 2).

Con respecto a la hemicelulosa obtenida por diferencia entre los residuos neutro y ácido detergente, los resultados se pueden observar en la tabla No. 11 y en la gráfica No. 3, en donde se vuelve a marcar el efecto del azúcar, obteniendo la menor cantidad

de hemicelulosa; además debe indicarse que dado que la hemicelulosa se obtiene de una diferencia, se tiene como consecuencia un incremento de los errores de análisis obtenidos de los residuos neutro y ácido detergente.

Asimismo, en la gráfica No. 4 se vuelve a marcar el efecto del azúcar sólo que en este caso es con la cantidad de celulosa (ver tabla No. 11).

Para el caso del contenido de lignina (gráfica No. 5) se notó un incremento con los tratamientos de pulpa fermentada y con sal en diferentes concentraciones.

En el apéndice A se muestran los resultados del Análisis de Varianza, utilizando el paquete estadístico Analyse it, que permite descubrir si existe alguna diferencia significativa entre cada fracción de la pared celular para todos los tratamientos. Los resultados obtenidos de este análisis muestran que sí existe una diferencia significativa entre cada una de las fracciones ($p < 0.05$). Además se revaluó y verificó el diseño obtenido, empleando la prueba de Scheffé ($p < 0.05$) para realmente obtener la diferencia entre cada grupos (ver tabla No. 11).

En la tabla No. 12 la cantidad de sólidos solubles después de las técnicas de lavado de la pulpa fueron mayores para los tratamientos que utilizaron solvente y metabisulfito de sodio que para los que utilizaron sal y azúcar, esto se debe probablemente a que los solventes remueven compuestos diferentes que podrían tener mayor peso molecular que los compuestos que remueven la sal y el azúcar, tales como proteínas solubles. Otra razón es que el metabisulfito de sodio haya contribuido a la cantidad de sólidos solubles en los tratamientos que utilizaron este reactivo.

D. Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café.

La fibra dietética por estar constituida por una serie de polisacáridos, presenta varias propiedades fisicoquímicas importantes. Por tanto, la determinación de la capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de adsorción de agua (CAD), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de intercambio cationico (CIC) y la capacidad de absorción de moléculas orgánicas (CAMO) se determinaron (ver tabla No. 14).

La capacidad de retención de agua se emplea básicamente para hacer referencia a la cantidad de agua que un hidrato de carbono puede retener sin que haya liberación de líquido (Badui, 1998); la CRA que se determino del concentrado de la pulpa de café

fue de 10.44 g agua/g de muestra, lo que la fibra de la pulpa de café tiene casi el doble de capacidad de retener el agua que otras fuentes como la zanahoria y el betabel con valores de 6.36 y 6.04 g agua/g muestra respectivamente ver sección F (tabla No. 4). Como ya se había mencionado la fibra por tener varios polisacáridos es capaz de formar puentes de hidrógeno con el agua, dando lugar a una hidratación del material.

La CAA es definida como la cantidad de agua que una fuente de fibra es capaz de absorber cuando se coloca en un exceso de agua (sección F). Para la concentrado de fibra de pulpa de café se determinó un valor de CAA de 10.12 g agua/g que también representa casi el doble de capacidad que tiene el betabel de 6.04 g agua/g muestra (ver tabla No. 4) para absorber el agua.

Por otro lado, se determinó que la concentrado de la pulpa de café adsorbió 1.20 gramos de agua por cada gramo de material seco. En este caso al estar la concentrado bajo una atmósfera controlada, se dio una transferencia de masa del gas (agua vapor) a la concentrado hasta llegar a un equilibrio; es decir, la pulpa se hidrató en cierto sitios ya sea por medio de las fuerzas de Wander Walls o por medio de puentes de hidrógeno. De acuerdo a la literatura el betabel y la zanahoria tienen una CDA de 1.58 y 0.85 g agua/ g material seco respectivamente(ver tabla No. 4), lo que indica que el valor obtenido para la pulpa de café cae entre estos resultados.

Con respecto a la capacidad que tiene la fibra de absorber moléculas orgánicas (CAMO) tales como ácidos biliares, en la concentrado de café se determino un valor de 2.22 g de aceite /g muestra seca que caen entre los valores reportados en literatura para la zanahoria y el trigo (ver tabla No. 5). Esto se debe a que algunos compuestos de la fibra tal es el caso de la lignina que pueden absorber ácidos biliares debido a su naturaleza hidrofóbica (ver tabla No. 7).

Finalmente se determinó la capacidad de intercambio cationico, esta propiedad se considera como un mecanismo, mediante el cual la fibra dietética puede influir en la unión de minerales. La presencia de pectinas muestra la capacidad para unirse a minerales divalentes como el hierro, cobre y zinc (Gallear D & Schneeman B, 1991).

Para el café se determino que la CIC fue de 0.89 eq H^+ , el cual presenta un valor muy parecido como el de la soya (ver tabla No. 5 y 14).

E. Aplicación de la pulpa de café en la elaboración de pan francés

De acuerdo a estudios realizados la pulpa de café sólo ha sido utilizada como alimento en raciones para animales, pero no para el uso como un nuevo ingrediente en el área de alimentos para el ser humano.

Es atractivo que despierte interés el aprovechamiento de este subproducto de desecho como es la pulpa de café, la cual al ser transformada en un concentrado con un 34.73% de fibra dietética total sea utilizada como un ingrediente. Precisamente por la razón anterior este concentrado de fibra de pulpa de café se utilizó para la elaboración de pan francés, sustituyendo la harina de trigo. Se hicieron cuatro lotes en los que esta harina se incorporó a 0, 5, 10 y 15%.

A los cuatro tipos de pan francés se sometieron a una evaluación sensorial, utilizando el método de la Escala Hedónica que luego se analizó estadísticamente; además se les midieron parámetros físicos, químicos y vida en anaquel.

