



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

Facultad de Química

Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

“Efecto de la intervención dietaria con fibra dietaria antioxidante de café (*Coffea arabica* L.) usado sobre parámetros de salud intestinal en un estudio clínico”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
Maestra en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Presenta:

L. N. Karen Lizzet Gomez Castrejon

Dirigido por:

Dra. Rocio Campos Vega

CU, Santiago de Querétaro, Querétaro. Diciembre 2017



Universidad Autónoma de Querétaro
 Facultad de Química
 Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

**"Efecto de la intervención dietaria con fibra dietaria antioxidante de café
 (*Coffea arabica* L.) usado sobre parámetros de salud Intestinal en un
 estudio clínico"**

Opción de titulación
 Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:
 Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Presenta:

LN Karen Lizzet Gomez Castrejon

Dirigido por: Dra. Rocio Campos Vega

Dra. Rocio Campos Vega
 Presidente


 Firma

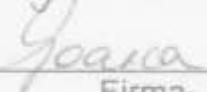
Dra. Olga Patricia García Obregón
 Secretario


 Firma

Dra. Ma. Dolores Del Castillo Bilbao
 Vocal


 Firma

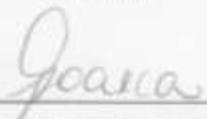
Dra. Ma. Guadalupe Flavía Loarca Piña
 Suplente


 Firma

Dra. Marcela Gaytán Martínez
 Suplente


 Firma


 M.S.P. Sergio Pacheco Hernández
 Director de la Facultad


 Dra. Ma. Guadalupe Flavía Loarca Piña
 Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario
 Santiago de Querétaro, Querétaro.
 Noviembre, 2017

RESUMEN

En trabajos anteriores se desarrolló un método para la obtención de fibra dietaria antioxidante del café usado (FDACU). En este trabajo se propone su uso como fuente de fibra dietaria (FD) añadida debido a su alto contenido de compuestos benéficos a la salud. En México, se consume el 50% de la ingesta diaria recomendada de FD (30 g), lo que se asocia con el desarrollo de enfermedades gastrointestinales y no transmisibles. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la fibra dietaria antioxidante de café (*Coffea arabica* L.) usado, incorporada en una galleta, sobre parámetros de salud intestinal mediante un estudio clínico. La FDACU fue consumida como parte de una galleta (G-FDACU, 6 g de fibra/día). Además, con fines comparativos, se incluyó una galleta que tuvo como ingredientes café usado y oligofructosa (G-CU y oligofructosa, 4.6 g fibra/día), así como una galleta de receta tradicional (G-formulación tradicional, sin fibra añadida). Después de 21 días de intervención, el grupo de G-FDACU mostró tendencia a la disminución de parámetros antropométricos (peso, IMC, circunferencia de cintura, entre otros), pero sin efecto significativo. El consumo de la G-FDACU y G-CU y oligofructosa incrementó significativamente el nivel de colesterol total en plasma (manteniéndose en límites saludables). La G-FDACU mostró mayor beneficio gastrointestinal (seguida por la G-CU y oligofructosa), mejorando más del 80% de los síntomas gastrointestinales evaluados, y disminuyó la actividad de β -glucosidasa en heces de manera significativa en comparación de los demás tratamientos, pero sin efecto sobre la capacidad antioxidante en heces. El 75% de la población en el grupo G-FDACU incrementó la materia fecal excretada, y reguló el tránsito intestinal del 45%, mostrando mayor producción de ácido propiónico en heces. Este trabajo informa por primera vez que la galleta con FDACU en su formulación y la combinación de CU y oligofructosa, tienen efectos benéficos sobre la salud y parámetros intestinales, sin embargo reflejando dependencia a la dosis/ estructura de fibra dietaria contenida, por lo que pueden ser considerados fuentes de fibra.

(Palabras clave: café usado, fibra dietaria antioxidante, salud intestinal, actividad enzimática, ácidos grasos de cadena corta)

ABSTRACT

Previously, a method to obtain antioxidant dietary fiber from spent coffee grounds (FDACU) was developed. In this work is proposed the use of FDACU as source of dietary fiber (FD) due to its high level of compounds with beneficial potential to human health. In Mexico, only the 50% of the recommended daily intake of FD (30g) is reached, which is associated with the development of gastrointestinal diseases. The objective of this work was to evaluate the effect of the consumption of FDACU from *Coffea arabica* L., incorporated to a cookie (6 g FD/ day), over gastrointestinal health parameters in a clinical trial. The FDACU was consumed as a part of a cookie (G-FDACU), 5 g FD/ day). Moreover, with comparative purposes, a cookie added with spent coffee grounds and oligofructose was included (G-CU y oligofructosa 4.6 g FD/ day) as well a cookie without added FD (G-fórmula comercial 0 g FD). After 21 days of consumption, the group of G-FDACU showed a tendency to decrease the anthropometric parameters (weight, BMI, waist circumference, and others), but without significant effects. The intake of G-FDACU increased significantly the level of total cholesterol in blood plasma (into healthy intervals). The G-FDACU showed more gastrointestinal benefits (followed by the G-CU y oligofructosa), by improving more than the 80% of the gastrointestinal symptoms evaluated, and being the only treatment which decreased significantly the activity of β -glucosidase but without effect over the antioxidant capacity in feces. 75% of the participants in G-FDACU group increased the volume of fecal excretion, and improved the intestinal transit in 45% of the populations, displaying more production of propionic acid in feces. This work reports for the first time that the FDACU and with less effect the combination of spent coffee grounds and oligofructose have beneficial effects on human health and intestinal parameters, suggesting that the effects are modulated by doses/ structure of added fiber.

(Key words: Spent coffee grounds, antioxidant dietary fiber, intestinal health, enzymatic activity, short chain fatty acids)

DEDICATORIAS

A mis padres:

Cristina Castrejón Román y Felipe Gómez Oregón, por todo el apoyo y amor a manos llenas durante todas las etapas de mi vida.

A mis hermanas:

Cinthia y Liliana, por escucharme, comprenderme y hacer siempre la vida más bonita a su lado.

A mis amigos:

Sarahí, Marce, Moni, Hugo y Liz por la amistad, apoyo, confianza, comida y alegría que me han brindado durante esta etapa de mi vida.

A Daniel:

Por el amor, alegría, confianza, apoyo y los momentos que hemos vivido juntos durante este trayecto.

AGREDICIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento para la realización de este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por el apoyo brindado durante mi estancia.

A la Dra. Rocio Campos Vega por el valioso tiempo, orientación, comprensión y conocimientos compartidos conmigo para el buen desarrollo de este trabajo de investigación.

A los miembros de comité, Dra. Olga Patricia García Obregón, Dra. Ma. Dolores del Castillo Bilbao, Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña y Dra. Marcela Gaytán Martínez por sus aportaciones y consejos para la mejora de este trabajo.

A Luis Fernando Castro Ramírez, quien me brindó gran apoyo en la realización de este trabajo.

A todas las personas que contribuyeron en este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
I.1. Café	3
I.1.1. Generalidades del café	3
I.1.2. Producción y consumo.....	4
I.1.3. Elaboración de la bebida del café	5
I.2. Café usado.....	6
I.2.1. Definición	6
I.2.2. Impacto medioambiental del vertido del café usado	6
I.2.3. Composición química y compuestos bioactivos del café usado	7
I.2.3.1. Fibra dietaria.....	8
I.2.3.1.1. Metabolismo de la fibra dietaria.....	9
I.2.3.1.2. Efecto prebiótico del consumo de fibra dietaria.....	11
I.2.3.1.3. Producción de ácidos grasos de cadena corta y salud por el consumo de fibra dietaria	12
I.2.3.1.4. Efecto en la actividad enzimática en colon por el consumo de fibra dietaria	14
I.2.3.1.5. Efecto en el tránsito intestinal y excreción fecal por el consumo de fibra dietaria	15
I.2.3.1.6. Efecto en el metabolismo de lípidos por el consumo de fibra dietaria	16

I.2.3.2. Compuestos fenólicos	17
I.2.3.3. Melanoidinas	19
I.2.4. Alternativas de utilización del café usado	19
I.3. Evaluación de parámetros gastrointestinales.....	21
I.3.1. Síntomas gastrointestinales.....	21
I.3.2. Hábitos relacionados a la defecación y escala de Bristol	21
III. JUSTIFICACIÓN	22
IV. HIPÓTESIS.....	23
V. OBJETIVOS	24
V.1. Objetivo General.....	24
V.2. Objetivos específicos.....	24
VI. METODOLOGÍA.....	25
VI.1. Materia prima.....	25
VI.2. Obtención de la fibra dietaria antioxidante de café usado	25
VI.3. Elaboración de galletas	25
VI.4. Determinación de fibra dietaria total, soluble e insoluble	27
VI.4.1. Fibra dietaria insoluble	27
VI.4.2. Fibra dietaria soluble	28
VI.4.3. Fibra dietaria total.....	28
VI.5. Intervención dietaria	28
VI.5.1. Reclutamiento de los participantes.....	28
VI.5.2. Diseño experimental de la intervención dietaria	30
VI.5.3. Registro de parámetros gastrointestinales	32
VI.5.3.1. Cuestionario de frecuencia y severidad de dieciocho síntomas gastrointestinales.....	32
VI.5.3.2. Cuestionario de hábitos intestinales y escala de Bristol.....	32

VI.5.4. Parámetros antropométricos	33
VI.5.4.1. IMC.....	33
VI.5.4.2. Masa muscular, masa grasa total y grasa visceral.....	33
VI.5.5. Parámetros bioquímicos	34
VI.5.5.1. Glucosa	34
VI.5.5.2. Triglicéridos.....	34
VI.5.5.3. Colesterol total	35
VI.5.5.4. Lipoproteínas de alta densidad (HDL) y baja densidad (LDL) ..	35
VI.5.6. Análisis de parámetros fecales.....	35
VI.5.6.1. Actividad enzimática.....	36
VI.5.6.1.1. Actividad de β - glucosidasa	36
VI.5.6.1.2. Actividad de β -glucuronidasa	36
VI.5.6.1.3. Actividad de triptofanasa.....	36
VI.5.6.2. Ácidos grasos de cadena corta	37
VI.5.6.3. pH.....	37
VI.5.6.4. Porcentaje de humedad	38
VI.5.6.5. Capacidad antioxidante.....	38
VI.5.6.5.1. Capacidad antioxidante por el método DPPH.....	38
VI.5.6.5.2. Capacidad antioxidante por el método ABTS	38
V.6. Análisis estadístico	39
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
VII.1. Contenido de fibra total, soluble e insoluble	40
VII.2. Intervención dietaria	42
VII.2.1. Reclutamiento de los participantes.....	42
VII.2.2. Parámetros gastrointestinales	47

VII.2.2.1. Efecto de los tratamientos sobre frecuencia y severidad de dieciocho síntomas gastrointestinales	47
VII.2.2.2. Efecto de los tratamiento sobre hábitos intestinales y escala de Bristol	58
VII.2.3. Modulación de los parámetros antropométricos	66
VII.2.4. Efecto de los tratamientos sobre parámetros bioquímicos	68
VII.2.5. Resultados sobre parámetros en la materia fecal	73
VII.2.5.1. Actividad enzimática.....	73
VII.2.5.2. Cuantificación de ácidos grasos de cadena corta en la materia fecal de los participantes	76
VII.2.5.3. pH de la materia fecal de los participantes.....	77
VII.2.5.4. Humedad de la materia fecal de los participantes.....	78
VII.2.5.5. Capacidad antioxidante de la materia fecal de los participantes	79
VIII.CONCLUSIONES	82
IX. REFERENCIAS	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción total de granos de café durante 2016, por los principales países exportadores (mil sacos de 60kg).....	4
Tabla 2. Composición química del café usado y la fibra dietaria antioxidante de café usado (FDACU)	7
Tabla 3. Contenido de fibra dietaria del café usado.....	9
Tabla 4. Contenido de fenoles totales y compuestos fenólicos de café (Coffea arabica L.) usado tostado francés	18
Tabla 5. Ingredientes para la elaboración de 45g de galletas equivalente a 3 piezas.....	26
Tabla 6. Grupos de tratamientos experimentales de la intervención dietaria...	31
Tabla 7. Intervalos de clasificación del IMC.....	33
Tabla 8. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble del café usado y la fibra de café usado.....	41
Tabla 9. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble en las galletas con FDACU, CU y oligofruktosa y las galletas con formulación tradicional.....	42
Tabla 10. Datos basales de la frecuencia de consumo semanal de alimentos de los sujetos participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	44
Tabla 11. Características generales, antropométricas y bioquímicas basales de los sujetos participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	46
Tabla 12. Frecuencia de la presencia de dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental.....	48
Tabla 13. Severidad con la que se presentaron los dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	54
Tabla 14. Frecuencia de defecación en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental	59

Tabla 15. Frecuencia de defecación en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental	60
Tabla 16. Valores basales y finales sobre la frecuencia de faltar al trabajo o dejar de realizar actividades cotidianas por problemas gastrointestinales o necesidad de defecar en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental.....	64
Tabla 17. Clasificación de la materia fecal en la escala de Bristol.....	65
Tabla 18. Valores antropométricos de los sujetos participantes en la intervención al inicio y final de 21 días de intervención, según el tratamiento experimental.....	67
Tabla 19. Valores bioquímicos de los sujetos participantes en la intervención al inicio y final de 21 días de intervención, según el tratamiento experimental	69
Tabla 20. Composición química de las galletas	71
Tabla 21. Actividad enzimática en la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	74
Tabla 22. Cuantificación de ácidos grasos de cadena corta en los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	77
Tabla 23. pH fecal de la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	78
Tabla 24. Humedad en las muestras fecales de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	79
Tabla 25. Capacidad antioxidante por DPPH y ABTS de la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental	80
Tabla 26. Capacidad antioxidante por DPPH y ABTS del CU, FDACU y las tres diferentes formulaciones de galletas	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición del fruto de la planta del café	3
Figura 2. Café usado	6
Figura 3. Individuos reclutados para la intervención dietaria	43
Figura 4. Cambio en la frecuencia de presentar 18 síntomas gastrointestinales de los participantes en la intervención dietaria al final de 21 días de tratamiento, por grupo experimental	51
Figura 5. Cambio en la severidad de 18 síntomas gastrointestinales en los participantes en la intervención dietaria al final de 21 días de tratamiento, por grupo experimental.....	58
Figura 6. Valores basales y finales sobre la frecuencia de defecación de los participantes en la intervención, según su tratamiento experimental	61
Figura 7. Tamaño de la materia fecal excretada durante la última semana de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental.....	63
Figura 8. Tiempo de tránsito intestinal antes y después de 21 días de tratamiento, según el tratamiento experimental.....	66
Figura 9. Valores de actividad enzimática basal en la materia fecal de los participantes en la intervención dietaria	76

I. INTRODUCCIÓN

El café es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo, su producción y consumo ha incrementado a lo largo de los últimos años, lo cual le atribuye gran importancia económica (European Coffee Federation, 2017). La mayor parte del café producido es destinado para la elaboración de café soluble instantáneo el cual corresponde a casi el 50 % del café producido en todo el mundo. El proceso de elaboración de la bebida consiste en poner el café en contacto con agua caliente o vapor en condiciones que favorecen la liberación de compuestos aromáticos y otros constituyentes de granos del café en el líquido. De estas operaciones, se produce un residuo sólido conocido como café usado (CU) (Narita y Inouye, 2014). El CU es el subproducto de mayor abundancia (45 %) generado en las industrias del café, y constituye una fuente grave de contaminación planteando serios problemas ambientales, debido a la eliminación insegura que conducen a la contaminación del agua y la tierra alrededor de las unidades de procesamiento (Murthy y Naidu, 2012).