Una vez que el pan salió del horno se esperó unos minutos a que se enfriara, y se realizó una evaluación sensorial, en la cual se utilizó el método de la escala hedónica evaluando el color, olor, textura y sabor. Los resultados del análisis de varianza para cada parámetro evaluado se pueden observar en el apéndice C, en este caso también se utilizó el paquete estadístico Analyse-it que permitió descubrir si existía una diferencia significativa entre las respuestas de los panelistas con respecto a cada parámetro. Los resultados obtenidos de este análisis muestran que los panelistas no notaron diferencia en cuanto al sabor y olor (ver tablas No. 43 y 46). Sin embargo si notaron diferencia en cuanto a los parámetros de color y textura (ver tablas No. 37 y 40), en este se realizó la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para determinar específicamente en qué panes se encontraron estas diferencias; en el caso del color (ver tabla No. 38) los panelistas no encontraron diferencia entre los panes con 0, 5 y 10 % de concentrado de fibra de pulpa de café, mientras que el pan con 15% de concentrado de fibra sí, esto puede observarse en la figura No. 2, que el pan al 15% tiene un color café oscuro muy diferente al resto. En cuanto a la textura (ver tabla No. 41), el análisis arroja que los panelistas también encontraron diferencia en el pan al 15%, probablemente porque este pan era más compacto y más duro que los demás.

Al reunir las respuestas de todos los panelistas (ver tabla No. 15) se nota que el pan que más gustó fue el que tenía el 5% de concentrado de fibra de pulpa de café, seguido

de control, mientras que el resto no llenó las expectativas del panelista especialmente por el color y la textura que éste tenía tal y como se determinó en el análisis estadístico. Es importante mencionar que se utilizó la prueba de escala hedónica, porque ésta no necesita a panelistas entrenados como en otras pruebas en la que se tienen que catar productos específicos como el vino, café, etc.

Figura No. 2
Cuatro tipos de pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.



Al observar en la tabla No.16 se puede notar que para los cuatro lotes de pan después de salir del horno tienden a perder peso, debido a la deshidratación que el producto sufre en el horno.

Como se puede notar en las tablas No. 17, 18 y 19 la altura, el diámetro y el volumen se ven afectados al aumentar el porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café debido a el empobrecimiento del gluten que se encuentra en la harina trigo y que es lo que le da la elasticidad y el crecimiento al pan.

Según la literatura, el volumen está linealmente correlacionado con el contenido de proteína en la harina de trigo (Stauffer, 1990); sin embargo, en las tablas No. 19 y 22 se nota una tendencia contraria, ya que a medida que disminuye el volumen aumenta la cantidad de proteína, esto se debe probablemente a que la harina de café aporta cierta cantidad de proteína que no necesariamente es gluten, para lo cual hay que hacer énfasis que la pulpa de café tiene alrededor de 11.2% de proteína (tabla No. 1).

Por otro lado y como una medida de calidad, se determinó la dureza del pan donde se utilizó el penetrómetro; como se observa en la tabla No. 20 a medida que aumenta el porcentaje del concentrado de la fibra de pulpa de café fue más difícil que la punta del

instrumento que mide la fuerza de incisión se enterrará en el pan, por ejemplo los valores de la fuerza de incisión de 0 % y 15% del concentrado de fibra para el pan francés fueron de 11.16 nm y 3.13 nm respectivamente, con lo que se notaba que el pan más suave era el que no tenía concentrado de fibra de pulpa de café. Según la literatura el endurecimiento está conectado con la retrodegradación del almidón (Stauffer, 1990). En este sistema tan complejo se atrevería a pensar que la dureza se debería a que el pan tiene menor cantidad de humedad sin embargo en este análisis no fue así, ya que el pan con mayor cantidad de humedad era el más duro (ver tablas No. 20 y 21). Cabe resaltar que, al medir la humedad del pan, se pudo determinar una vez más la alta capacidad que tiene la fibra dietética de la pulpa de café de absorber, adsorber y retener agua en el pan (ver tabla No. 21).

Con respecto a la cantidad de fibra dietética total en cada pan (ver tabla No. 23), se nota una relación directamente proporcional entre porcentaje de concentrado de fibra de pulpa de café incorporada al pan con la cantidad de fibra dietética total, pero para los panes con 0 y 5% de concentrado de fibra de pulpa se obtuvieron valores de 10.47 y 12.95% respectivamente, mientras que para los panes con 10 y 15% se obtuvieron valores de fibra dietética de 19.24 y 21.02%. De lo anterior se nota un incremento muy alejado entre los panes que tenían 5 y 10% de fibra de pulpa, según la literatura F-Saura – Calixto y cols., proponen que la asociación entre los almidones y proteínas, taninos y proteínas y taninos y almidones que se establecen en diferentes alimentos de origen vegetal después de su cocción causan un aumento en fibra (González G, 2000), sumando a lo antes expuesto según Lintas y Campelloni ha propuesto que debido al bajo contenido de lípidos presentes en ciertas leguminosas, el aumento de FDT no puede explicarse solo por la interacción entre lípidos y carbohidratos, sino que el tratamiento casero y/o comercial promueven otro tipo de interacciones que aumentan el contenido de polisacáridos no almidonados y/o propicia la formación de almidones modificados, capaces de resistir la acción enzimática y en consecuencia aumentar el contenido de fibra dietética del alimento en cuestión (González G, 2000), de lo cual se deduce que parte de este aumento se atribuiría a los compuestos que se producen debido a la reacción de Millard durante el horneado y también a que algunos compuestos hayan quedado durante la filtración ya que en ocasiones esta técnica se dificultaba, lo cual atribuiría determina la fibra dietética en estos panes en futuros estudios.

Otro aspecto de calidad que se evaluó en el pan fue la vida en anaquel. Para esto el pan se pesó durante siete días dejándolo durante todo este tiempo a la intemperie. Como se nota en la tabla No. 24, después de que el pan salió del horno se dejó reposar para que se enfriara y se pesó, pero no se hizo con una balanza analítica y como se nota el pan que perdió mas peso fue el de 5%, sin embargo, al analizar los datos }desde el segundo día, done sí se utilizo una balanza analítica, hasta el séptimo día se notó que los panes con 0, 5 y 10% de concentrado de fibra de pulpa de café perdieron 4.82, 4.91 y 4.54 g de agua, en el caso del pan con 15% de concentrado fibra perdió sólo 3.83 g de agua, lo cual implica que a mayor cantidad de concentrado de fibra incorporado al pan es menor la cantidad de agua que se pierde, esto también se ve reflejado en el hecho de que la fibra tiene alta capacidad para retener, absorber y adsorber agua con valores de 10.44, 10.12 y 1.20 g de agua /g de materia seca respectivamente. Asimismo los panes perdieron peso debido a la deshidratación del alimento por estar a la intemperie ya que el agua en el centro fluye hacia la costra del pan. También se notó que le pan endureció, estos e debe a que las moléculas de amilosa y amilopectina ya no están totalmente extendidas debido a la pérdida de agua y dando como consecuencia una retrodegradación del almidón.

F. Estudio biológico en ratas

Con el fin de determinar el efecto de la fibra dietética de la pulpa de café en algunos aspectos fisiológicos, se procedió a realizar un análisis biológico utilizando ratas con edades comprendidas entre 40 y 45 días de nacidas como modelo experimental. Para lo anterior se molió el pan francés utilizado en la fase anterior, de donde se obtuvieron cuatro tipos de harinas.. A cada harina se le agregó 0.5 g de carmín (colorante) como un indicador en las heces de las ratas. Las ratas consumieron la harina de pan durante 5 días.

Los resultados presentados en la tabla No.25 indican que al incluir 5, 10 y 15% del concentrado de fibra de pulpa de café en el pan, todas las ratas aumentaron aproximadamente 2 gramos, con excepción de las ratas que consumieron el pan con 5% de concentrado que aumentaron en promedio 4 gramos. Al revisar en la tabla No. 26 estas ratas fueron las que dejaron 7.75 g de alimento, lo que no concuerda con los resultados; sin embargo, lo que sucedió es que estas ratas estaban muy inquietas lo que pudo provocar un error al momento de tomar el peso en la balanza.

Como se puede notar en la tabla No. 27 el peso de las heces, la humedad y la grasa tiene una relación directamente proporcional al contenido de concentrado de fibra de pulpa de café. En el caso de las heces se pudo notar un incremento bastante marcado, esto se debe a la alta capacidad que tiene la fibra de aumentar la cantidad de heces (Sección G) por absorber, adsorber el agua. Por otro lado, la humedad también aumento por las propiedades fisicoquímicas ya mencionadas.

En cuanto a la cantidad de grasa encontrada en las heces también se determinó un incremento, debido a la capacidad que tiene esta fibra de absorber ácidos biliares (ver tabla No. 14), lo cual estaría relacionado por la cantidad de lignina presente en la fibra que utilizó el tratamiento con aguay metabisulfito de sodio que fu incorporada al pan (ver tabla No. 11) y con los resultados citados en al literatura (ver tabla No. 7).

De lo anterior se deduce el hecho de que la fibra de pulpa de café puede aumentar el peso en heces fecales de 1.77g a 5.30g para ratas que consumieron los panes con 0 y 5% de concentrado de fibra de pulpa de café (ver tabla No. 27); así como disminuir el contenido en grasas en el organismo de ratas (ver tabla No. 27). Hay que tomar en cuenta que este experimento debe realizarse con más profundidad, ya que en este caso hubo limitantes tales como la cantidad de ratas utilizadas (ocho en total) tiempo de duración del experimento (5 días). También hay que hacer énfasis en que existen factores que influyen en las ratas, tales como el sexo, el estrés, edad, duración del estudio.

X. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Al comparar todos los tratamientos empleados para limpiar y concentrar la fibra dietética en la pulpa de café se concluyó que sí existe una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al fraccionamiento de la pared celular.
2. La fibra dietética total de la pulpa de café se concentró de 28.76% a 34.73% utilizando el tratamiento de agua con metabisulfito de sodio (2%), el cual resultó ser el tratamiento más conveniente.
3. De los tres métodos de la AACC para determinar la fibra dietética total, el más conveniente fue el método "Fibra dietética total".
4. La incorporación del concentrado de fibra de pulpa de café en pan francés disminuye algunos parámetros físicos (altura, diámetro y volumen) y aumenta otros parámetros como es la humedad, proteína y fibra dietética total.
5. El pan que tuvo mejor aceptación en cuanto a los cuatro atributos evaluados fue el que tenía el 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.
6. Estadísticamente sí hubo diferencia significativa en cuanto al color y textura para el pan que tenía un 15% de pulpa de café.
7. El incremento en volumen, humedad y grasa en heces se debe a las propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética de la pulpa de café, de lo que se deduce su capacidad para evitar el estreñimiento y disminuir la grasa en el organismo de ratas.

XI. RECOMENDACIONES

1. Tratar de utilizar otros tratamientos para concentrar y limpiar la fibra dietética de la pulpa de café.
2. Ampliar la información química de la pulpa de café con la determinación de taninos, cafeína, ácido clorogenico, etc.,
3. Realizar otros productos de panadería incorporándoles los mismos porcentajes del concentrado de pulpa de café para observar las variaciones en los parámetros físicos y químicos.
4. Ampliar el análisis biológico, analizando no sólo las heces sino determinación de ácidos grasos en el hígado de ratas.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- AACC. 1984. *Approved Methods of the A.A.C.C.* American Association of Cereal of Chemists St. Paul MN.
- AOAC. 1984 *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemist.* Virginia, USA. 14 ed.
- Badui S. 1997. *Química de alimentos.* México. Alambra mexicana. 648 pp.
- Bressani R & Braham J. 1978. *Pulpa de café.* Colombia. 151 pp.
- Chavez M, Ross M & Witschi J. 1979. *Nutrición.* Boston. Hoghton Mifflin Company 559pp
- Conocimientos actuales sobre nutrición.* 1991. Fibras de la dieta de Scheneeman B & Gallear D. 6ta ed. Washington. International Life Sciences Institute Press. 614 pp.
- Desrosier, N. 1999. *Elementos de Tecnología de Alimentos.* 6ta ed. México, D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 783 pp.
- González G. 2000. <<Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas>>. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 50 (3): 281-285.
- Howald W. 1998. *Manual de caficultura.* 3era ed. Guatemala. 318 pp.
- James W & Theander O. 1981. *The analysis of dietary fiber in food.* New York. Marcel Decker Inc. 276 pp.
- Lajolo, Penna, et al. 2001. Fibra dietética en Ibero América: Tecnología y Salud. En *Propiedades funcionales y metodología para su evaluación en fibra dietética*, de Zambrano M, Meléndez R & Gallardo Y. Brasil. Editorial Varela Livraria. 469 pp.
- Lajolo, Penna, et al. 2001. Fibra dietética en Ibero América: Tecnología y Salud. En *Maduración, almacenamiento y procesamiento de frutas y vegetales: Modificaciones en los componentes de la fibra soluble*, de Manrique G & Lajola F.. Brasil. Editorial Varela Livraria. 469 pp.
- Mandigan M, Martinko J & Parker J. 1999. *Biología de los microorganismos.* Madrid Prentice Hall. 986 pp.