Debido a lo anterior, investigadores se han dado a la tarea de encontrar alternativas en la utilización del café usado, aprovechando sus componentes (Al-Hamamre *et al.*, 2012). Un uso propuesto debido a la elevada cantidad de fibra dietaria y compuestos fenólicos, es emplearlo como un potencial ingrediente funcional (Dórea y Costa, 2005). En un estudio realizado por Martínez-Sáez *et al.*, (2017) encontraron buenas características físico-químicas, fácil incorporación a productos de panificación y buena aceptación organolépticas del CU. Vázquez-Sánchez, (2016) desarrolló un método para la obtención de fibra dietaria antioxidante de café (*Coffea arabica* L.) usado mediante un pre-tratamiento y calentamiento óhmico (FDACU). La FDACU presentó mayor cantidad de fibra y mejoró la calidad microbiológica y características tecnológicas respecto al CU, además, compuestos bioactivos son absorbidos en el intestino delgado, disminuyendo la actividad de la enzima α -glucosidasa (enzima involucrada en el metabolismo de azúcares) y otra porción fueron bioaccesibles en el colon, observado mediante un ensayo *in*

vitro. Estos resultados indican que el CU y la FDACU podrían otorgar gran beneficio a la salud humana, ya que el consumo diario de fibra en adultos es de 15.8 g, sin embargo en el 2006 se reportaba en promedio un consumo de 20.7 g/ día a nivel nacional, lo que refleja la disminución de casi 5 g de fibra/día en la dieta del mexicano (ENSANUT, 2012). Estas cifras se encuentra por debajo de la recomendación de ingesta diaria de fibra dietética (30 g/día) (NOM-251-SSA1, 2009), situación que se porta de manera similar a nivel global. El bajo consumo de fibra está asociado con diversas enfermedades, principalmente gastrointestinales, como el estreñimiento o dificultad para defecar, colitis, síndrome de intestino irritable, cáncer de colon, entre otras (Abdullah *et al.*, 2015). Enfermedades que han incrementado la incidencia a lo largo de los años y en México hasta el 30 % de la población las padecen (Secretaría de Salud Federal, 2016). Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del consumo de la FDACU, incorporada en una galleta, sobre parámetros de salud intestinal mediante un estudio clínico, para determinar su tolerancia y efectos secundarios positivos o negativos de su consumo en humanos.

II. ANTECEDENTES

I.1. Café

I.1.1. Generalidades del café

El café proviene de la planta del género *coffea* de la familia *Rubiaceae*, un pequeño árbol que crece en regiones tropicales, en lugares con abundantes lluvias, a temperaturas de 21 °C (Murthy y Naidu, 2012). Sus frutos son elípticos y posee una semilla verde en el interior de donde se obtiene la semilla del café, la cual está cubierta por una piel fina plateada, después por el endocarpio o pergamino, seguido por una capa de pectina, luego la pulpa y en la capa externa el epicarpio, tal como se muestra en la **Figura 1** (Narita y Inouye, 2014).

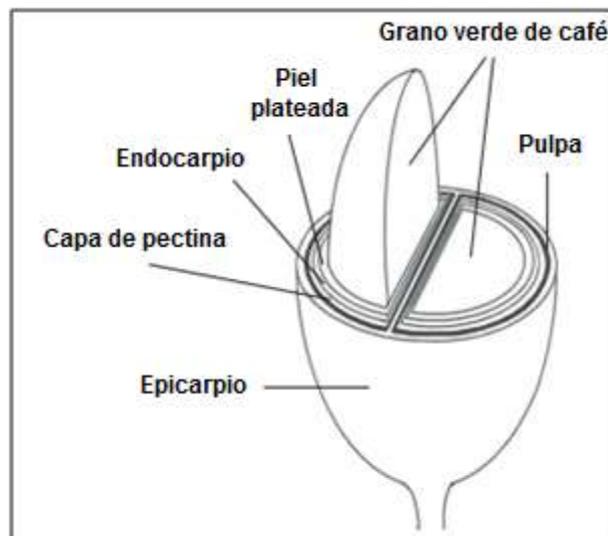


Figura 1. Composición del fruto de la planta del café
(Adaptada de Murthy y Naidu, 2012)

En la actualidad se conocen 80 especies de la planta del café, pero solo las especies arábica y robusta representan el 99% de la producción mundial, siendo éstas las de mayor importancia comercial (Sinnott, 2011).

I.1.2. Producción y consumo

La importancia económica del café se atribuye a que es una de las bebidas más consumidas en todo el mundo, ya que durante el año 2016 su consumo fue de 155,713 (mil sacos de 60kg) en más de 80 países, el cual, junto con su producción, ha incrementado a lo largo de los últimos cuatro años (International Coffee Organization, 2016).

La especie de café de mayor producción es la arabica, seguido por la robusta, con 95.204 y 56.419 (mil sacos de 60 kg respectivamente) (**Tabla 1**). El país con mayor producción de café en el año 2016 fue Brasil. México se coloca en la posición onceava, teniendo una producción de 3100 (mil sacos de 60kg) durante el mismo año.

Tabla 1. Producción total de granos de café durante 2016, por los principales países exportadores (mil sacos de 60kg).

	2016
<i>Coffea arabica</i>	95,204
<i>Coffea robusta</i>	56,419
Total	151,624
Países de mayor producción	
Brasil	55,000
Vietnam	25,500
Colombia	14,500
Indonesia	10,000
Etiopia	6,600
Honduras	5,934
India	5,333
Uganda	3,800
Perú	3,800
Guatemala	3,500
México	3,100

(Adaptada de International Coffee organization, 2016)

I.1.3. Elaboración de la bebida del café

Para la producción de la bebida del café, se colecta el fruto de acuerdo a su característica de maduración: maduro, muy maduro y poco maduro; posteriormente es sometido a un proceso húmedo opcional para la eliminación de la pulpa, tras el cual se obtiene como producto final el grano verde de café. Después es sometido a un proceso de secado en el cual se elimina la mayor parte de la humedad y se somete a un proceso de tostado (Murthy y Naidu, 2012).

Durante el tostado las semillas obtienen su aroma y sabor característico. Las altas temperaturas que se alcanzan para el tostado provocan cambios físicos y químicos en la semilla, las cuales oscilan entre 210 y 240 °C. Durante la fase inicial de tueste el agua libre se evapora. Cuando la temperatura de la semilla llega a 130 °C, la sacarosa se carameliza, y las semillas tornan a marrón y se hinchan. A temperaturas más altas que 160 °C las semillas se vuelven de color marrón claro, su volumen aumenta considerablemente, y se inicia la formación del aroma. Las reacciones químicas responsables del aroma y sabor del café tostado se activan a aproximadamente 190 °C, tal como la reacción de Maillard y Strecker, que implican la reducción de hidratos de carbono, aminoácidos y otras clases de compuestos de bajo y alto peso molecular a las melanoidinas. Durante este proceso, las semillas de color marrón claro pueden llegar a ser casi negro. Estas reacciones se interrumpen en el punto deseado sobre la base de color de la semilla o el tiempo programado. Las semillas se enfrían rápidamente con agua o aire. Posteriormente las semillas se muelen y son comercializadas como café tostado molido o usado para la producción de café instantáneo (Farah y Chu, 2012).

La mayor parte del café producido es destinado para la preparación de la bebida de café o la elaboración de café soluble instantáneo, el cual corresponde a casi el 50 % del café producido en todo el mundo.

I.2. Café usado

I.2.1. Definición

El café usado (**Figura 2**) es el residuo sólido recuperado después de la preparación de la bebida, es decir, cuando el polvo de café obtenido moliendo granos de café tostado se pone en contacto con agua caliente o vapor para la extracción de los compuestos hacia el líquido (Murthy y Naidu, 2012).



Figura 2. Café usado
(Adaptada de Murthy y Naidu, 2012)

El café usado es el subproducto de mayor abundancia (45%) generado en las industrias de la bebida del café y café soluble, se estima que la generación anual en todo el mundo en el orden de 6 millones de toneladas. En promedio una tonelada de café verde genera alrededor de 650 kg de café usado, y cada kilogramo de café soluble genera alrededor de 2 kg de café usado (Murthy y Naidu, 2012).

I.2.2. Impacto medioambiental del vertido del café usado

En los principales países productores de café, los subproductos del café constituyen una fuente grave de contaminación y plantean serios problemas ambientales debido a la eliminación insegura de éstos que conducen a la contaminación del agua y la tierra alrededor de las unidades de procesamiento. Los subproductos con alto contenido de humedad representan problemas de

eliminación, debido a la alta putrefacción (Murthy y Naidu, 2012). Además, el gran contenido de cafeína, fenoles y taninos (polifenoles) libres en los subproductos del procesamiento para la obtención del café y de las bebidas de café son tóxicos para muchos procesos de la vida (Woldesenbet *et al.*, 2015). Por otra parte, este subproducto sólido presenta un problema de eliminación adicional, ya que puede ser utilizado para la adulteración de café tostado y molido, siendo prácticamente imposible de detectar (García *et al.*, 2011).

I.2.3. Composición química y compuestos bioactivos del café usado

Los resultados del análisis de la composición química del café usado de la especia arabica obtenidos a partir de granos sometidos a tostado oscuro (Hernández-Arriaga, 2016) y medio (Vázquez-Sánchez, 2016), además de la FDACU obtenida del mismo se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Composición química del café usado y la fibra dietaria antioxidante de café usado (FDACU)

Componentes químicos (%)	Café usado ²	Café usado ¹	FDACU ¹
Cenizas	1.7 ± 0.0	2.2 ± 0.0	0.9 ± 0.0
Lípidos	16.5 ± 0.4	12.1 ± 1.4	13.3 ± 0.4
Proteínas	17.9 ± 0.8	16.3 ± 0.6	15.8 ± 0.4
Carbohidratos	59.0 ± 1.1	69.4 ± 2.2	69.9 ± 0.0
Humedad	4.5 ± 0.2	1.3 ± 0.0	1.5 ± 0.0

(Adaptado de ¹Vázquez Sánchez, 2016, ²Hernández-Arriaga, 2016)

Los carbohidratos son los compuestos más abundantes en el café usado, siendo los polisacáridos hemicelulosa, lignina y celulosa los principales (39.10, 23.90 y 12.40 g/100g de materia seca respectivamente). Los azúcares más abundantes son la galactosa y manosa (77% de todos los azúcares), seguidos por la glucosa y arabinosa (Mussatto *et al.*, 2012; Ballesteros *et al.*, 2014).

I.2.3.1. Fibra dietaria

La fibra dietaria son polímeros de carbohidratos de 1 a 10 o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por las enzimas endógenas en el intestino delgado de los seres humanos (CODEX ALIMENTARIUS, 2009). Ésta se clasifica de acuerdo a su solubilidad en agua como fibra dietaria soluble e insoluble, presentando cada una diferentes efectos fisiológicos. Tanto la fibra soluble como insoluble pueden ser degradadas por las bacterias intestinales, pero la fibra soluble es más fácil, rápida y fermentable que la fibra dietaria insoluble; esta alta fermentabilidad de la fibra soluble puede ser atribuida a su gran capacidad de retención de agua, que permite a la bacteria fácilmente penetrar a la matriz y comenzar a degradarla. Por el contrario, la fibra insoluble (ejemplo la celulosa) es difícilmente penetrable por la bacteria, situación que limita la acción de ésta, por lo que su degradación toma mayor tiempo (Metzler-Zebeli, 2007). La fibra dietaria actualmente es considerada un nutriente ya que puede otorgar energía (1.5 a 2 kcal) tras su metabolismo anaerobio por las bacterias intestinales (Institute of Medicine, 2001).

Recientemente una nueva clasificación de fibra dietaria ha tomado importancia, debido a su potencial efecto benéfico a la salud, denominada por primera vez por Saura-Calixto como fibra dietaria antioxidante. Este tipo de fibra es un producto compuesto por más del 50 % de fibra dietaria y la presencia de manera natural de compuestos antioxidantes con una capacidad antioxidante equivalente a 50 mg de vitamina E por gramo de muestra mediante la técnica de DPPH (Saura-Calixto, 1998). El complejo grupo de polisacáridos que forman a la fibra dietaria puede actuar atrapando compuestos fenólicos o bien, formando interacciones químicas con ellos. Los compuestos fenólicos poseen anillos aromáticos hidrofóbicos y grupos hidroxilo hidrofílicos con la capacidad de enlazar polisacáridos y proteínas en la superficie de la pared celular. Este tipo de interacciones puede darse por puentes de hidrógeno (entre el grupo hidroxilo de los compuestos fenólicos y los átomos de oxígeno de los enlaces glucosídicos de los polisacáridos), interacciones hidrofóbicas y enlaces covalentes (enlace éster entre ácidos fenólicos y polisacáridos) (Sauceda *et al.*, 2012). Los compuestos fenólicos así como de otros componentes menores (carotenoides y productos de la reacción de Maillard) asociados a la fibra dietaria se caracterizan por presentar diferentes

propiedades biológicas como capacidad antioxidante en plasma y colon (Sauceda *et al.*, 2012).

El tipo de fibra dietaria del café usado ha sido previamente cuantificada (**Tabla 3**), encontrando que ésta representa más del 50% de su peso en seco, por tal razón es considerada buena fuente fibra (Del Castillo *et al.*, 2017).

Tabla 3. Contenido de fibra dietaria del café usado

	%
Fibra dietaria total	57.1 ± 0.9
Soluble	1.6 ± 0.1
Insoluble	55.5 ± 0.9
Almidón resistente	5.6 ± 0.2

(Adaptada López-Barrera *et al.*, 2016)

I.2.3.1.1. Metabolismo de la fibra dietaria

La fibra dietaria llega al intestino grueso sin ser digerida por ninguna de las enzimas presentes en el estómago y el intestino delgado; sin embargo, ésta puede tener una importante influencia durante el proceso de digestión en éstas porciones, debido principalmente a la alta viscosidad que ésta presenta, en especial la fibra soluble (Paeschke y Aimutis, 2011). En el estómago disminuyen la velocidad de absorción de la glucosa ya que aunque no afectan el transporte de la glucosa a través del epitelio, si retrasan el vaciamiento gástrico (Paeschke y Aimutis, 2011).

Cuando la fibra dietaria llega al colon, ésta puede ser fermentada. La fermentación colónica es el proceso en el que las bacterias intestinales digieren y metabolizan la fibra y otros compuestos no absorbidos, como algunas proteínas y péptidos. La fermentación provee energía y otras sustancias necesarias, como el nitrógeno, para el crecimiento microbiano. Además, también produce ciertos compuestos como los ácidos grasos de cadena corta que pueden ser utilizados por la misma bacteria y el humano hospedero. La mayor parte de la fermentación ocurre en el colon proximal que abarca al ciego

y al colon ascendente, disminuyendo cuando la fibra se mueve hacia el colon transversal y descendente. Cuando los polisacáridos o fibra llegan al colon proximal, éstos no pueden penetrar en las células bacterianas, por lo que primero se hidrolizan en monosacáridos, por enzimas extracelulares secretadas por las bacterias. El metabolismo de estos azúcares monoméricos continúa en las células bacterianas utilizando la vía de Embden-Meyerhof o también conocida como glucólisis, que convierte de glucosa a piruvato. El piruvato no aparece en el intestino grueso, ya que se convierte inmediatamente en sus productos finales. Estos productos finales son ácidos grasos de cadena corta (AGCC), principalmente acetato, propionato y butirato; y los gases: dióxido de carbono (CO_2), hidrógeno (H_2) y metano (CH_4). Otro importante metabolito de la fermentación es el ácido láctico. Sólo una fracción de los gases producidos durante la fermentación está disponible para la absorción. El hidrógeno y el metano se excretan en los gases respiratorios. Una gran parte de los gases se consumen en el lumen del colon por bacterias. Bacterias acetogénicas producen acetato de CO_2 y H_2 . Bacterias metanogénicas producen CH_4 por reducción de CO_2 con H_2 . Por último, las bacterias reductoras de sulfato utilizan H_2 para reducir sulfatos y producir sulfuros o sulfuro de hidrógeno. Los gases no utilizados se excretan a través del ano (Lattimer y Haub, 2010).

La fibra que no llega a ser fermentada forma parte de la materia fecal y es excretada durante la defecación (Lynch y Metz, 2010).

El tipo de fibra con mayor porcentaje de fermentación incluye a los fructanos, galactooligosacáridos, pectinas, gomas, psylliumplantago, β -glucanos, polidextrosas, dextrinas resistentes y algunos tipos de hemicelulosas. Dentro de las fibras que no tienden a fermentar se encuentran la celulosa, carboximetilcelulosa y lignina (Lynd *et al.*, 2002). No obstante, el porcentaje de fermentabilidad se puede ver aumentado o disminuido por un número de factores, entre ellos se encuentra la solubilidad. No obstante, algunas fibras solubles, tales como alginatos o carragenanos son poco fermentados. Otros factores relacionados son la motilidad digestiva e intestinal y las diferencias individuales en la microbiota intestinal del individuo (Lattimer y Haub, 2010).