- Moss H & Mayer J. 1977. Food and nutrition in health and disease. En *dietary Fiber: What it is and what it does* de Kritchevsky D. New York. The New York Academy of Science. Volumen 300.
- Potter N. 1978. *La ciencia de los alimentos*. 2da ed. Mexico. Harla. 749 pp.
- Prosky L & DeVries J. 1992. Controlling dietary fiber in food product. New York Van Nonstrand. Reinhold. 161 pp.
- Southgate D. 1976. *Determination of food carbohydrates*. Londres. Applied Science Publishers LTD. 178 pp.
- Spiller A & Amen R. 1978. *Topics in dietary fiber research*. New York. Plenum Press. 223pp.
- Stauffer C. 1990. *Functional additives for bakery food*. New York. AVI Book. 279 pp.
- Wade L 1993. *Química orgánica*. México. Pearson eduction. 1312 pp.
- [www. 216.239.41.104./search?q=cache:c8I1r9wIgQ4J:cariari.ucr.ac.cr/pejibaye/NutricionAnimal/Nutricion%2520animal3.htmDigesti%c3%B3n+en+ratas&hl=es&ie=UTF-8](http://www.216.239.41.104./search?q=cache:c8I1r9wIgQ4J:cariari.ucr.ac.cr/pejibaye/NutricionAnimal/Nutricion%2520animal3.htmDigesti%c3%B3n+en+ratas&hl=es&ie=UTF-8)
- www.analise-it.com
- [www. 299,95.2621/s/an/alan/2000_3_10.pdf](http://www.299,95.2621/s/an/alan/2000_3_10.pdf)
- [www. medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8](http://www.medicinadefamilia.net/fibra.asp+fibra+dietética&hl=es&ie=UTF-8)

XIII

APÉNDICE A

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS TRATAMIENTOS A LOS QUE SE SOMETIÓ
LA PULPA DE CAFÉ PARA CONCENTRAR Y LIMPIAR LA FIBRA DIETÉTICA.**

Tabla No.28

Análisis de varianza del contenido celular para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor de F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	4029.19	10	402.92	279.30	0.00	2.30
Dentro tratamientos	31.74	22	1.44			
Total	4060.92	32				

Tabla No. 29

Análisis de varianza del residuo neutro detergente para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	4084.39	10	408.44	296.07	0.00	2.30
Dentro tratamientos	30.35	22	1.38			
Total	4114.74	32				

Tabla No. 30

Análisis de varianza del residuo ácido detergente para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	1490.05	10	149.01	85.66	0.00	2.30
Dentro tratamientos	38.27	22	1.74			
Total	1528.32	32				

Tabla No. 31

Análisis de varianza de la hemicelulosa para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	602.10	10	60.21	29.77	0.00	2.30
Dentro tratamientos	44.49	22	2.02			
Total	646.58	32				

Tabla No. 32

Análisis de varianza de la celulosa para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	929.77	10	92.98	97.83	0.00	2.30
Dentro tratamientos	20.91	22	0.95			
Total	950.68	32				

Tabla No. 33

Análisis de varianza de la lignina para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	390.76	10	39.08	88.41	0.00	2.30
Dentro tratamientos	9.72	22	0.44			
Total	400.49	32				

Tabla No. 34
Análisis de varianza de la cutina para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	33.43	10	3.34	20.30	0.00	2.30
Dentro tratamientos	3.62	22	0.16			
Total	37.05	32				

Tabla No. 35
Análisis de Varianza de las cenizas para los tratamientos a los que fue sometida la pulpa de café

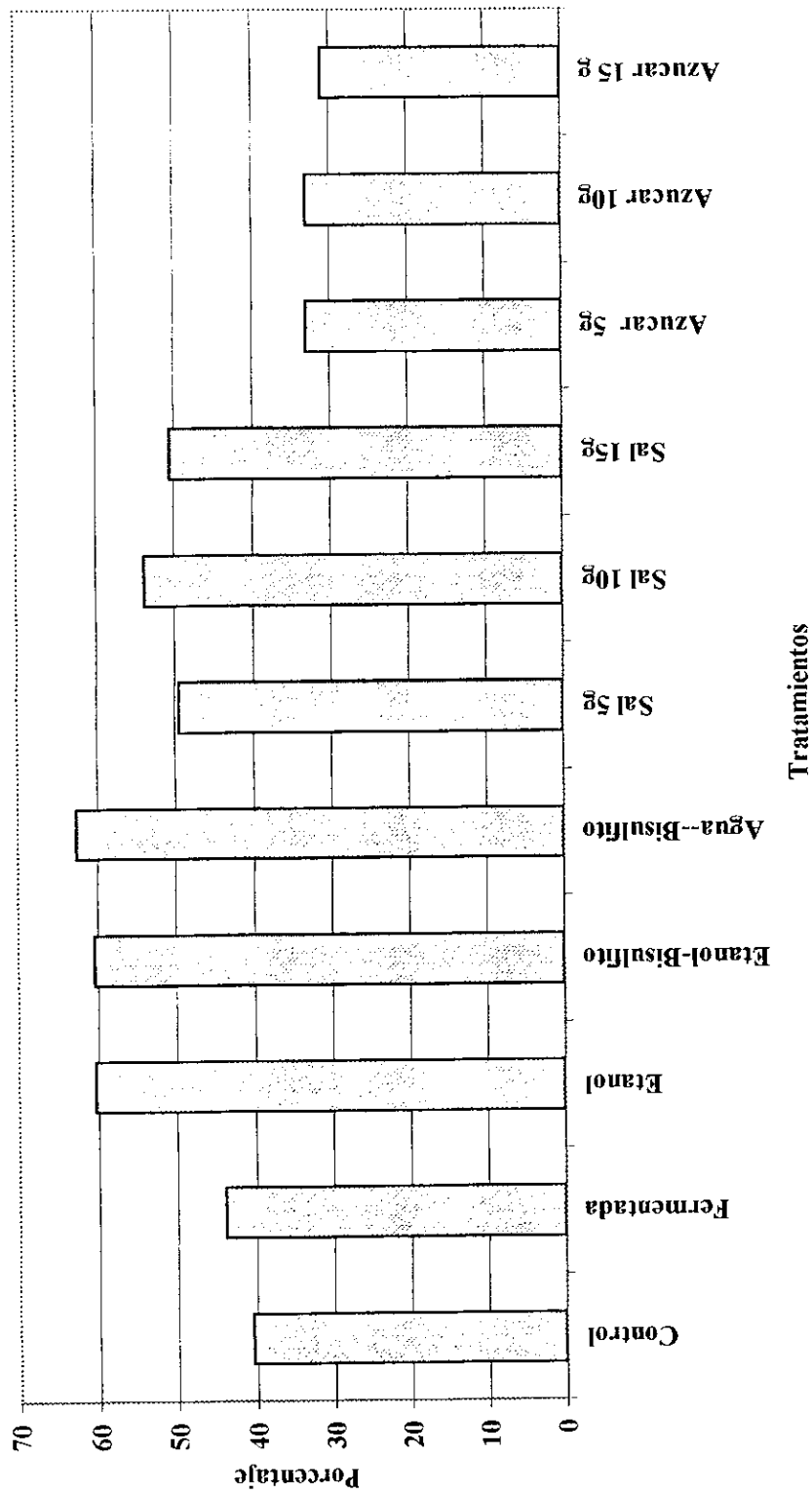
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre tratamientos	27.99	10	2.80	184.03	0.00	2.30
Dentro tratamientos	0.33	22	0.02			
Total	28.32	32				