I.2.3.1.2. Efecto prebiótico del consumo de fibra dietaria

El colon de los humanos tiene una gran comunidad de bacterias, los *Bacteroidetes*, *Firmicutes* y *Actinobacterias* son las más abundantes, cada una de estas con la capacidad de producir diferentes y específicas enzimas (Lahner y Annibale, 2017). La composición de la microbiota parece ser influenciada en cierta medida por la dieta, la edad y consideraciones geográficas, pero estos factores no se cree que sean particularmente significativos, al menos en cuanto a los grupos de bacterias comúnmente estudiadas se refiere. Sin embargo, la distribución y abundancia de éstos influye en la salud o enfermedad del hospedero (Shiu-Ming, 201).

Cuando un ingrediente alimentario no digerible afecta de manera benéfica al huésped, mediante la estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias específicas en el colon mediante la fermentación, se le conoce como prebiótico. El potencial de fermentación de cada fibra es dependiente de ciertos tipos de especies y cepas bacterianas, por lo que es importante tener en cuenta que la fermentabilidad de la fibra no necesariamente le confiere efectos prebióticos (Shiu-Ming, 2013). La relación de la microbiota intestinal y la salud o enfermedad del hospedero, está estrechamente relacionada con las rutas metabólicas de estas bacterias, los metabolitos secundarios y la actividad enzimática que estas presentan (Backhe *et al.*, 2012).

Estudios clínicos basados en la intervención dietaria con prebióticos como inulina (un polisacárido de fructosa) y fructooligosacáridos (FOS) un tipo de polisacárido formado por monómeros de fructosa, incrementaron a las *Bifidobacterias*, perteneciente a las *Actinobacterias* en biopsias del colon y en la materia fecal, las cuales son benéficas para la salud del humano hospedero (Kolida *et al.*, 2011; Koleva *et al.*, 2012).

Algunos investigadores han puesto de manifiesto el gran potencial de los polisacáridos presentes en el residuo del café utilizado como proveedores de propiedades funcionales en el humano, ya que éstos no son degradados por las enzimas digestivas, por lo tanto llegan al colon y sirven como potentes sustratos para la microbiota (Ballesteros *et al.*, 2014). Diversos autores,

mediante modelos *in vitro* han evaluado la capacidad de fermentación del producto de la digestión de café usado, obteniendo buenos resultados (López-Barrera *et al.*, 2016; Hernández-Arriaga *et al.*, 2017; González de Cosío-Barrón, 2016). Asano *et al.*, (2001) reportan el uso de oligosacáridos de mananos por bacterias benéficas a la salud como *Bifidobacterium adolescentes*, *Lactobacillus gasseri* y *Lactobacillus acidophilus*; y aquellas bacterias patógenas como *Clostridium perfringens* y *Escherichia coli* son incapaces de usarlas. No obstante es importante realizar más estudios.

I.2.3.1.3. Producción de ácidos grasos de cadena corta y salud por el consumo de fibra dietaria

Diferentes tipos de fibras, principalmente las de tipo soluble, y diferentes tipos de bacterias fermentadoras pueden producir diferentes variantes y concentraciones de AGCC. Por ejemplo, los *bacteroides* que actúan sobre pectinas generan ácido acético y succínico, las *eubacterias* producen ácido acético, butírico y láctico, mientras que las *bifidobacterias* producen ácido acético y láctico (Lattimer y Haub, 2010). El acetato, propionato y butirato son los AGCC más abundantes ($\geq 95\%$), pero generalmente el ácido acético es producido en mayor proporción, seguido por el ácido propiónico y el butírico, en una distribución molar de 60:20:20 respectivamente (Besten *et al.*, 2013a).

Tras la producción de los AGCC por la fermentación colónica, una pequeña proporción son metabolizados por el enterocito, principalmente el butirato; no obstante, la mayoría de los AGCC son absorbidos y transportados hacia el hígado, en éste órgano los AGCC son metabolizados (Macfarlane y Macfarlane, 2012).

El butirato, de manera individual se ha observado que ayuda en el control del síndrome metabólico, reduciendo la obesidad y resistencia a la insulina en un ensayo con animales experimentales y con una dieta alta en grasas. Este efecto se le atribuye a la regulación del receptor gamma activador de la proliferación de peroxisoma (PPAR γ), el cual promueve la oxidación de lípidos en lugar de su síntesis (Besten *et al.*, 2013b). Además el butirato y

propionato inducen la producción de hormonas intestinales que ayudan a reducir el apetito (Frost *et al.*, 2014).

A nivel del colon, el butirato ha demostrado ejercer un factor protector contra el cáncer de colon, ya que éste promueve la motilidad del colon, reduce su inflamación, aumenta la irrigación, induce apoptosis e inhibe la progresión de las células tumorales. La reducción en la inflamación por el butirato y propionato se da mediante la inhibición en las histonas deacetilasas, enzimas implicadas en la eliminación de los grupos acetilo de los residuos de lisina en las histonas encargados de expresión genética de la inflamación, lo que implica un factor de protección contra la colitis (Donohoe *et al.*, 2014).

El acetato, es el AGCC al que menor efecto benéfico a la salud se le ha atribuido, sin embargo se ha observado que ayuda a reducir el apetito mediante una interacción con el sistema nervioso central. Estos resultados se observaron en un experimento con animales. Aún es necesario su estudio en humanos que lo comprueben (Frost *et al.*, 2014).

De manera general, los AGCC contribuyen a disminuir el pH luminal, lo que beneficia al hospedero para el incremento en la absorción de nutrientes e inhibir el crecimiento de microorganismos patógenos (Macfarlane y Macfarlane, 2012).

La dieta influye directamente en la producción de AGCC al ser estos productos de la fermentación microbiana de la fibra dietaria. La abundancia de la producción de AGCC puede ser considerado un marcador del estado de salud. Por ejemplo, una dieta rica en fibra dietaria y baja en grasas se caracteriza por altos niveles de AGCC en la materia fecal, en comparación con las dietas con bajo consumo de fibra dietaria; o por ejemplo, la reducción en la abundancia de butirato en la materia fecal es característica de pacientes con cáncer de colon (Riós-Covián *et al.*, 2016).

Hernández-Arriaga, (2016) estudió el contenido de AGCC mediante cromatografía de gases acoplado a masas producidos durante la fermentación *in vitro* de la fracción no digerida del café usado, utilizando un inóculo fecal humano como fuente de microbiota representativa del colon, la cual se clasificó

en individuos con peso normal y sobrepeso. Encontró a las 24 horas de la fermentación que con la microbiota de peso normal se generó 3.08 mmol/l de butirato sin encontrar propionato y butirato, mientras que en la microbiota de individuos con sobrepeso se generó 5.67, 1.70 y 2.96 mmol/l de butirato, propionato y acetato respectivamente. Mostrando que el CU contiene compuestos que son fermentados por la microbiota colónica y que, los productos de su metabolismo están influenciados por el tipo de microbiota (peso normal y sobrepeso) y no sólo por el sustrato, no obstante se desconoce la dieta habitual de los participantes y el promedio de consumo de fibra, por lo que éste podría estar ejerciendo un efecto importante.

I.2.3.1.4. Efecto en la actividad enzimática en colon por el consumo de fibra dietaria

Como se mencionó anteriormente, las bacterias intestinales llevan a cabo diferentes rutas metabólicas y por tal razón presentan diferente actividad enzimática y diferente producción de metabolitos, lo cual les da la características de ser benéficas o dañinas para la salud del hospedero (Backhe *et al.*, 2012).

Existen ciertas enzimas producidas por bacterias en específico, que influyen de manera importante en la salud del hospedero ya que están asociadas en la conversión de pro-carcinógenos provenientes de la dieta a carcinógenos (Gill y Rowland, 2002).

La enzima β -glucuronidasa por ejemplo, libera toxinas y mutágenos que habían sido glucuronados en el hígado y liberados a través de la bilis y atrapados en la materia fecal para su excreción, esto genera alta concentración de compuestos genotóxicos disponibles en el intestino para ser reabsorbidos y dirigidos al hígado para ser nuevamente glucuronados y excretados en la bilis nuevamente. Esta recirculación enteroepática de compuestos genotóxicos incrementa el riesgo de carcinogénesis (Gill y Rowland, 2002).

La β -glucosidasa, es una enzima que puede actuar de manera benéfica o perjudicial, dependiendo del sustrato. Cuando actúa en glucósidos presentes

de manera natural en alimentos vegetales principalmente, como la cicasina y la amigdalina, los cuales son liberados del glúcido por la enzima y se obtienen agliconas, tienen un efecto carcinogénico (Iradj *et al.*, 2013). No obstante, esta enzima también tiene la capacidad de convertir las isoflavonas a su estado aglicona, las cuales han demostrado tener un efecto protector contra cáncer de próstata y mama (Carrao-Panizzi y Bordingnon, 2000)

Los aminoácidos por su parte, representan un riesgo para el desarrollo de cáncer de colon, ya que el triptófano, tirosina y metionina a nivel de colon son convertidos por la enzima triptofanasa en metabolitos tóxicos. La triptofanasa es una enzima ampliamente encontrada en individuos con dietas altas en proteínas y producidas por bacterias como *Bacteroides thetaiotaomicron*, *Proteus vulgaris* y *Escherichia coli* (Boulangé *et al.*, 2016). Esta enzima actúa a nivel de colon sobre moléculas de triptófano y genera compuestos como el amonio o el indol, sustancias estudiadas por su posible efecto carcinógeno (Bestard *et al.*, 2015).

González de Cosío-Barrón, (2016) estudió la actividad de β -glucosidasa, β -glucuronidasa, triptofanasa y ureasa en los productos de la fermentación colónica *in vitro* del café usado. Encontró que éstas disminuyeron su actividad, teniendo un efecto similar al de la inulina o incluso mayor en algunas enzimas. La inulina, una fibra dietaria del tipo soluble, compuesta por moléculas de fructosa, a diferencia del café usado, el cual contiene mayor cantidad de fibra insoluble, podría estar presentando diferencias en el nivel de fermentabilidad debido a diferencias en la composición química, ya que en estudios anteriores, la inulina ha demostrado tener poco o nulo efecto sobre β -glucosida, β -glucuronidasa y ureasa (Gråsten *et al.*, 2003).

I.2.3.1.5. Efecto en el tránsito intestinal y excreción fecal por el consumo de fibra dietaria

Se conoce como el periodo de tránsito intestinal al lapso de tiempo de la ingesta de alimentos hasta su defecación. Hay numerosos factores que afectan al tránsito intestinal que no están relacionados a la dieta, como la ansiedad,

depresión, consumo de alcohol que disminuye el tránsito intestinal, además los hombres presentan un periodo más corto que las mujeres. Sin embargo, la fibra es un factor dietético que influye significativamente sobre el tránsito intestinal (Paeschke y Aimutis, 2011).

Existen dos principales factores, en relación a la fibra, que afectan el tiempo de tránsito. Primero, la fibra poco fermentable como la insoluble, tiene una mejor influencia que aquellas mayormente fermentables. Por ejemplo, la ingesta de 15 g/ día de celulosa disminuye el tránsito intestinal un 27 %, comparado con la suplementación con pectina. El segundo factor es el tamaño de las partículas de fibra. Aquellas con mayor tamaño, debido a que son degradadas más lentamente, proveen un mayor volumen al bolo y a la materia fecal por mayor tiempo durante su tránsito intestinal. Un mayor volumen de la materia fecal reduce la dificultad para excretarla y el tiempo de tránsito intestinal, así como la presión interna del colon (Paeschke y Aimutis, 2011).

El tiempo de tránsito intestinal es un factor clave para la salud gastrointestinal, ya que un tránsito intestinal lento prolonga el contacto entre carcinógenos presentes en la materia fecal y la mucosa intestinal, favoreciendo así la absorción de estos y el desarrollo de enfermedades como el cáncer de colon (Raftery, 2011). Song *et al.*, (2015), encontraron que el consumo adecuado de fibra dietaria soluble e insoluble ejerce un importante factor de protección contra el cáncer de colon.

I.2.3.1.6. Efecto en el metabolismo de lípidos por el consumo de fibra dietaria

La fibra, de manera principal la soluble (Jenkins *et al.*, 2017) disminuye la absorción de lípidos ya que interacciona con los ácidos grasos y colesterol en el tracto gastrointestinal. Los ácidos grasos y el colesterol forman ligaduras complejas con la fibra por lo que no pueden formar micelas ni ser absorbidas; solo los ácidos grasos libres y monoacilglicéridos pueden formar micelas, las cuales son requeridas para ser transportadas hacia las capas de agua no agitadas y por consiguiente al enterocito. Los complejos de fibra-lípidos no son absorbidos y pasan intactos a través del colon y son excretados a través de las

heces. La excreción de ácidos biliares se da mediante el mismo mecanismo, éstos forman complejos con la fibra, lo que impide la formación de micelas y por ende su reabsorción y recirculación mediante la vía enterohepática. Estos complejos de ácidos biliares y fibra son excretados en la materia fecal. La reducción de ácidos biliares reabsorbidos por la vía enterohepática promueve el uso de colesterol para la síntesis de nuevos ácidos biliares, además de que disminuye el contenido de colesterol en células hepáticas y la reducción de lipoproteínas de baja densidad (LDL) del torrente sanguíneo (Lattimer y Haub, 2010).

Los AGCC producidos tras la fermentación también ejercen efecto sobre lípidos plasmáticos. El acetato por un lado, estimula la lipogénesis de *novo* y la colesterogénesis; sin embargo, el propionato las inhibe, de tal modo que la distribución de éstos es un determinante importante en las reservas de lípidos (Morrison y Preston, 2016). Un estudio realizado por Chambers *et al.*, (2015) mostró que la ingestión aguda de 10 g de éster de propionato de inulina aumentó significativamente el PYY y GLP-1 plasmático postprandial, reduciendo la ingesta energética. Tras 24 semanas de suplementación logró reducir significativamente la ganancia de peso, la distribución de tejido adiposo intra-abdominal y el contenido de lípidos intra-hepatocelulares en 60 adultos con sobrepeso. Kimura *et al.*, (2013) encontraron que la activación mediada por AGCC del receptor GPR43 (receptor 2 de ácidos grasos libres) suprime la señalización de insulina en los adipocitos, lo que inhibe la acumulación de grasa en el tejido adiposo y promueve el metabolismo de los lípidos.

El efecto de oligosacáridos de mananos que forman parte de los carbohidratos y la fibra en el café, demostró tener un efecto en la reducción de almacenamiento de grasa en ratas (Takao *et al.*, 2006). Sin embargo, el efecto del consumo de café usado o la FDACU sobre estos parámetros no ha sido evaluado.

I.2.3.2. Compuestos fenólicos

El café usado es una fuente rica de compuestos fenólicos que normalmente se encuentran enlazados a macromoléculas. Los resultados

obtenidos por HPLC indicaron que los componentes del perfil de compuestos fenólicos del café usado son los ácidos clorogénicos principalmente, y en menor proporción ácido benzoico, ácido caféico, ácido ferúlico, ácido cumárico y ácido sinápico (Monente *et al.*, 2015).

Hernández-Arriaga, (2016) realizó un análisis del contenido de compuestos fenólicos y fenoles totales en un extracto etanólico (20%) de café usado (*Coffea arabica* L.), tostado francés (**Tabla 4**) por HPLC-DAD, en el cual observó que el ácido clorogénico, al igual que lo reportado por Monente *et al.*, (2015) fue el más abundante, y en menor concentración se encontraron el ácido gálico, quercetina y catequina.

Tabla 4. Contenido de fenoles totales y compuestos fenólicos de café (*Coffea arabica* L.) usado tostado francés

Fenoles totales*	10.6 ± 0.5
Ácidos fenólicos	
Ácido clorogénico	270.9 ± 2.2
Ácido gálico	138.8 ± 1.0
Ácido sinápico	11.0 ± 4.0
Ácido caféico	9.1 ± 0.0
Ácido cumárico	6.2 ± 0.0
Ácido ferúlico	1.8 ± 0.0
Flavonoides	
Quercetina	75.6 ± 23.3
(+) Catequina	67.4 ± 0.3
Rutina	11.2 ± 0.1

Cada valor representa la media de tres repeticiones ± desviación estándar.

*Expresados como mg equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra.