XIV

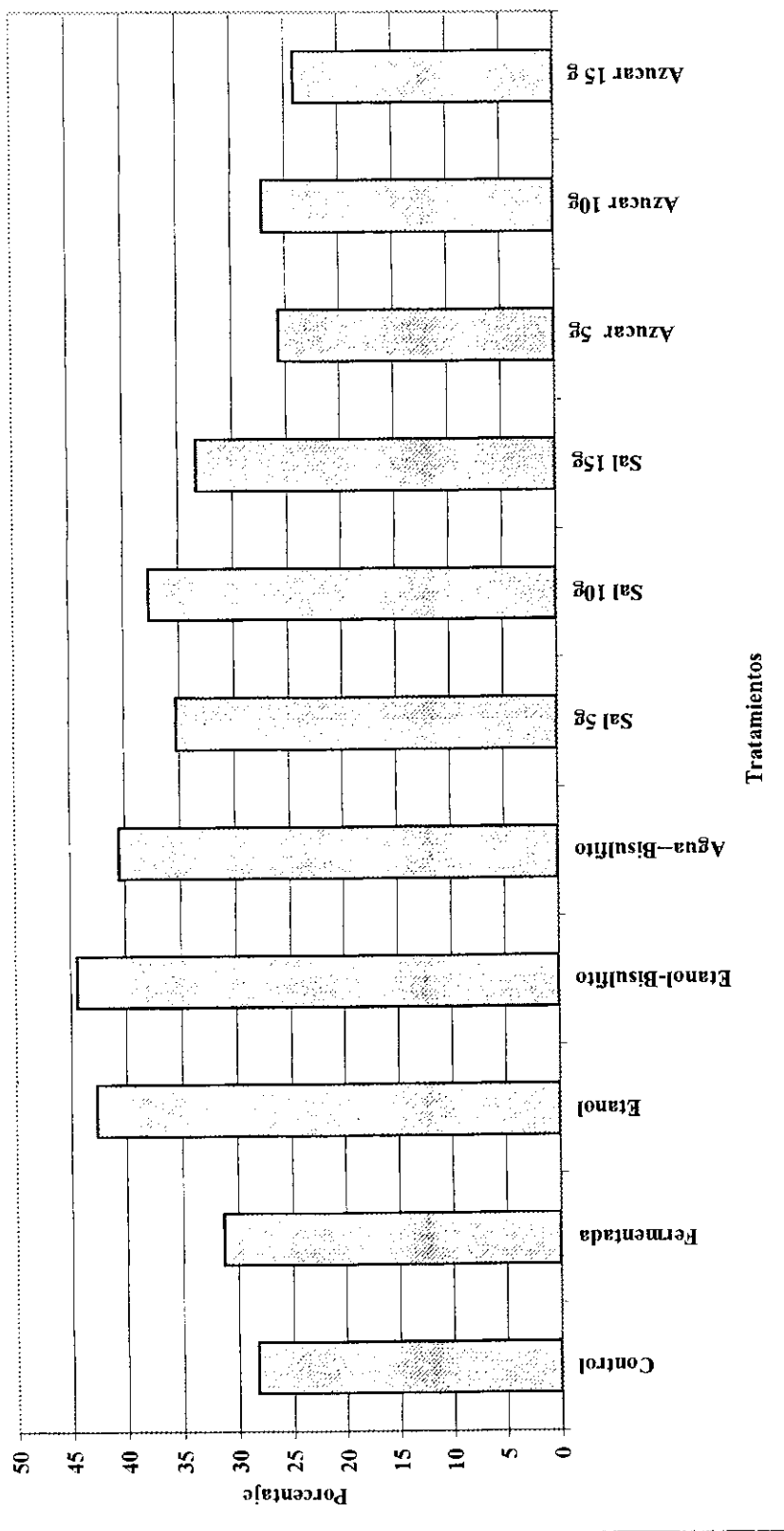
APÉNDICE B

GRAFICAS DE LOS TRATAMIENTOS

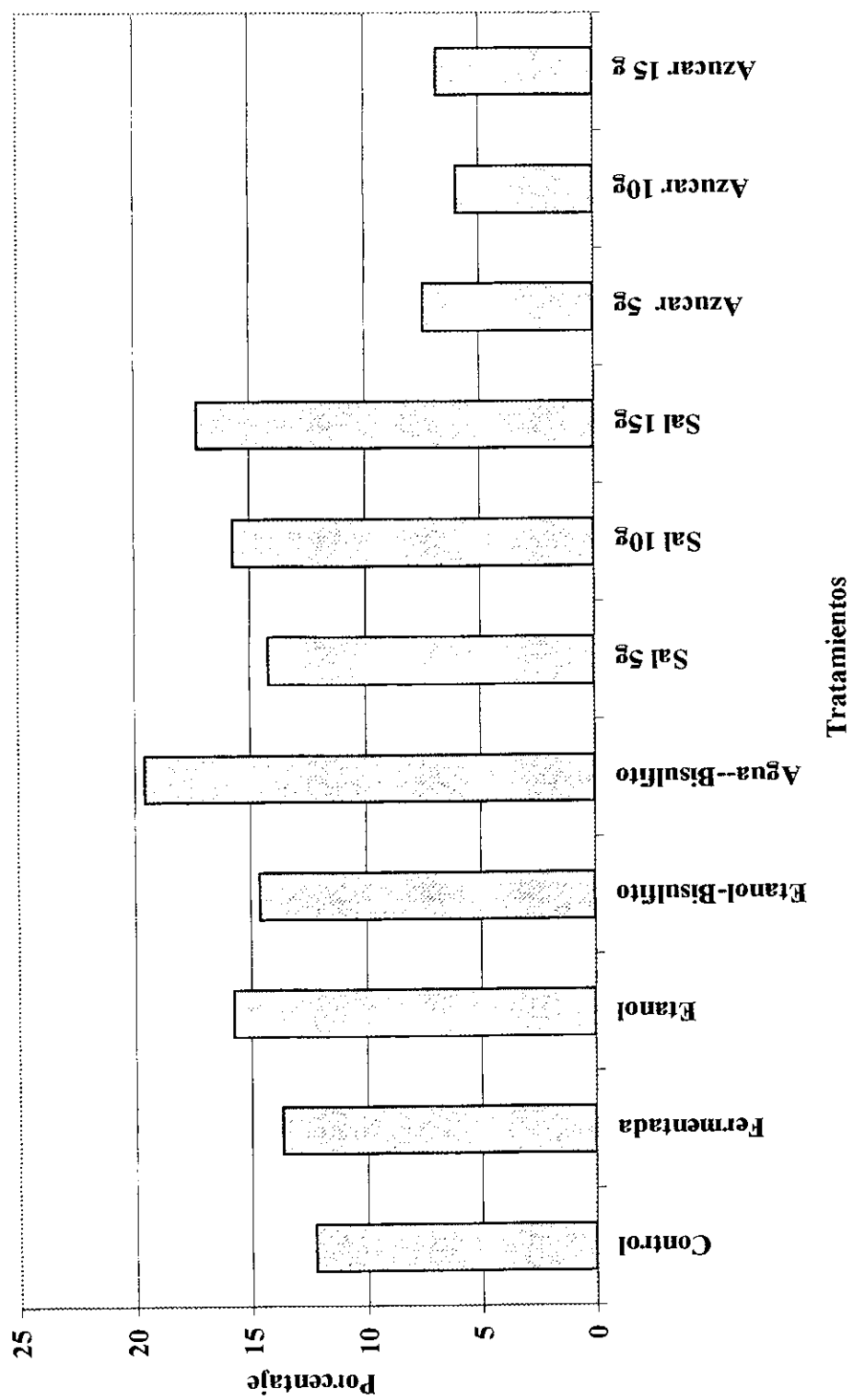
Gráfica No. 1 Porcentaje del residuo neutro detergente para cada tratamiento.