(Adaptado de Hernández-Arriaga, 2016)

Los compuestos fenólicos representan gran importancia dado a los beneficios a que aporta a la salud humana, como acción protectora contra enfermedades no transmisibles, asociado a su actividad antioxidante, incluso pequeñas cantidades pueden tener un efecto positivo sobre la salud (Mussatto *et al.*, 2011).

I.2.3.3. Melanoidinas

Durante el proceso de tostado, una porción de la proteína de café se degrada y los aminoácidos libres y péptidos son consumidos por las reacciones de Strecker. Algunos de los aminoácidos reaccionan con los azúcares reductores para formar a través de la reacción de Maillard las melanoidinas. Éstas son moléculas de alto peso molecular que en su composición se encuentran compuestos nitrogenados y pequeñas cantidades de ácido glutámico y glicina, que posteriormente se incorporan en la estructura de otros componentes, tales como el ácido clorogénico, galactomananos, y arabinogalactano. Los polímeros de melanoidinas, que presentan composición y masa molecular variable, representan aproximadamente el 25% de la materia seca del café tostado (Farah y Chu, 2012). Las melanoidinas contribuyen al efecto antioxidante del café y del café usado debido a la presencia de compuestos fenólicos en su esqueleto (Bravo *et al.*, 2012). Se ha estudiado sus propiedades antiinflamatorias, antiglicantes e inhiben metaloproteinasas, endopeptidasas que tienen un papel importante en el crecimiento tumoral y de metástasis (Musatto *et al.*, 2011)

González de Cosio-Barrón, (2016) estudió el contenido de melanoidinas en el café usado de la especie arábica tostado medio y tostado oscuro, en los que encontró 9.11 y 8.77 g/ 100 g de muestra desgrasada, mostrando además bioaccesibilidad y biodisponibilidad gastrointestinal de estos compuestos en un modelo *in vitro*.

I.2.4. Alternativas de utilización del café usado

La utilización y gestión de los residuos de café de todo el mundo continúa siendo un desafío; sin embargo, en los últimos años el aumento de la conciencia de la necesidad de la reducción de residuos y la protección del medio ambiente ha estimulado la búsqueda de posibles métodos de utilización de este tipo de residuos (Zuorro y Lavecchia, 2012).

Muchos proyectos de investigación se han dado a la tarea de encontrar alternativas en la utilización del café usado aprovechando sus componentes. Por ejemplo, su uso para la generación de biocombustible (Al-Hamamre *et al.*,

2012), como fuente de nitrógeno y otros nutrientes para la jardinería, alimento para ganado (Fuller, 2004) y como alternativa de fuente de fibra dietaria antioxidante para alimentación humana (Del Castillo *et al.*, 2017),.

Debido a esta última alternativa, diversos investigadores se han dado a la tarea de evaluar el efecto del CU en varios estudios. Uno de ellos fue la investigación de López-Barrea, (2014) en el que evaluó la actividad de los productos de la fermentación colónica *in vitro* del café usado en un modelo de inflamación con macrófagos murinos (RAW 264.7) estimulados con lipolisacáridos, encontrando que se reduce casi 40% la producción de óxido nítrico sin presentar efecto citotóxico sobre estas células.

Hernández-Arriaga *et al.*, (2017) evaluaron el impacto del producto de la fermentación colónica *in vitro* del café usado sobre células de cáncer de colon humano (HT-29), y se encontró que éste indujo la apoptosis celular de HT-29 mediante la reducción de la catalasa y prostaglandina (8-iso-ProstaglandinaF2 α) como biomarcadores de estrés oxidativo.

Martínez-Saez *et al.*, (2017) estudiaron el uso del café usado seco como un ingrediente alto en fibra y compuestos fenólicos para productos de panificación, encontrando buenas características físico químicas del producto y fácil incorporación de éste a los productos de panificación, además buena aceptación organoléptica por parte del panel de evaluación sensorial.

Vázquez-Sánchez, (2016) obtuvo por primera vez fibra dietaria de café (*Coffea arabica* L.) usado mediante un pre-tratamiento térmico y calentamiento óhmico (FDACU), el cual presentó mayor cantidad de fibra y mejoró la calidad microbiológica y parámetros tecnológicos respecto al café usado. La FDACU conservó una parte de los compuestos fenólicos presentes en el café usado; además se estudió la bioaccesibilidad de estos compuestos mediante un ensayo *in vitro* y se observó que una proporción de estos fueron absorbidos en el intestino delgado, disminuyendo, posiblemente junto con otros compuestos la actividad de la enzima α -glucosidasa (enzima involucrada en el metabolismo de azúcares) y otra porción fueron bioaccesibles en el colon.

I.3. Evaluación de parámetros gastrointestinales

I.3.1. Síntomas gastrointestinales

El reporte de la presencia de síntomas gastrointestinales a pacientes participantes en una intervención dietaria es de suma importancia para el desarrollo de nuevos productos o ingredientes, ya que así se muestra su tolerancia y/o posibles efectos adversos que puedan generar o mejorar. La Administración de Drogas y Alimentos por sus siglas en inglés FDA (Food and Drug Administration) estableció unas guías para el monitoreo de la tolerancia y/o posibles efectos adversos, a partir de las cuales Munster *et al.*, (1994) desarrollaron un cuestionario validado, en donde se evalúa la frecuencia y severidad de dieciocho síntomas gastrointestinales como: diarrea, constipación, movimientos intestinales con dolor, sangre en las heces, dolor abdominal, distensión abdominal, calambres abdominales, estiramientos abdominales, borborigmos, flatulencias, eructos, regurgitación ácida, ardor retroesternal, náuseas, vómitos, indigestión, dificultad para tragar y ronquera o dolor de garganta.

I.3.2. Hábitos relacionados a la defecación y escala de Bristol

La evaluación del estado funcional del colon es útil para estudiar el nivel de tolerancia y efectos del consumo de alimentos, y este puede ser evaluado mediante diversos parámetros como: la velocidad del tránsito intestinal y hábitos intestinales. La evaluación de hábitos intestinales nos ayuda a conocer cuando un individuo presenta constipación o estreñimiento, o bien diarrea o tránsito acelerado. Los criterios para la evaluación de estas condiciones son: inflamación o dolor intestinal, frecuencia de defecación, pujar para defecar, sensación de evacuación incompleta u obstrucción (Vrees y Weiss, 2005).

La apariencia y consistencia de la materia fecal es un elemento clave para conocer el estado de salud gastrointestinal. El cuestionario de la escala de Bristol, es una herramienta clínica útil adaptada y validada por Riegler y Esposito, (2001) para obtener información confiable acerca de las características de la materia fecal.

III. JUSTIFICACIÓN

El café usado es el principal subproducto de la industria del procesamiento del café y presenta un problema ya que durante su eliminación puede ser utilizado para adulteración del café o su mala manipulación puede contaminar aguas y tierras. Por lo que existen propuestas para el aprovechamiento del CU, entre las que destaca su potencial uso como fibra dietaria antioxidante y prebiótico, ya que la incorporación de esta fibra como ingrediente alimentario en la población permitiría alcanzar los niveles de ingesta diaria recomendada de este nutriente mejorando la salud gastrointestinal de la población. En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del consumo de la fibra dietaria contenida en el café usado sobre parámetros de salud intestinal.

IV. HIPÓTESIS

El café usado es fuente importante de fibra dietaria antioxidante, la cual no puede ser degradada por enzimas del tubo digestivo y llega intacta al intestino grueso para ser fermentada por bacterias intestinales. Dicho mecanismo puede generar cambios fisiológicos en el intestino grueso como aumento en la cantidad y tipo de bacterias benéficas y reducción de bacterias patógenas lo que a su vez provoca la disminución de la actividad de las enzimas β -glucoronidasa y β -glucosidasa y triptofanasa, disminución del pH y producción de ácidos grasos de cadena corta. Además genera el aumento en la peristalsis intestinal y mejora del tránsito intestinal. También puede mejorar el estado de salud general regulando las concentraciones en plasma de glucosa, colesterol total, lipoproteínas de baja y alta densidad; y la disminución de valores antropométricos como el IMC, grasa corporal total y grasa visceral. Dichos cambios se pueden ver reflejados en la mejora de la salud del individuo que la consume.

V. OBJETIVOS

V.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la intervención dietaria en humanos con fibra dietaria antioxidante de café (*Coffea arabica* L.) usado, incorporada en una galleta, sobre parámetros de salud intestinal, bioquímicos y antropométricos.

V.2. Objetivos específicos

1. Determinar el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble de la fibra dietaria antioxidante del café usado.
2. Evaluar mediante un estudio de intervención nutricional en humanos el efecto del consumo de fibra dietaria antioxidante de café usado sobre síntomas gastrointestinales y parámetros fecales.
3. Evaluar mediante un estudio de intervención nutricional en humanos el efecto del consumo de fibra dietaria antioxidante de café usado sobre parámetros bioquímicos y antropométricos.

VI. METODOLOGÍA

VI.1. Materia prima

El café usado para la extracción de la FDACU fue donado por la empresa The Italian Coffee Company marca registrada, el cual se obtuvo de un producto registrado por la empresa como “mezcla espresso”, que se caracteriza por ser una mezcla de diversos cafés mexicanos de los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Puebla de la especie arábica y tostado medio de la cosecha del año 2015.

VI.2. Obtención de la fibra dietaria antioxidante de café usado

Para la obtención de la FDACU se utilizó la metodología de Vázquez-Sánchez, (2016) que consistió en un pre-tratamiento del café usado a baño maría (160g de café usado seco en 4L de agua), a una temperatura de 80 ° C durante 1 hora con agitación constante. Posteriormente se realizó el tratamiento óhmico que consistió en someter el producto del pre-tratamiento a baño maría a un calentador óhmico con capacidad de 4L. Las condiciones para el calentamiento fueron las siguientes: voltaje de 275 y amperaje de 0.8. Se mantuvo la muestra dentro del equipo y con agitación constante hasta que la temperatura alcanzó 90 °C, posteriormente el producto se filtró en una malla 60 (0.2 mm de amplitud) y secó durante 24 horas a 40°C. La FDACU fue almacenada en seco y protegida de la luz para sus posteriores análisis.

VI.3. Elaboración de galletas

Como vehículo para la administración de la FDACU, se elaboraron tres diferentes galletas (**Tabla 5**), la primera que contenía la FDACU (G-FDACU) y que fue equivalente a 5g de fibra/día. Con fines comparativos, se incluyeron otras dos galletas, una galleta que tuvo como ingredientes café usado y oligofructosa (G-CU y oligofructosa) equivalente a 3.4g fibra/día por porción formulada por Martínez-Saez *et al.*, (2017), así como una galleta de receta tradicional (G-formulación tradicional, sin fibra añadida).

El proceso de elaboración de las galletas consistió en la siguiente metodología: Se pesó y mezcló los ingredientes secos juntos y los líquidos por separado, posteriormente se mezclaron los ingredientes secos y líquidos hasta haber obtenido una mezcla homogénea. Se envolvió la mezcla en una bolsa de plástico y se dejó reposar por 10 minutos. Pasado este tiempo, se aplanó la mezcla en una tortilladora con un grosor de 3mm. Con un molde se formaron las galletas y se perforaron con pequeños agujeros en el centro y se hornearon a 180°C por 15 minutos.

Tabla 5. Ingredientes para la elaboración de 45g de galletas equivalente a 3 piezas.

Ingredientes	G-FDACU ¹	G-CU y oligofructosa ² (Martínez-Saez <i>et al.</i> , 2017)	G-formulación tradicional
		G	
Harina de trigo	32	35	32.3
Polvo para hornear	0.2	0.2	0.2
Aceite de girasol	2.3	4.8	4.4
Lecitina de soya	0.1	0.1	0.1
Sal	0.1	0.1	0.1
Maltodextrina	5.5	-	-
FDACU	4.6	-	-
Café usado	-	2.4	-
Stevia	0.1	0.1	-
Oligofructosa	-	2.0	-
Sacarosa	-	-	8.6
Total	44.9	44.7	45.7
Contenido de fibra estimado, g/ 45g de galletas	5.0	3.4	0.0

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofructosa.

VI.4. Determinación de fibra dietaria total, soluble e insoluble

Para la determinación de la fibra dietaria total soluble e insoluble mediante la metodología enzimático gravimétrico descrita por Shiga *et al.*, (2003), se llevó a cabo un desgrasado previo de la muestra por el método soxhlet (A.O.A.C., 1990). Este proceso consistió en pesar 4 g de la muestra seca, molida y tamizada en malla 1 mm, en papel filtro previamente pesado y tapado con algodón. Se colocó el matraz de extracción en el sistema soxhlet, se colocó el filtro con la muestra en el dedal y el tubo de extracción y se adicionó éter de petróleo, el cual por su polaridad extrajo la materia grasa. El proceso de extracción de la grasa de la muestra se llevó a cabo por 6 horas a una velocidad de condensación de 6 gotas por segundo.

VI.4.1. Fibra dietaria insoluble

La determinación de la fibra dietaria insoluble consistió en pesar un gramo de muestra previamente desgrasada, en un matraz al que se le adicionó 50 ml de amortiguador de fosfatos en pH 6 y 100 μ L de α -amilasa termoestable. El matraz se cubrió con papel aluminio para evitar reacciones con la luz y se incubó a 95 °C por 30 minutos con agitación vigorosa cada 5 minutos. Posteriormente se llevó a temperatura ambiente y se ajustó el pH a 7.5. Se Adicionaron 5 μ L de proteasa y se incubó a 60 °C por 30 minutos con agitación continua. Se llevó a temperatura ambiente y el pH se ajustó a 4.5. Se adicionaron 300 μ L de amiloglucosidasa y se incubó a 60 °C por 30 minutos en constante agitación. Se llevó a temperatura ambiente y se filtró en papel Whatman número 4 previamente pesado, con bomba al vacío. Se realizaron dos lavados con 15 ml de agua destilada a 60 °C y se secó el papel filtro a 60° C por 24 horas para retirar toda la humedad. Se dejó enfriar y se registró el peso.

$$\text{Cálculo de fibra insoluble (\%)} = \frac{\text{peso papel con muestra} - \text{peso papel solo}}{\text{peso muestra}} * 100$$

El cálculo se realizó en base seca y de acuerdo al porcentaje de hidratos de carbono de la muestra.

VI.4.2. Fibra dietaria soluble

Para la cuantificación de la fibra dietaria soluble se utilizó el líquido recuperado en el matraz tras la filtración para la fibra dietaria insoluble. A éste líquido se le adicionó 1 volumen de etanol al 80% y se refrigeró por 72 horas. Transcurrido este tiempo el líquido se filtró al vacío en papel Whatman número 42 previamente pesado. Se llevó a cabo dos lavados del papel filtro con 15 ml de etanol al 80% y 2 lavados más con 15 ml de acetona. El papel filtro se secó a 60 °C por 24 horas para retirar toda la humedad y se enfrió y registró su peso.

$$\text{Cálculo de fibra soluble (\%)} = \frac{\text{peso papel con muestra} - \text{peso papel solo}}{\text{peso muestra}} * 100$$

El cálculo se realizó en base seca y de acuerdo al porcentaje de hidratos de carbono de la muestra.

VI.4.3. Fibra dietaria total

El cálculo se realizó en base seca y de acuerdo al porcentaje de hidratos de carbono de la muestra.

$$\text{Fibra dietaria total (FDT)} = \text{Fibra dietaria insoluble} + \text{fibra dietaria soluble}$$

VI.5. Intervención dietaria

La intervención dietaria se llevó a cabo de acuerdo con las directrices establecidas en la Declaración de Helsinki. Todos los procedimientos que implicaron la participación de humanos fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Querétaro.

VI.5.1. Reclutamiento de los participantes

Basados en lo reportado en estudios sobre intervenciones con fibra dietaria, una muestra de 52 sujetos se consideró adecuada para proveer un poder estadístico del 80 % con un porcentaje de deserción del 23 %. Sin

embargo, debido a la alta tasa de deserción de los participantes, únicamente se evaluaron 43 sujetos.

La participación en la intervención dietaria fue abierta al público en general, a quienes se les aplicó un cuestionario de inclusión y exclusión, una valoración médica y elaboración de una historia clínica por un médico certificado para determinar su participación en la intervención. Los criterios de inclusión y exclusión para la participación en la intervención fueron los siguientes:

Criterios de inclusión:

- Ambos sexos.
- Rango de edad entre 18 a 59 años.
- IMC en normopeso o sobrepeso.
- Residentes del estado de Querétaro.
- Aceptación de participación mediante el consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

- Índice de masa corporal menor a 18.5 o mayor a 29.9.
- Que se encuentren en una dieta baja en energía o hayan realizado cambios dietéticos extremos en las últimas seis semanas antes del comienzo del estudio o planeen iniciar una dieta diferente a la habitual en las próximas 3 semanas.
- Que planeen realizar un viaje largo que interfiera en realizar efectivamente su tratamiento.
- Ingesta de antibióticos o desparasitantes en los 3 meses anteriores al inicio del estudio.
- Ingesta de medicamentos o suplementos dietéticos que influyen en los procesos del tracto gastrointestinal en las 2 semanas antes del inicio del ensayo clínico.
- Cirugía abdominal en el pasado (con la excepción de apendicectomía), así como haber estado bajo anestesia general en el último mes.
- Enfermedad grave (definida como más de 2 semanas con incapacidad de trabajar) en los últimos 3 meses antes del inicio del estudio.

- Antecedentes personales de enfermedades gastrointestinales crónicas diagnosticadas.
- Alergia a los productos derivados del trigo o café.
- Enfermedad celiaca.
- Abuso del alcohol, fumador de más de cinco cigarrillos al día o consumo de otro tipo de droga.

Seleccionados los participantes, mediante un documento de consentimiento informado se explicó a cada uno a detalle las características de la intervención dietaria, quienes firmaron en caso de aceptación a participar en el proyecto.

VI.5.2. Diseño experimental de la intervención dietaria

El estudio fue un estudio longitudinal, paralelo, aleatorizado y ciego, que consistió en 4 fases de 5 semanas:

- Semana 1. Se llevó a cabo el reclutamiento de los participantes con la aplicación del cuestionario de inclusión y exclusión, valoración médica e historia clínica y evaluación de hábitos dietéticos, todos mencionados anteriormente en la sección V.5.1. Se realizó la aleatorización de los participantes en los tres diferentes grupos de tratamientos experimentales (**Tabla 6**): tratamiento de galletas con fibra de café usado (G-FDACU), tratamiento de galletas con café usado y oligofruktosa (G-CU y oligofruktosa) y tratamiento de galletas con formulación tradicional (G-formulación tradicional).
- Semana 2. Toma de mediciones y muestras basales (antropométricos, bioquímicos en plasma y muestras fecales) y aplicación de cuestionarios basales (cuestionario de la frecuencia y severidad de 18 síntomas gastrointestinales, cuestionario de hábitos de la defecación y escala de Bristol).
- Semana 3 y 4. Los participantes consumieron las galletas diariamente. Se realizó la entrega de galletas a los participantes para su consumo, esto de manera semanal, cada entrega consistió en 7 paquetes con 3 galletas cada uno.

- Semana 5. A los 20 o 21 días del consumo de galletas se realizó la toma muestras finales para su posterior análisis.

Tabla 6. Grupos de tratamientos experimentales de la intervención dietaria

G-FDACU ^{1*}	G-CU y oligofructosa ^{2a}	G-formulación tradicional
45g de galletas equivalente a 5g de fibra al día	45g de galletas equivalente a 3.4g de fibra al día	45g de galletas sin fibra añadida.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofructosa.

*Fuente de fibra o, alto contenido de fibra de acuerdo con la FAO y OMS, 2007). Formulación desarrollada por Martínez-Sáez *et al.*, 2017).

Para evitar el sesgo en los resultados por efectos en el cambio de la dieta, actividad física del individuo o ingesta de drogas, se le otorgó una lista de alimentos pre y probióticos a evitar, además de las indicaciones de no realizar modificaciones en la dieta actual ni cambios en la actividad física, así como evitar durante el periodo experimental la ingesta de antibióticos, desparasitantes o suplementos dietéticos.

El cumplimiento se definió como el consumo del tratamiento durante al menos 16 de los 21 días de tratamiento y/o la ingesta del tratamiento durante al menos 2 de los 3 últimos días antes de la colección de las heces, el cual fue registrado. Un cuestionario dietético sobre la frecuencia de consumo de diversos alimentos fue aplicado para conocer sus hábitos alimentarios. Un formato de eventos adversos fue elaborado cuando el participante mostró síntomas o signos no deseados, así como cuando hubo deserciones en la intervención dietaria.

VI.5.3. Registro de parámetros gastrointestinales

VI.5.3.1. Cuestionario de frecuencia y severidad de dieciocho síntomas gastrointestinales

El cuestionario que evaluó la frecuencia y severidad de 18 síntomas gastrointestinales fue aplicado al inicio y al final de los 21 días de consumo de galletas según el tratamiento experimental, siguiendo las directrices de los USA por FDA (por sus siglas en inglés Food and Drug Administration) para el desarrollo de resultados reportados por los pacientes.

Los dieciocho síntomas gastrointestinales registrados fueron: diarrea, estreñimiento, movimiento intestinal con dolor, sangre en las heces, dolor abdominal, distensión abdominal, calambres abdominales, estiramientos abdominales, borborigmos, flatulencia, eructos, regurgitación ácida, ardor retroesternal, náuseas, vómitos, indigestión, dificultad para tragar y ronquera/dolor de garganta. La frecuencia de ocurrencia de los síntomas será clasificado en una escala de cinco niveles que irá desde nunca (0), de vez en cuando (1), frecuentemente (2), casi siempre (3) y siempre (4). La severidad de los síntomas se clasificará en una escala de cinco niveles que irá desde la ausencia (0), mínimo (1), medio (2), moderada (3) a severo (4) (François *et al.*, 2012).

VI.5.3.2. Cuestionario de hábitos intestinales y escala de Bristol

Mediante un cuestionario se evaluó la frecuencia de presentar hábitos relacionados, la incapacidad de realizar actividades cotidianas por problemas relacionados a la defecación y la escala de Bristol para evaluar la velocidad de tránsito intestinal. El cuestionario fue aplicado antes de iniciar el tratamiento y al finalizar los 21 días de consumo de galletas. La clasificación de la materia fecal fue en tres categorías: líquidas, con forma de puré pastoso y trozos blandos indican un tiempo muy rápido de tránsito intestinal o diarrea, los de serpiente y salchicha indican un tránsito regular y aquellas de salchicha en trozos y bolas duras indican un tránsito intestinal muy lento o constipación.

VI.5.4. Parámetros antropométricos

Las técnicas de medición de antropometría de peso, talla y circunferencia de cintura se realizarán bajo los lineamientos del manual de vigilancia STEPS de la OMS (OMS, 2017).

VI.5.4.1. IMC

El cálculo del índice de masa corporal (IMC) se obtuvo con la fórmula de peso sobre talla al cuadrado, donde la masa se expresa en kilogramos y el cuadrado de la estatura en metros al cuadrado, y los intervalos (**Tabla 7**) para la clasificación del estado nutricional fueron de acuerdo con los valores propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015).

Tabla 7. Intervalos de clasificación del IMC

Clasificación del IMC	
Insuficiencia ponderal	<18.5
Peso normal	18.5 – 24.9
Sobrepeso	25.0 – 29.9
Obesidad	≥30.0
Obesidad grado I	30.0 – 34.9
Obesidad grado II	35.0 – 39.9
Obesidad grado III	≥40.0

(Adaptada de OMS, 2015)

VI.5.4.2. Masa muscular, masa grasa total y grasa visceral

La tecnología utilizada para el análisis de la masa muscular en kg, la grasa corporal total en kg y % y la grasa visceral en litros, fue por impedancia bioeléctrica de 8 puntos ubicados en brazo derecho, brazo izquierdo, pierna derecha, pierna izquierda, parte derecha del cuerpo parte izquierda del cuerpo y torso con SECA mBCA 514.

Para la realización de la medición, los individuos cumplieron con las siguientes características: último alimentos dos horas anterior a la medición, no haber realizado ejercicio intenso 4 horas antes a la medición y no presentar marcapasos, prótesis y accesorios metálicos en dedos.

VI.5.5. Parámetros bioquímicos

La toma de muestras bioquímicas de glucosa, triglicéridos, colesterol total, colesterol HDL y LDL fueron recolectados antes y al final del tratamiento. La recolección y análisis se realizaron por una Química Bióloga con cédula profesional disponible y laborando actualmente en un laboratorio del sector privado. Las muestras fueron evaluadas mediante ensayos colorimétricos que se explican detalladamente en cada apartado y con la indicación de ayuno de ocho horas del participante.

VI.5.5.1. Glucosa

La glucosa se determinó por ensayo colorimétrico en donde la enzima glucooxidasa cataliza la oxidación de glucosa a gluconato y peróxido de hidrógeno. La concentración de glucosa es proporcional al peróxido de hidrógeno, y éste puede medirse apareándolo con un indicador de peroxidasa. La determinación de glucosa se efectuó mediante el método de Trinder (Velázquez, 2009). El intervalo de glucosa para un adulto sano en ayuno es \leq a 125 mg/dl (NOM-015-SSA2, 2010).

VI.5.5.2. Triglicéridos

Los triglicéridos se determinaron por ensayo colorimétrico en el que los triglicéridos son hidrolizados enzimáticamente a glicerol, el cual, mediante la glicerol cinasa y glicerol-P-oxidasa, libera el peróxido de hidrógeno que se valoró mediante la reacción de Trinder (Velázquez, 2009). El intervalo de triglicéridos para un adulto sano en ayuno es $<$ 150 mg/ dL (NOM-037-SAA2, 2002).

VI.5.5.3. Colesterol total

El colesterol total se determinó por ensayo colorimétrico en el que la colesterol esterasa hidroliza los ésteres de colesterol presentes en la muestra dando colesterol libre y ácidos grasos, en una posterior oxidación enzimática mediante la colesterol oxidasa se forma H_2O_2 y colesterona. El H_2O_2 se valoró por la reacción Trinder, mediante un cromógeno, fenol y 4- Aminoantipirina, en presencia de Peroxidasa, formando una quinonimina cuya coloración, encarnada, es proporcional a la concentración de colesterol presente en la muestra (Velázquez, 2009). El intervalo de colesterol total para un adulto sano en ayuno es < 200 mg/ dL (NOM-037-SAA2, 2002).

VI.5.5.4. Lipoproteínas de alta densidad (HDL) y baja densidad (LDL)

Las lipoproteínas de baja densidad (LDL) se separaron del suero precipitándolas selectivamente mediante el agregado de polímeros de alto peso molecular. Luego de centrifugar, en el sobrenadante quedan las demás lipoproteínas (HDL y VLDL); el colesterol ligado a las mismas se determinó empleando el sistema enzimático colesterol oxidasa/ peroxidasa con colorimetría según Trinder (Fenol/ 4-AF). Por diferencia entre el colesterol total y el determinado en el sobrenadante, se obtiene el colesterol unido a las LDL (Velázquez, 2009). El intervalo de colesterol HDL y LDL para un adulto sano en ayuno es ≥ 35 y < 130 mg/ dL respectivamente (NOM-037-SAA2, 2002).

VI.5.6. Análisis de parámetros fecales

Dos muestras fecales de una deposición fueron recolectadas, de la primera muestra recolectada fue antes del inicio del tratamiento y a la segunda fue 2 días máximo antes de finalizar los 21 días de tratamiento. La muestra fecal fue recolectada por el participante en una bolsa plástica nueva y almacenada preferentemente en refrigeración, máximo 8 horas antes de su entrega. Posterior a la entrega, se obtuvieron seis submuestras a partir del centro de cada deposición y fueron congeladas (-20°C) inmediatamente para su análisis posterior.

VI.5.6.1. Actividad enzimática

El ensayo de actividad de las tres enzimas β -glucosidasa, β -glucuronidasa y triptofanasa se realizó por triplicado de una mezcla homogénea de las seis submuestras obtenidas a partir de la materia fecal. Para el análisis de la actividad enzimáticas, las muestras fecales fueron resuspendidas (0.1 g) en 0.9 ml de 0.1 M amortiguador de fosfatos y cisteína (pH 6.8 y 5% cisteína) y agitadas en vortex (Mi *et al.*, 2011).

VI.5.6.1.1. Actividad de β - glucosidasa

Se llevó a cabo con 2 ml de una solución que contiene 0,8 ml de mezcla de 2 mM p-nitrofenil- β -D-glucopiranosido y 0,2 ml de solución de enzima (solución de materia fecal). La reacción se incubó durante 30 min a 37 °C y luego se detuvo mediante la adición de 1 ml de NaOH 0,5 N. La mezcla de reacción se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos. La actividad enzimática se midió mediante el control de la absorbancia a 405 nm en un lector Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) (Kim *et al.*, 1992).

VI.5.6.1.2. Actividad de β -glucuronidasa

Se llevó a cabo con 2 ml de una solución que contiene 0,8 ml de mezcla de 2 mM p-nitrofenil- β -D-glucurónido y 0,2 ml de solución de enzima (solución de materia fecal). La reacción se incubó durante 30 min a 37 °C y luego se detuvo mediante la adición de 1 ml de NaOH 0,5 N. La mezcla de reacción se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos. La actividad enzimática se midió mediante el control de la absorbancia a 405 nm en un lector Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) (Kim *et al.*, 1992).

VI.5.6.1.3. Actividad de triptofanasa

La actividad de la triptofanasa se midió usando un ensayo que consistió en una mezcla de tres soluciones: 0.2 ml de la solución reactiva (2.75 mg de fosfato piridoxal, 19.6 mg de dihidrato disódico (EDTA) y 10 mg de albúmina de suero bobino en 100 ml de amortiguador de fosfato de potasio 0.05 M de

potasio a pH 7.5), 0.2 ml de triptófano 20 mM y 0.1 ml de solución de la enzima (solución de materia fecal). La solución se incubó 1 hora a 37 °C y posteriormente se añadió 2 ml de solución del color reactivo para detener la reacción (14,7 g p-dimetilaminobenzaldehído en 52 ml de ácido sulfúrico y 948 ml de etanol al 95%). Se centrifugó a 3000 rpm durante 10 minutos y midió la actividad enzimática mediante el control de la absorbancia a 550 nm en un lector Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) (Mi *et al.*, 2011).

VI.5.6.2. Ácidos grasos de cadena corta

Para la caracterización y cuantificación de los AGCC la materia fecal (0.1 g) se resuspendió en 0.9 ml de 0.1 M amortiguador de fosfatos y cisteína, se homogenizó y se centrifugó a 3000 rpm durante 10 min a 4°C. 1g del sobrenadante se pesó en un vial de 20 ml y congelado y descongelado a temperatura ambiente al momento de su análisis.

La caracterización y cuantificación de los AGCC se realizó mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-MS) en el equipo Agilent 7890A GC (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA) equipado con un detector selectivo de masas Agilent 597C VL y un automuestreador de usos múltiples MPS2 XL (Gerstel). La separación de las muestras en el CG se llevó a cabo en una columna capilar DB-5MS (60m x 250 µm x 0.25 µm; Agilent) utilizando helio como gas acarreador con un flujo de 1 ml/min. La inyección se llevó a cabo a una temperatura de 250°C y el origen del espectrómetro de masas y cuádruplo se mantuvo a 230 y 150°C respectivamente. La cuantificación de las muestras se obtuvo a través de curvas de calibración de los ácidos acético, propiónico y butírico.

VI.5.6.3. pH

Para determinar el pH fecal se usó un potenciómetro en 1 g de materia fecal homogenizada en 4 g de agua destilada (Zentek *et al.*, 2004).

VI.5.6.4. Porcentaje de humedad

El cálculo del porcentaje de humedad se realizó mediante la liofilización de la muestra fecal previamente pesada y posterior a la liofilización. El cálculo se hizo por diferencia de peso.

VI.5.6.5. Capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante en la materia fecal, 1g de cada muestra se resuspendió en (0.1 g) en 0.9 ml de 0.1 M amortiguador de fosfatos a pH de 6.8.

VI.5.6.5.1. Capacidad antioxidante por el método DPPH

El método de capacidad antioxidante por DPPH se realizó por la metodología propuesta por Fukumoto y Mazza, (2000) adaptada a microplaca. La técnica consistió en añadir 20 μ L de muestra fecal resuspendida en amortiguador de fosfatos a pH 6.8 y 200 μ L de solución DPPH en una microplaca de 96 pozos y se dejó reaccionar a temperatura ambiente (27°C) y protegido de la luz y el aire, para realizar lecturas espectrofotométricas a 540 nm en un lector Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) a los 4, 10, 30, 60 y 90 minutos, con un blanco que consiste en 20 μ L de amortiguador de fosfatos y 200 μ L de agua, además un control que consiste en 20 μ L de amortiguador de fosfatos y 200 μ L de DPPH. Los valores obtenidos fueron comparados con un estándar de trolox entre 0 y 800 μ M que consistió en 20 μ L de solución de trolox y 200 μ L de DPPH. Las lecturas se realizaron por triplicado con 2 repeticiones y se expresaron como la capacidad antioxidante en moles equivalentes de trolox/ g de muestra.