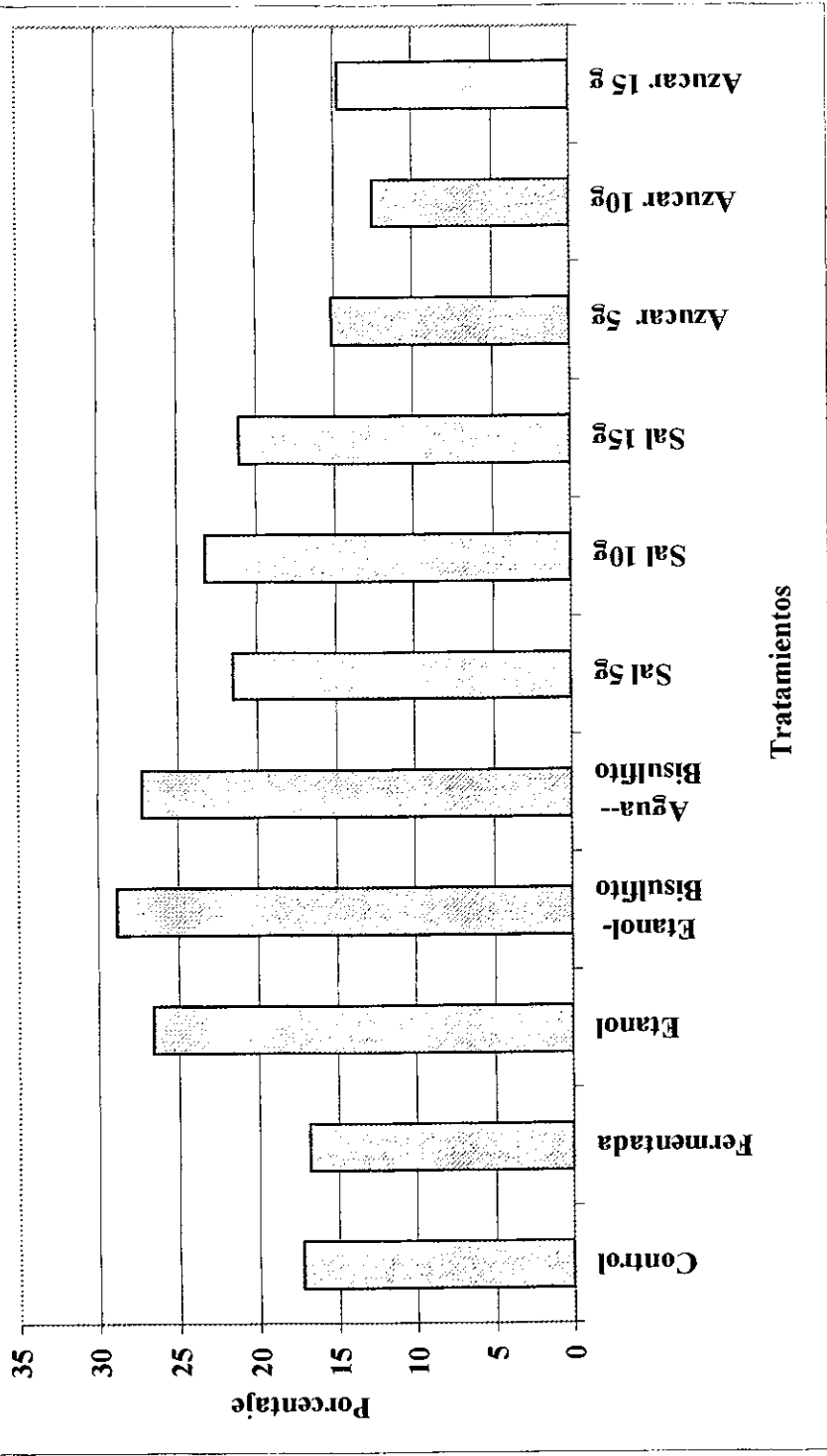
Grafica No. 2 Porcentaje del residuo ácido detergente para cada tratamiento.



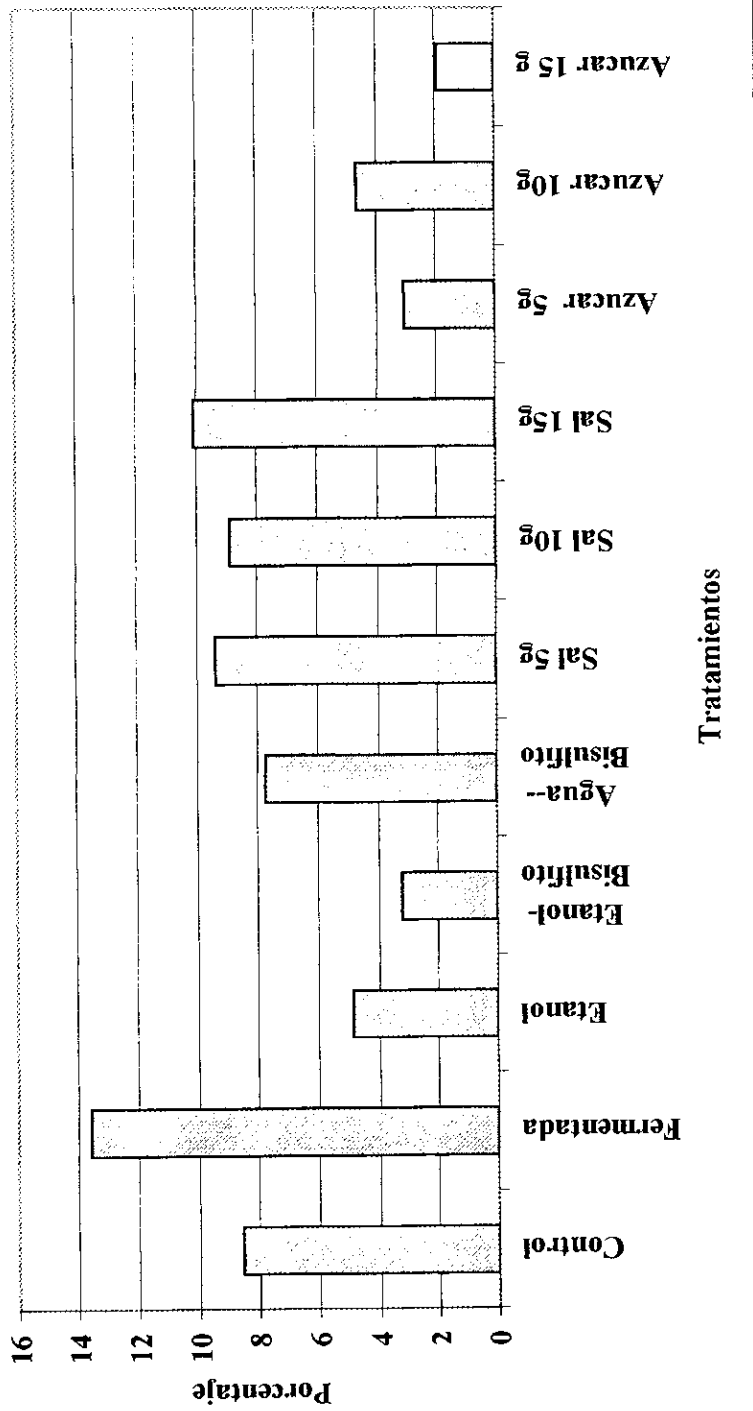
Gráfica No. 3 Porcentaje del residuo de hemicelulosa para cada tratamiento.