VI.5.6.5.2. Capacidad antioxidante por el método ABTS

La determinación de la capacidad antioxidante por el método de ABTS 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) se realizó por la técnica descrita por Nenadis *et al.*, (2004) adaptada a microplaca. Para la activación del radical se elaboró una solución acuosa que consiste en 7mM de ABTS y

una solución 2 de $K_2S_2O_8$ 140mM, se mezclaron 5 mL de la solución 1 y 88 μ L de la solución 2 y se dejó reaccionar a temperatura ambiente durante 12 horas cuidándolo de la exposición a la luz. Posterior a las 12 horas se hizo una dilución de éste que consistió en 500 μ L y 20-25 mL de etanol hasta obtener una absorbancia espectrofotométrica entre 0.7 y 1 a una longitud de onda de 734 nanómetros.

En una microplaca de 96 pozos se agregaron 20 μ L de muestra fecal resuspendida en amortiguador de fosfatos a pH 6.8 y un control con 20 μ L de amortiguador de fosfatos, ambas soluciones con 230 μ L de ABTS. Posteriormente se realizó la lectura espectrofotométrica a 734 nanómetros en un lector Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) al tiempo cero y a los seis minutos protegiendo la placa de la luz y el aire a temperatura ambiente (27°C). Las muestras fueron medidas por triplicado con una réplica. Los resultados fueron comparados con una curva estándar de trolox y se expresaron como moles equivalentes de trolox/ g de muestra.

V.6. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos en general se obtuvieron las medias \pm la desviación estándar. Se realizó una comparación de medias entre valores basales y finales por prueba de t-student. Se realizó una comparación entre los diferentes grupos de tratamientos experimentales a partir del cambio ajustado a variables basales con un coeficiente de variación mayor a 0.90 mediante la prueba de Tukey HSD. Los valores estadísticamente significativos y diferentes presentaron un $p \leq 0.05$ empleando el programa estadístico JMP 8.0.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VII.1. Contenido de fibra total, soluble e insoluble

En la **Tabla 8** se presenta el contenido de fibra total, soluble e insoluble del café usado y la fibra de café usado, en la que se observa que el contenido de fibra total e insoluble es mayor en la FDACU (53 y 52 % respectivamente) que en el café usado (52 y 51 % respectivamente) sin presentar diferencia significativa. El contenido de fibra soluble fue significativamente mayor ($p=0.003$) en la FDACU (1.2 %) que en el café usado (0.7 %). Estos resultados podrían deberse al efecto de los procesos a los que fue sometido el CU para obtener la FDACU, como altas temperaturas, calentamiento óhmico, remojo y filtración; ya que hay estudios en los que se observa cambio en las propiedades físicas y químicas de la fibra dietaria de diferentes fuentes debido a tratamientos con calor y remojo. El primer estudio por Caprita *et al.*, (2011) en el que estudiaron el efecto del tiempo (5, 10 y 15 min) y la temperatura (100 °C) en la fibra de trigo y cebada sobre la cantidad de fracción soluble presente en la muestra y su viscosidad, propiedad que está altamente relacionado con la fracción de fibra tipo soluble; encontrando un incremento en la fracción soluble y la viscosidad proporcional al incremento del tiempo de exposición al calor. Estos autores atribuyen el efecto a la conversión de la fibra dietaria de tipo insoluble a la soluble, debido a que la alta temperatura rompe los enlaces débiles entre las cadenas de polisacáridos al igual que rompe los enlaces glicosídicos de los polisacáridos, modificando la estructura de la molécula y su solubilidad. El segundo estudio en el que se analizó el efecto del remojo durante 12 horas a una temperatura entre 29 y 31 °C en guisantes secos y frijol, se observó que el contenido de fibra dietaria total del producto incrementó en un intervalo de 1.2 a 8.2%, principalmente la de tipo soluble (Chopra *et al.*, 2009). Actualmente no hay en la literatura publicaciones que indaguen sobre el efecto del calentamiento óhmico sobre la concentración y distribución en la fibra dietaria y la FDACU, por lo que resultaría interesante desarrollar investigación sobre este tema. De igual manera, se propone un estudio a profundidad sobre los cambios físicos y químicos obtenidos en el CU y FDACU después de cada etapa de su proceso, ya que la filtración después

de cada tratamiento acuoso al que fue sometido, podría estar ejerciendo un efecto importante sobre la cantidad y distribución de la fibra dietaria.

Los resultados observados en el contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble son menores a lo reportado por González de Cosío-Barrón, (2016) y López-Barrera *et al.*, (2016), lo cual se puede justificar debido a que el café utilizado, aunque fue de la misma especie, el año de cosecha, el suelo utilizado para su siembra y el tipo de extracción fue diferente; mientras que González de Cosío-Barrón utilizó un método por goteo en una cafetera convencional, el CU para este trabajo utilizó un método de extracción en una máquina para espressos. Mussatto *et al.*, (2011) y Salinas *et al.*, (2014) reportan que la composición química, así como nutracéutica del café y los subproductos de su procesamiento pueden ser diferentes de acuerdo a la especie del café utilizado, diferencias en la fertilización durante su producción, tipo de suelo en donde se produce, madurez del café durante la cosecha, tipo de tostado y el proceso de extracción al que fue sometido.

Tabla 8. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble del café usado y la fibra de café usado

	CU ²	FDACU ¹
	Contenido, %	
Fibra dietaria total	52.0 ± 2.1 ^a	53.4 ± 2.3 ^a
Insoluble	51.2 ± 2.3 ^a	52.2 ± 2.2 ^a
Soluble	0.7 ± 0.1 ^a	1.2 ± 0.1 ^b

Cada valor representa la media de tres experimentos ± la desviación estándar y son expresados como porcentaje en base seca.

¹ Fibra dietaria antioxidante. ² Café usado.

^{ab} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes mediante prueba de t-student.

La fibra total, soluble e insoluble de las tres diferentes galletas se muestra en la **Tabla 9**, en donde el contenido de fibra dietaria total e insoluble fue estadísticamente diferente ($p < 0.0001$) en los tres grupos de galletas, siendo la G-FDACU la que mostró mayor contenido (13 y 11%), seguido por la galleta

de café usado y oligofruktosa (10 y 8%, fibra total e insoluble respectivamente) y por último la galleta comercial (5 y 3%, fibra total e insoluble respectivamente). El contenido de fibra soluble fue significativamente mayor ($p < 0.02$) en la galleta de café usado y oligofruktosa (2 %) que en las galletas con FDACU y la comercial (1.4%). No obstante, estos resultados pertenecen al contenido excluyendo a la oligofruktosa y almidón resistente, pues la técnica utilizada no fue adaptada para cuantificar estos compuestos.

Tabla 9. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble en las galletas con FDACU, CU y oligofruktosa y las galletas con formulación tradicional

	Galleta FDACU ¹	Galleta CU y oligofruktosa ²	Galleta formulación tradicional
Contenido, %			
Fibra dietaria total	13.4 ± 0.7 ^a	10.4 ± 0.5 ^b	5.1 ± 0.6 ^c
Insoluble	11.9 ± 0.5 ^a	8.1 ± 0.2 ^b	3.6 ± 0.1 ^c
Soluble	1.4 ± 0.3 ^a	2.2 ± 0.2 ^b	1.4 ± 0.3 ^a

Cada valor representa la media de tres ensayos ± desviación estándar y son expresados como porcentaje en base seca por un gramo de producto de acuerdo al contenido de carbohidratos

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

^{abc} Letras diferentes en cada renglón refleja diferencia significativa intergrupala por prueba de Tukey.

VII.2. Intervención dietaria

VII.2.1. Reclutamiento de los participantes

Durante el reclutamiento de participantes (**Figura 3**) noventa individuos cumplieron con las características deseadas y aceptaron participar en el estudio, de los cuales 47 fueron descartados debido a diversos factores, entre los principales fueron la toma de antibióticos, falta de adherencia al tratamiento, parámetros antropométricos y bioquímicos fuera de intervalo. Quince individuos

sanos se encontraron en el grupo de G-FDACU, catorce en el grupo de G-CU y oligofruktosa y catorce en el G-formulación tradicional.

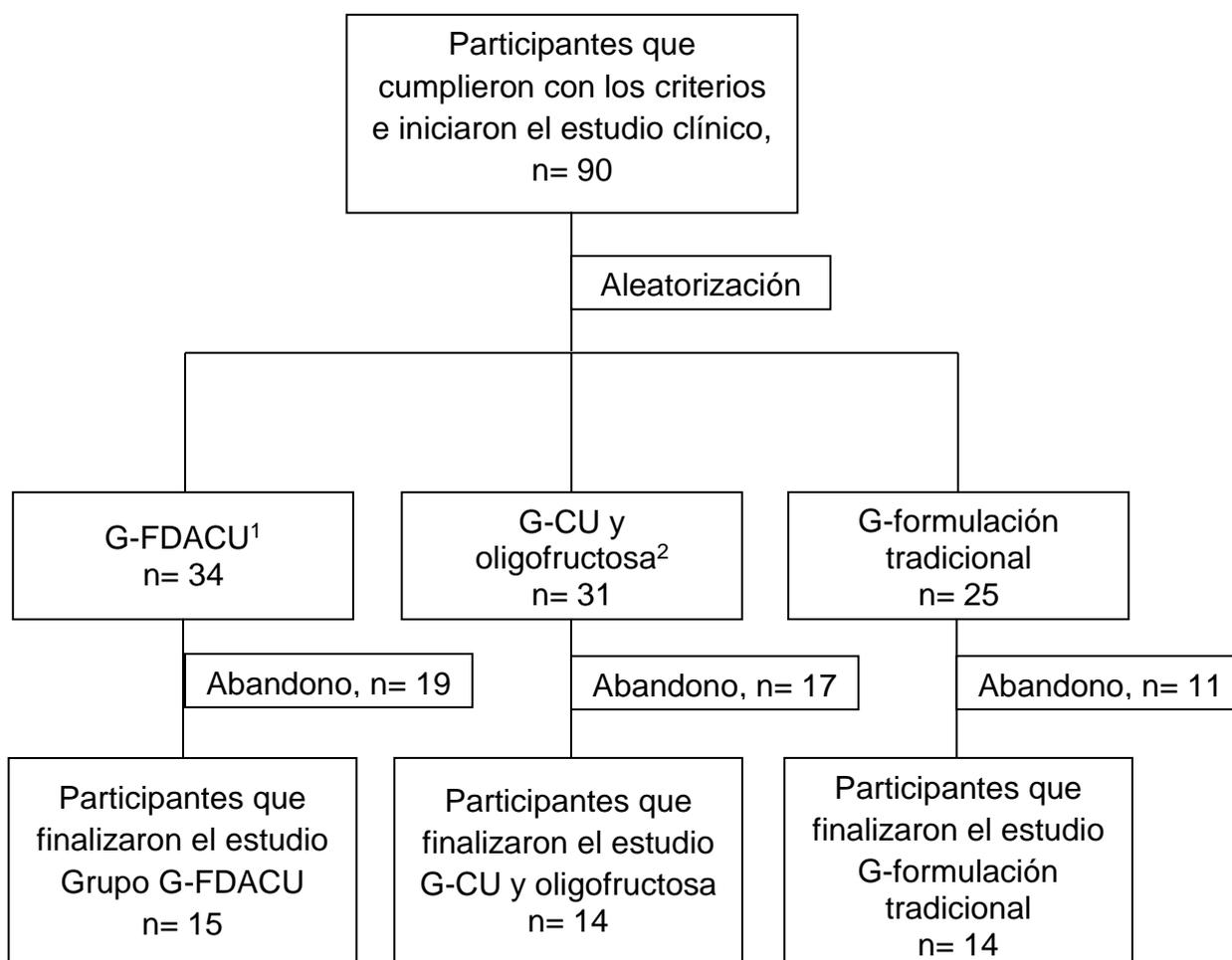


Figura 3. Individuos reclutados para la intervención dietaria

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

Se registró la frecuencia de consumo de alimentos de los participantes al inicio del estudio **Tabla 10**. Estos resultados indican el número de días por semana que consumen los alimentos. De acuerdo al plato del buen comer y los nutrientes que el alimento aporta, fueron clasificados en 3 grandes grupos: verduras y frutas, cereales, leguminosas y alimentos de origen animal (NOM-043-SSA2, 2012).

Tabla 10. Datos basales de la frecuencia de consumo semanal de alimentos de los sujetos participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

Grupo de alimentos	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Verduras y frutas			
Verduras	2.6 ± 0.9 ^a	2.7 ± 1.2 ^a	2.5 ± 1.1 ^a
Frutas	2.5 ± 1 ^a	2.2 ± 0.7 ^a	2.0 ± 0.6 ^a
Leguminosas			
Frijol, habas, lentejas, garbanzos	2.7 ± 2.4 ^a	2.5 ± 2.1 ^a	2.7 ± 2.2 ^a
Alimentos de origen animal			
Lácteos	3.8 ± 1.4 ^a	3.8 ± 1.3 ^a	3.0 ± 1.0 ^a
Carne de puerco	1.5 ± 1.0 ^a	1.9 ± 0.7 ^a	1.6 ± 1.2 ^a
Carne de res	2.6 ± 1.8 ^a	2.5 ± 1.5 ^a	2.2 ± 1.4 ^a
Embutidos	3.0 ± 1.6 ^a	3.0 ± 1.8 ^a	2.5 ± 1.6 ^a
Carne de pollo	1.4 ± 0.7 ^a	1.5 ± 0.4 ^a	1.2 ± 0.7 ^a
Huevo	3.8 ± 1.5 ^a	3.9 ± 2.0 ^a	3.6 ± 1.9 ^a
Pescados	2.0 ± 1.3 ^a	1.8 ± 1.1 ^a	1.6 ± 1.0 ^a
Mariscos	0.4 ± 0.5 ^a	0.6 ± 0.8 ^a	0.6 ± 0.8 ^a
Cereales			
Cereales dulces	1.3 ± 1.0 ^a	2.9 ± 2.0 ^b	2.0 ± 1.4 ^{ab}
Cereales no dulces	2.3 ± 0.9 ^a	2.5 ± 1.1 ^a	2.5 ± 1.1 ^a
Otros			
Bebidas azucaradas	1.1 ± 0.7 ^a	2.2 ± 0.9 ^b	2.0 ± 1.3 ^{ab}
Dulces y botanas	1.6 ± 0.7 ^a	2.0 ± 1.4 ^a	2.3 ± 1.6 ^a

Los resultados se reportan como la media ± la desviación estándar con una escala de 0 a 7 en donde 0 es ningún día a la semana y 7 todos los días de la semana.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta con café usado y oligofruktosa.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

De acuerdo a la NOM-043-SSA2, (2005) una alimentación correcta debe ser equilibrada, inocua, suficiente, adecuada, variada y completa; es decir, que incluya un alimento de los 3 grandes grupos en cada comida. Los alimentos de origen vegetal como verduras, frutas, leguminosas y cereales de granos enteros son las principales fuentes de fibra dietaria a la dieta, por lo que su ingesta diaria es recomendable debido a los grandes beneficios a la salud que generan (Bazzano *et al.*, 2001; Wang *et al.*, 2013).

Boeing *et al.*, (2012) reporta que el bajo consumo de estos alimentos está relacionado con el riesgo de padecer enfermedades crónicas degenerativas, como cáncer de colon, colitis, entre otras. Sin embargo, en los resultados del cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos de los participantes en la intervención se observa que las verduras, frutas y leguminosas apenas alcanzan un promedio de 2.4 y 2.6, días de consumo a la semana respectivamente, siendo menos de la mitad de la recomendación. Por otra parte, se observó estadísticamente mayor consumo de cereales dulces ($p=0.04$) y bebidas azucaradas ($p=0.04$) en los participantes del grupo G-CU y oligofruktosa que en el grupo que consumió G-FDACU. Debido a que el alto consumo de azúcares influye de manera negativa en el metabolismo postprandial, aumentando del índice glucémico y niveles de insulina, síntesis y almacenamiento de lípidos y sobre la sensación de hambre y saciedad (Sarís, 2003; Aller *et al.*, 2011). Se llevó a cabo un estudio de correlación entre el consumo basal de los diferentes grupos de alimentos por los participantes y los parámetros evaluados sin observar correlación significativa entre estos. Los efectos reportados se observan en dietas en donde la ingesta de alimentos con alto índice glucémico fue a diario (Brand-Miller *et al.*, 2002), y el consumo de estos alimentos en el presente estudio fue en promedio de 2.9 y 2 días por semana en el grupo de mayor consumo (G-FDACU), por lo que podría deducirse que aunque la frecuencia de consumo fue estadísticamente mayor en este grupo, ésta no es la suficiente para mostrar influencia directa en los parámetros evaluados. No obstante, la frecuencia de consumo de alimentos ni el registro de alimentos diario fue monitoreado durante la intervención ni al final, por lo que esto podría generar sesgo en los resultados.

Las características generales, antropométricas y bioquímicas basales de los sujetos incluidos en el análisis del estudio se muestran en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Características generales, antropométricas y bioquímicas basales de los sujetos participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Generales			
N	15	14	14
Edad, años	26 ± 6 ^a	27 ± 5 ^a	27 ± 3 ^a
Sexo			
Mujeres, n	13	9	9
Hombres, n	2	5	5
Antropométricos			
Peso, kg	59.1 ± 13.1 ^a	63.7 ± 8.4 ^a	63.4 ± 10.7 ^a
IMC, kg/m ²	22.9 ± 2.9 ^a	24.1 ± 2.5 ^a	23.3 ± 2.7 ^a
Peso normal, n	12	9	10
Sobrepeso, n	3	5	4
Grasa, %	27.0 ± 3.7 ^a	27.8 ± 7.1 ^a	27.0 ± 5.9 ^a
Grasa, kg	16.2 ± 5.1 ^a	17.6 ± 5.1 ^a	17.3 ± 5.5 ^a
Músculo, kg	18.9 ± 4.9 ^a	20.9 ± 4.8 ^a	20.4 ± 4.7 ^a
Grasa visceral, l	1.5 ± 0.6 ^a	1.8 ± 0.4 ^a	1.7 ± 0.6 ^a
Circunferencia de cintura, cm	77.9 ± 0.7 ^a	83.0 ± 0.7 ^a	81.1 ± 0.7 ^a
Bioquímicos			
Glucosa, mg/dl	81.1 ± 9.6 ^a	75.4 ± 7.5 ^a	78.7 ± 7.5 ^a
Triglicéridos, mg/dl	86.4 ± 21.0 ^a	82.4 ± 23.7 ^a	77.1 ± 25.8 ^a
Colesterol total, mg/dl	170.5 ± 15.9 ^a	168.7 ± 20.9 ^a	160.7 ± 22.6 ^a
HDL, mg/dl	53.8 ± 6.5 ^a	49.2 ± 5.8 ^a	51.2 ± 13.4 ^a
LDL, mg/dl	99.3 ± 18.8 ^a	103.0 ± 16.4 ^a	94.1 ± 24.7 ^a
VLDL, mg/dl	17.2 ± 4.2 ^a	16.4 ± 4.7 ^a	15.4 ± 5.1 ^a
Insulina, mg/dl	7.7 ± 2.6 ^a	6.4 ± 3.0 ^a	5.4 ± 2.0 ^a
HOMA, IR	1.5 ± 0.5 ^a	1.1 ± 0.5 ^{ab}	1.0 ± 0.4 ^b

Los resultados se reportan como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Los resultados antropométricos basales no presentan características generales similares a la población adulta mexicana de 20 años o más, ya que de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud, (ENSANUT, 2016) el 39% padece sobrepeso, y de los individuos reclutados para la intervención dietaria el 28% presentó esta característica. Esto podría explicarse debido a que los sujetos incluidos en el estudio estuvieron sujetos a diversos criterios de exclusión, como por ejemplo, presentar patologías gastrointestinales diagnosticadas.

Los parámetros bioquímicos basales se encuentran dentro de intervalo normal de acuerdo a la NOM-037-SSA2, (2002) y sólo se observó diferencia significativa en el valor basal del índice HOMA, siendo el de los sujetos del grupo G-FDACU estadísticamente mayor al de los sujetos de la G-formulación tradicional, sin embargo aún se encuentran en parámetros sanos para incluirse en la intervención dietaria. Debido a estas diferencias, el cambio en los parámetros evaluados al inicio y al final del tratamiento, fueron ajustados a las características basales de los individuos.

VII.2.2. Parámetros gastrointestinales

VII.2.2.1. Efecto de los tratamientos sobre frecuencia y severidad de dieciocho síntomas gastrointestinales

Los resultados basales, finales y el cambio no ajustado y ajustado sobre la frecuencia de los 18 síntomas gastrointestinales evaluados se presentan en la **Tabla 12**. Estos resultados muestran la frecuencia de presentar los 18 síntomas gastrointestinales en una escala del 0 al 4 en donde 0 es nunca y 4 es siempre. La frecuencia de presentar diarrea en el grupo de G-FDACU y ardor retroesternal en el grupo G-formulación tradicional disminuyeron significativamente al final del tratamiento. Cuando se evaluó la diferencia intergrupala del cambio ajustado, se encontró que la frecuencia de presentar el síntoma de ardor retroesternal en los participantes del grupo G-DFACU fue estadísticamente diferente a los del grupo de G-formulación tradicional por prueba de Tukey HSD.

El efecto significativo únicamente en el síntoma de ardor retroesternal, podría deberse al reducido número de participantes y a la cantidad de fibra añadida proporcionada mediante las galletas, ya que un estudio similar al actual, el cual evaluó el impacto del consumo de fibra de trigo sobre síntomas gastrointestinales como estreñimiento, indigestión, inflamación, flatulencias, dolor intestinal, entre otros, encontró resultados estadísticamente diferentes cuando se compararon valores basales y finales en una población de 153 individuos pero con dosis mayores de fibra (13 y 9 g/día) (Lawton *et al.*, 2013).

Por tal razón, el aumento en el número de población y dosis de fibra consumida por los participantes al día, sería recomendable en estudios posteriores, para observar resultados más claros.

Tabla 12. Frecuencia de la presencia de dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Diarrea			
<i>Inicial</i>	0.26 ± 0.45	0.28 ± 0.46	0.50 ± 0.65
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.28 ± 0.61	0.35 ± 0.49
<i>Cambio</i>	-0.26 ± 0.45**a	0.00 ± 0.67 ^a	-0.14 ± 0.94 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.35 ^a	0.12 ^a	-0.07 ^a
Estreñimiento			
<i>Inicial</i>	0.73 ± 1.03	0.64 ± 0.84	0.92 ± 0.91
<i>Final</i>	0.40 ± 0.63	0.85 ± 1.23	0.78 ± 0.97
<i>Cambio</i>	-0.33 ± 1.11 ^a	0.21 ± 0.89 ^a	-0.14 ± 0.66 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.39 ^a	0.10 ^a	-0.02 ^a
Movimiento intestinal con dolor			
<i>Inicial</i>	0.80 ± 1.08	0.42 ± 0.51	0.42 ± 0.64
<i>Final</i>	0.26 ± 0.59	0.57 ± 0.64	0.21 ± 0.42
<i>Cambio</i>	-0.53 ± 0.74 ^a	0.14 ± 0.66 ^b	-0.21 ± 0.80 ^{ab}
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.46 ^a	0.06 ^a	-0.21 ^a
Sangre en las heces			
<i>Inicial</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.26
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.26	0.07 ± 0.26
<i>Cambio</i>	0.00 ± 0.00 ^a	-0.07 ± 0.26 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.01 ^a	0.05 ^a	0.02 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Continuación tabla 12. Frecuencia de la presencia de dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Dolor abdominal			
<i>Inicial</i>	0.66 ± 0.89	0.85 ± 0.66	0.71 ± 0.61
<i>Final</i>	0.40 ± 0.63	0.71 ± 0.72	0.71 ± 0.72
<i>Cambio</i>	-0.26 ± 0.59 ^a	-0.14 ± 0.53 ^a	0.00 ± 0.55 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.18 ^a	-0.22 ^a	0.00 ^a
Distensión abdominal			
<i>Inicial</i>	0.93 ± 1.16	0.92 ± 0.99	0.78 ± 0.80
<i>Final</i>	0.53 ± 0.74	0.64 ± 0.63	0.78 ± 0.89
<i>Cambio</i>	-0.40 ± 0.82 ^a	-0.28 ± 1.13 ^a	0.00 ± 0.96 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.13 ^a	-0.36 ^a	0.20 ^a
Calambre abdominal			
<i>Inicial</i>	0.33 ± 0.48	0.42 ± 0.51	0.28 ± 0.61
<i>Final</i>	0.13 ± 0.35	0.35 ± 0.49	0.21 ± 0.42
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.41 ^a	-0.07 ± 0.26 ^a	-0.07 ± 0.47 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.05 ^a	-0.16 ^a	-0.13 ^a
Estiramientos abdominales			
<i>Inicial</i>	0.53 ± 0.74	0.57 ± 0.64	0.28 ± 0.46
<i>Final</i>	0.26 ± 0.59	0.50 ± 0.65	0.35 ± 0.49
<i>Cambio</i>	-0.26 ± 0.79 ^a	-0.07 ± 0.47 ^a	0.07 ± 0.26 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.27 ^a	-0.16 ^a	0.17 ^a
Borborismos			
<i>Inicial</i>	0.73 ± 0.79	0.64 ± 0.63	0.71 ± 0.61
<i>Final</i>	0.40 ± 0.50	0.71 ± 0.72	0.64 ± 1.08
<i>Cambio</i>	-0.33 ± 0.72 ^a	0.07 ± 0.61 ^a	-0.07 ± 0.91 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.36 ^a	0.04 ^a	0.07
Flatulencia			
<i>Inicial</i>	1.26 ± 0.96	1.14 ± 0.66	1.50 ± 0.75
<i>Final</i>	1.00 ± 0.53	1.28 ± 0.82	1.35 ± 0.84
<i>Cambio</i>	-0.26 ± 0.59 ^a	0.14 ± 0.53 ^a	-0.15 ± 0.86 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.32 ^a	0.12 ^a	-0.35 ^a
Eructos			
<i>Inicial</i>	0.73 ± 0.59	0.64 ± 0.63	0.85 ± 0.66
<i>Final</i>	0.60 ± 0.50	0.50 ± 0.65	0.71 ± 0.82
<i>Cambio</i>	-0.13 ± 0.51 ^a	-0.14 ± 0.53 ^a	-0.14 ± 0.86 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.24 ^a	-0.16 ^a	0.00 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Continuación tabla 12. Frecuencia de la presencia de dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruetosa ²	G-formulación tradicional
Regurgitación ácida			
<i>Inicial</i>	0.40 ± 0.50	0.14 ± 0.36	0.42 ± 0.51
<i>Final</i>	0.60 ± 0.50	0.50 ± 0.65	0.21 ± 0.42
<i>Cambio</i>	0.20 ± 0.41 ^a	0.00 ± 0.39 ^a	-0.21 ± 0.42 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.16 ^a	0.05 ^a	-0.19 ^a
Ardor retroesternal			
<i>Inicial</i>	0.13 ± 0.35	0.23 ± 0.43	0.28 ± 0.46
<i>Final</i>	0.06 ± 0.25	0.23 ± 0.42	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.06 ± 0.25 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	-0.28 ± 0.46 ^{**b}
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.11 ^a	0.03 ^{ab}	-0.30 ^b
Náuseas			
<i>Inicial</i>	0.46 ± 0.63	0.28 ± 0.04	0.21 ± 0.42
<i>Final</i>	0.13 ± 0.35	0.21 ± 0.42	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.33 ± 0.61 ^a	-0.07 ± 0.61 ^a	-0.21 ± 0.42 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.33	-0.16 ^a	-0.11 ^a
Vómitos			
<i>Inicial</i>	0.13 ± 0.35	0.07 ± 0.26	0.14 ± 0.36
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.13 ± 0.35 ^a	-0.07 ± 0.26 ^a	-0.14 ± 0.36 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.14 ^a	-0.06 ^a	-0.13 ^a
Indigestión			
<i>Inicial</i>	0.53 ± 0.83	0.35 ± 0.49	0.50 ± 0.51
<i>Final</i>	0.33 ± 0.61	0.35 ± 0.63	0.28 ± 0.46
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.86 ^a	0.00 ± 0.55 ^a	-0.21 ± 0.57 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.22 ^a	0.00 ^a	-0.18 ^a
Dificultad para tragar			
<i>Inicial</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.00 ^a	0.00 ^a	0.00 ^a
Ronquera/ dolor de garganta			
<i>Inicial</i>	0.33 ± 0.61	0.85 ± 1.16	0.28 ± 0.46
<i>Final</i>	0.26 ± 0.59	0.50 ± 1.09	0.07 ± 0.26
<i>Cambio</i>	-0.06 ± 0.45 ^a	-0.35 ± 0.63 ^a	-0.21 ± 0.42 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.05 ^a	-0.42 ^a	-0.15 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruetosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

abc Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Se realizó también un análisis por grupo de tratamiento experimental, del número de síntomas que fueron modulados en su frecuencia (**Figura 4**). Los participantes del grupo G-FDACU tuvieron un mayor número de síntomas que redujeron su frecuencia, y menor número de síntomas que aumentaron su frecuencia al finalizar el tratamiento (16 y 2 respectivamente), seguido por los participantes que consumieron la G-formulación tradicional (11 y 4 síntomas, incremento y disminución en frecuencia respectivamente) y los participantes que presentaron menor número de síntomas que disminuyeron su frecuencia y mayor número de síntomas que aumentaron fue el de la G-CU y oligofruktosa (8 y 8, incremento y disminución en frecuencia respectivamente).

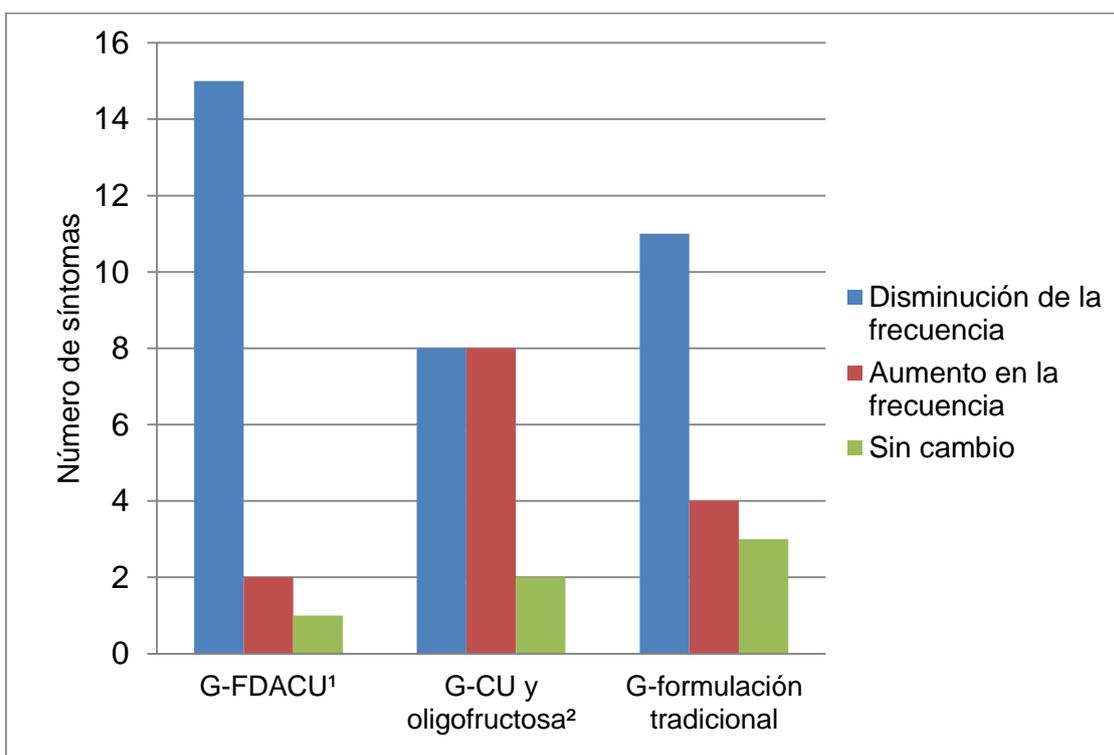


Figura 4. Cambio en la frecuencia de presentar 18 síntomas gastrointestinales de los participantes en la intervención dietaria al final de 21 días de tratamiento, por grupo experimental

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa. Las barras indican el cambio ajustado (sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales) del número de síntomas que aumentaron, disminuyeron o no tuvieron cambios en la frecuencia de presentarse al final de 21 días de consumo de galletas.