Gráfica No. 4 Porcentaje de celulosa para cada tratamiento



Gráfica No. 5 Porcentaje de lignina para cada tratamiento.



XV
APÉNDICE C

**ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL
PAN FRANCÉS CON DIFERENTES PORCENTAJES DEL CONCENTRADO DE FIBRA DE
PULPA DE CAFÉ.**

Tabla No. 36

Respuesta de los panelistas para el parámetro de color en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Panelistas	Respuesta de cada panelista			
	Pan con 0% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 10% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.
1	2	2	2	2
2	2	2	2	1
3	1	2	2	2
4	2	1	2	2
5	3	2	2	2
6	2	2	4	5
7	1	2	3	3
8	2	1	2	3
9	2	2	4	3
10	1	2	3	4

Tabla No. 37

Análisis de varianza para el parámetro de color en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico para F
Entre respuestas	7.27	3	2.42	3.68	0.02	2.87
Dentro de respuestas	23.70	36	0.66			
Total	30.98	39				

Tabla No. 38
Prueba de Tukey para parámetro de color en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café¹
Pan con diferentes porcentajes del concentrado de pulpa de café

	Media
Pan francés (testigo)	1.80 ± 0.63 ^a
Pan francés (5%)	1.80 ± 0.42 ^a
Pan francés (10%)	2.60 ± 0.84 ^a
Pan francés (15%)	2.70 ± 1.15 ^b

¹ Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

Tabla No. 39
Respuesta de los panelistas para el parámetro de textura en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Panelistas	Respuesta de cada panelista				
	Pan con 0% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 10% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.	
1	2	2	2	3	
2	1	1	2	2	
3	1	2	2	3	
4	2	2	2	2	
5	3	1	2	3	
6	2	2	4	5	
7	2	2	2	3	
8	3	1	2	3	
9	1	2	3	4	
10	1	2	2	4	

Tabla No. 40

Análisis de varianza para el parámetro de textura en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico para F
Entre grupos	14.10	3	4.70	8.72	0.00	2.87
Error	19.40	36	0.54			
0Total	33.50	39				

Tabla No. 41

Prueba de Tukey para parámetro de textura en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.¹

Pan con diferentes concentraciones de pulpa de café	Media
Pan francés (testigo)	1.80 ± 0.79 ^a
Pan francés (5%)	1.70 ± 0.48 ^a
Pan francés (10%)	2.30 ± 0.67 ^a
Pan francés (15%)	3.20 ± 0.92 ^b

¹ Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

Tabla No. 42

Respuesta de los panelistas para el parámetro de olor en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Panelista	Respuesta de cada panelista				
	Pan con 0% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 10% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.
1	2	2	2	4	4
2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3
4	2	2	2	2	2
5	3	3	3	2	2
6	2	2	2	2	2
7	1	1	2	3	3
8	2	2	2	2	2
9	1	1	3	2	2
10	2	3	2	3	3

Tabla No. 43

Análisis de varianza para el parámetro de olor en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico para F
Entre grupos	3.28	3.00	1.09	2.60	0.07	2.87
Error	15.10	36.00	0.42			
Total	18.38	39.00				

Tabla No. 44

Prueba de Tukey para el parámetro de olor en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.¹

Pan con diferentes concentraciones de pulpa de café	Media
Pan francés (testigo)	1.80 ± 0.63 ^a
Pan francés (5%)	1.90 ± 0.74 ^a
Pan francés (10%)	2.30 ± 0.48 ^a
Pan francés (15%)	2.50 ± 0.71 ^a

¹ Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

Tabla No. 45

Respuesta de los panelistas para el parámetro de sabor en el pan francés con diferentes porcentajes del concentrado de fibra de pulpa de café.

Panelista	Respuesta de cada panelista			
	Pan con 0% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 5% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 10% de concentrado de fibra de pulpa de café.	Pan con 15% de concentrado de fibra de pulpa de café.
1	2	1	3	3
2	3	2	2	1
3	2	2	2	3
4	1	2	1	3
5	3	2	3	1
6	2	2	4	5
7	1	1	2	3
8	2	2	2	2
9	2	1	3	3
10	1	3	2	4

Tabla No. 46

Análisis de varianza para el parámetro de sabor en el pan francés con diferentes concentraciones de concentrado de fibra de pulpa de café

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico para F
Entre grupos	6.47	3	2.16	2.72	0.06	2.87
Dentro de los grupos	28.5	36	0.79			
Total	34.9	39				

Tabla No. 47

Prueba de Tukey para el parámetro de sabor en el pan francés con diferentes concentraciones de concentrado de fibra de pulpa de café.

Pan con diferentes concentraciones de pulpa de café	Media
Pan francés (testigo)	1.90 ± 0.74 ^a
Pan francés (5%)	1.80 ± 0.63 ^a
Pan francés (10%)	2.40 ± 0.84 ^a
Pan francés (15%)	2.80 ± 1.23 ^a

¹ Números con letras diferentes muestras significancia estadística (P < 0.05)

XVI
APÉNDICE D

**BOLETA DE LA ESCALA HEDÓNICA UTILIZADA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL
DEL PAN FRANCÉS CON DIFERENTES PORCENTAJES DEL CONCENTRADO DE
FIBRA DE PULPA DE CAFÉ.**

TIPO: Preferencia
 METODO: Escala Hedónica
 PRODUCTO: _____

NOMBRE: _____
 FECHA: _____

Instrucciones:

Sírvase degustar las muestras que se presentan. Para cada parámetro (color, textura, olor y sabor) de cada muestra responda utilizando la siguiente escala:

- 1 = Me gusta mucho
- 2 = Me gusta
- 3 = No me gusta, ni me disgusta
- 4 = Me disgusta
- 5 = Me disgusta mucho

MUESTRA A:

Color : _____
 Textura : _____
 Olor : _____
 Sabor : _____

MUESTRA B:

Color : _____
 Textura : _____
 Olor : _____
 Sabor : _____

MUESTRA C

Color : _____
 Textura : _____
 Olor : _____
 Sabor : _____

MUESTRA D

Color : _____
 Textura : _____
 Olor : _____
 Sabor : _____