Los mejores resultados en disminuir la frecuencia de presentar síntomas gastrointestinales se obtuvo con la G-FDACU, seguido por la G-formulación tradicional y por último la G-CU y oligofruktosa. Esto era de esperarse, pues la G-FDACU fue la que contenía mayor cantidad de fibra por porción (6.0 g) efecto que ha sido reportado por otros tipos de fibra (Gropper y Smith, 2012). Aunque el grupo de G-CU y oligofruktosa consumió 4.6 g de fibra al día, en comparación con 2.2 g por los del grupo G-formulación tradicional, no mostraron tendencia en reducir la frecuencia de presentar de los dieciocho síntomas gastrointestinales, efecto no esperado. Los fructooligosacáridos (FOS) presentes exclusivamente en la formulación de la G-CU y oligofruktosa, son fructanos oligosacáridos resistentes a la hidrólisis enzimática de la saliva, estómago e intestino delgado, llegando hasta al colon para ser fermentados por la microbiota intestinal, actúan como fibra dietaria soluble y son considerados como prebióticos selectivos, además que mejoran la respuesta glicémica postprandial (Kumar *et al.*, 2012). Son de naturaleza dulce, por lo que el autor de dicha formulación los usó como endulzante y neutralizador de otros sabores (Martinez-Saez *et al.*, 2016). Han sido estudiados por su efecto poco deseado de generar flatulencia, dolor abdominal, borborigmos e inflamación en adultos sanos tras un consumo desde 2.5 a 20 g/ día (Bouhnik *et al.*, 2006; Bruggencate *et al.*, 2006; Dahl *et al.*, 2014). Esta razón podría ser aparentemente la responsable de los resultados observados tras su consumo. Sin embargo no se puede aseverar ya que la cantidad consumida en la G-CU y oligofruktosa fue de 2.1 g/ día y el síntoma de distensión no presentó aumento en la frecuencia ni severidad, sino que disminuyó. Por el contrario, síntomas como diarrea, estreñimiento, movimiento intestinal con dolor, borborigmos, flatulencias, etc., fueron los que aumentaron la frecuencia de presentarse. Estos síntomas podrían estar asociados a otros factores, como el efecto de la fermentación colónica, o bien a factores que no pudieron ser controlados, como padecimiento de los participantes de alguna enfermedad gastrointestinal durante la intervención dietaria, como la enfermedad inflamatoria intestinal, y que no fue reportada debido a que el paciente no contaba con un diagnóstico médico. Estos factores son de gran importancia ya que se ha estudiado en personas que padecen enfermedad inflamatoria intestinal, que al aumentar el consumo de fibra presentan síntomas como inflamación, dolor abdominal y

flatulencias (Major y Spiller, 2014). Por otra parte, la fructosa, componente principal de FOS, es buen sustrato para las bacterias intestinales, sin embargo, al atrapar gran cantidad de agua pueden causar diarrea en personas con alguna intolerancia o enfermedad gastrointestinal (Fedewa y Rao., 2015).

En la **Tabla 13** se muestran los resultados basales, finales y el cambio no ajustado y ajustado sobre la severidad de presentar los 18 síntomas gastrointestinales evaluados. Los resultados se obtuvieron de una escala que fue del 0 al 4, en donde 0 es ausencia y 4 es severo.

Estos resultados no presentaron significancia estadística en ninguno de los grupos de galletas cuando los valores fueron comparados al inicio y al final del tratamiento; mientras que cuando el cambio ajustado fue comparado de manera intergrupar, la severidad de presentar diarrea y estreñimiento por los participantes del grupo que consumió G-FDACU (-0.62 y -0.42 respectivamente) fue estadísticamente diferente ($p \leq 9.02$) a los participantes que consumieron la G-formulación tradicional (0.50), mas no a los que consumieron la G-CU y oligofructosa (-0.12).

Tabla 13. Severidad con la que se presentaron los dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Diarrea			
<i>Inicial</i>	0.46 ± 0.74	0.35 ± 0.74	0.35 ± 0.63
<i>Final</i>	0.06 ± 0.25	0.35 ± 0.84	0.50 ± 0.75
<i>Cambio</i>	-0.40 ± 0.45 ^a	0.00 ± 1.10 ^a	0.14 ± 1.02 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.62 ^a	-0.12 ^{ab}	0.50 ^b
Estreñimiento			
<i>Inicial</i>	0.94 ± 0.90	0.78 ± 0.97	0.71 ± 0.82
<i>Final</i>	0.40 ± 0.63	0.71 ± 0.91	0.85 ± 1.16
<i>Cambio</i>	-0.40 ± 0.82 ^a	-0.07 ± 0.61 ^a	0.14 ± 0.77 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.42 ^a	-0.21 ^{ab}	0.31 ^b
Movimiento intestinal con dolor			
<i>Inicial</i>	0.73 ± 0.88	0.42 ± 0.64	0.42 ± 0.64
<i>Final</i>	0.33 ± 0.81	0.71 ± 0.91	0.35 ± 0.74
<i>Cambio</i>	-0.40 ± 0.63 ^a	0.28 ± 0.72 ^b	-0.07 ± 1.07 ^{ab}
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.31 ^a	0.13 ^a	0.00 ^a
Sangre en las heces			
<i>Inicial</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.26
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.14 ± 0.36	0.14 ± 0.53
<i>Cambio</i>	0.00 ± 0.00 ^a	0.14 ± 0.36 ^a	0.07 ± 0.26 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.01 ^a	0.10 ^a	0.12 ^a
Dolor abdominal			
<i>Inicial</i>	0.60 ± 0.73	1.07 ± 0.91	0.71 ± 0.72
<i>Final</i>	0.46 ± 0.74	0.71 ± 0.82	0.71 ± 0.82
<i>Cambio</i>	-0.13 ± 0.51 ^a	-0.35 ± 1.00 ^a	0.00 ± 0.55 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.05 ^a	-0.39 ^a	-0.16 ^a
Distensión abdominal			
<i>Inicial</i>	0.53 ± 0.91	0.92 ± 1.07	0.85 ± 0.94
<i>Final</i>	0.73 ± 1.03	0.85 ± 0.77	0.71 ± 0.82
<i>Cambio</i>	0.13 ± 0.91 ^a	-0.07 ± 0.73 ^a	-0.14 ± 1.16 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.13 ^a	-0.11 ^a	-0.38 ^a
Calambre abdominal			
<i>Inicial</i>	0.53 ± 0.91	0.50 ± 0.85	0.28 ± 0.61
<i>Final</i>	0.26 ± 0.79	0.50 ± 1.09	0.21 ± 0.42
<i>Cambio</i>	-0.27 ± 0.45 ^a	0.00 ± 0.55 ^a	-0.07 ± 0.47 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.16 ^a	-0.08 ^a	-0.09 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p ≤ 0.05 por prueba t-student.

abc Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Continuación tabla 13. Severidad con la que se presentaron los dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Estiramientos abdominales			
<i>Inicial</i>	0.46 ± 0.63	0.71 ± 1.06	0.35 ± 0.63
<i>Final</i>	0.26 ± 0.59	0.41 ± 0.51	0.35 ± 0.49
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.56 ^a	-0.28 ± 0.82 ^a	0.00 ± 0.39 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.20 ^a	-0.26 ^a	-0.02 ^a
Borborigmos			
<i>Inicial</i>	0.73 ± 0.70	0.78 ± 0.89	0.78 ± 0.80
<i>Final</i>	0.53 ± 0.74	0.71 ± 0.72	0.57 ± 0.93
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.77 ^a	-0.07 ± 0.82 ^a	-0.21 ± 1.05 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.11 ^a	-0.12 ^a	-0.23 ^a
Flatulencia			
<i>Inicial</i>	1.20 ± 0.86	1.50 ± 0.85	1.42 ± 0.85
<i>Final</i>	1.06 ± 0.70	1.35 ± 0.92	1.50 ± 0.85
<i>Cambio</i>	-0.14 ± 0.99 ^a	-0.14 ± 0.66 ^a	0.07 ± 1.14 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.13 ^a	-0.02 ^a	0.04 ^a
Eruetos			
<i>Inicial</i>	0.86 ± 0.74	0.71 ± 0.72	0.85 ± 0.86
<i>Final</i>	0.66 ± 0.61	0.50 ± 0.75	0.78 ± 0.98
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.56 ^a	-0.21 ± 0.57 ^a	-0.07 ± 1.07 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.30 ^a	-0.21 ^a	-0.04 ^a
Regurgitación ácida			
<i>Inicial</i>	0.53 ± 0.83	0.14 ± 0.36	0.42 ± 0.51
<i>Final</i>	0.33 ± 0.81	0.21 ± 0.42	0.28 ± 0.61
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.41 ^a	0.07 ± 0.26 ^a	-0.14 ± 0.53 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.18 ^a	0.00 ^a	-0.09 ^a
Ardor retroesternal			
<i>Inicial</i>	0.26 ± 0.79	0.23 ± 0.43	0.21 ± 0.42
<i>Final</i>	0.20 ± 0.77	0.14 ± 0.36	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.06 ± 0.25 ^a	-0.07 ± 0.26 ^a	-0.21 ± 0.42 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.03 ^a	-0.09 ^a	-0.22 ^a
Náuseas			
<i>Inicial</i>	0.46 ± 0.63	0.21 ± 0.42	0.21 ± 0.42
<i>Final</i>	0.13 ± 0.35	0.21 ± 0.42	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.33 ± 0.61 ^a	0 ± 0.55 ^a	-0.21 ± 0.42 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.33 ^a	-0.10 ^a	-0.10 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Continuación tabla 13. Severidad con la que se presentaron los dieciocho síntomas gastrointestinales tras 21 días de intervención de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Vómitos			
<i>Inicial</i>	0.13 ± 0.35	0.07 ± 0.26	0.14 ± 0.36
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.13 ± 0.35 ^a	-0.07 ± 0.26 ^a	-0.14 ± 0.36 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.14 ^a	-0.06 ^a	-0.13 ^a
Indigestión			
<i>Inicial</i>	0.46 ± 0.63	0.42 ± 0.64	0.42 ± 0.51
<i>Final</i>	0.40 ± 0.73	0.28 ± 0.46	0.28 ± 0.46
<i>Cambio</i>	-0.06 ± 0.70 ^a	-0.14 ± 0.66 ^a	-0.14 ± 0.53 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.05 ^a	-0.16 ^a	-0.13 ^a
Dificultad para tragar			
<i>Inicial</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
Ronquera/ dolor de garganta			
<i>Inicial</i>	0.40 ± 0.73	0.64 ± 0.74	0.35 ± 0.63
<i>Final</i>	0.20 ± 0.41	0.50 ± 0.85	0.07 ± 0.26
<i>Cambio</i>	-0.20 ± 0.67 ^a	-0.14 ± 0.66 ^a	-0.28 ± 0.46 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.22 ^a	-0.21 ^a	-0.19 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Cuando se realizó el análisis sobre el número de síntomas que mostraron un alivio en la severidad, que se agudizaron o bien que no presentaron cambio, por grupo (**Figura 5**), se observó mayor tendencia al alivio en los participantes del grupo G-FDACU, seguido por los del grupo G-CU y oligofruktosa y en menor medida por los participantes que consumieron la G-formulación tradicional (16, 14 y 12 síntomas respectivamente). El número de síntomas que se agudizaron se presentaron en mayor número por los individuos que consumieron las G-formulación tradicional, seguido por aquellos del grupo G-CU y oligofruktosa y por último los del grupo G-FDACU (4, 2 y 1

síntomas respectivamente). Estos resultados podrían ser atribuidos al mayor aporte de fibra dietaria total por la G-FDACU; ya que un meta análisis de 43 estudios clínicos en los que se suplementó con fibra dietaria de diferentes tipos como celulosa y polisacáridos de soya, y cantidades que oscilaban entre 20, 30, 40 y 60g de fibra total al día a 1591 pacientes por dieta enteral y 171 individuos sanos arrojó resultados de generar mejora en salud intestinal, principalmente disminuyendo la frecuencia de presentar diarrea (Elia *et al.*, 2008). Además, otro estudio realizado por Pak, (2000) reporta que el consumo de fibra diaria insoluble disminuye la distensión al defecar y el estreñimiento, debido a que la fibra insoluble aumenta el volumen de las deposiciones, el contenido de agua y acelera el tiempo de tránsito.

El empleo de la fibra en el tratamiento de la diarrea tiene su justificación si se administran carbohidratos fermentables en el colon que generen ácidos grasos de cadena corta. La mayor experiencia en este campo está realizada en los sujetos que presentan diarrea tras la administración de nutrición enteral y donde los productos con mayor contenido en fibra viscosa, ayudan a controlar el número y la consistencia de las deposiciones. Como el colon tiene una alta capacidad de absorción de sodio y agua, se ha propuesto que la administración de carbohidratos no fermentables puede ser útil en algunos tipos de diarreas, como la diarrea infecciosa. Añadir fibra soluble (goma guar) a las soluciones rehidratantes redujo la duración de la diarrea y el peso de las heces en niños con diarrea no producida por el cólera, en Bangladesh (Rubio, 2002).

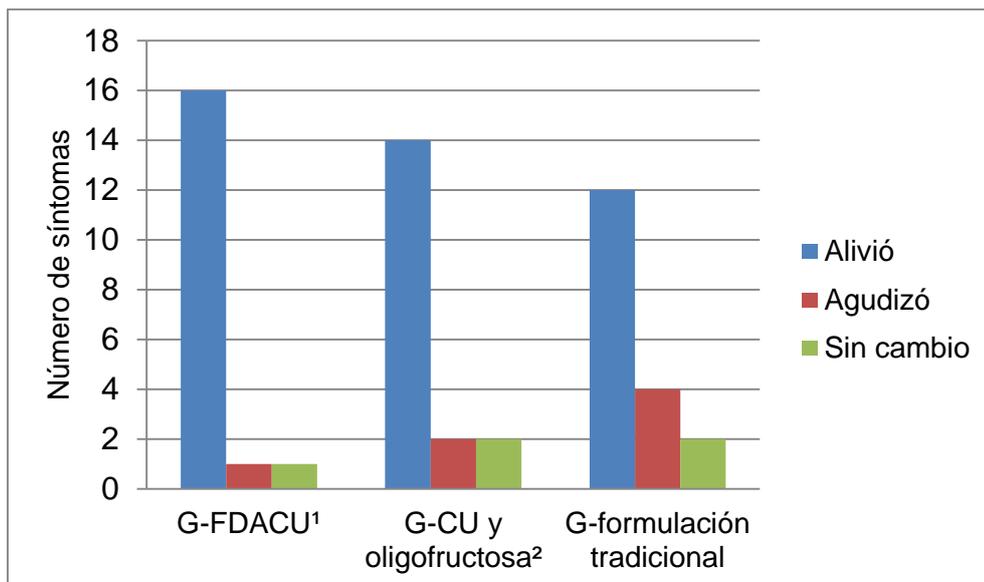


Figura 5. Cambio en la severidad de 18 síntomas gastrointestinales en los participantes en la intervención dietaria al final de 21 días de tratamiento, por grupo experimental

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa. Las barras indican el cambio ajustado (sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales) del número de síntomas que aumentaron, disminuyeron o no tuvieron cambios en la frecuencia de presentarse al final de 21 días de consumo de galletas.

VII.2.2.2. Efecto de los tratamiento sobre hábitos intestinales y escala de Bristol

Los resultados del cuestionario que evaluó la frecuencia de presentar cinco síntomas relacionados a la defecación los cuales están asociados con trastornos del intestino como el estreñimiento o constipación y colitis, se muestran en la **Tabla 14**. Las respuestas se encuentran dentro de un intervalo de 0 que es nunca y 4 casi siempre y en los resultados se observó que los participantes del grupo G-FDACU y G-formulación tradicional mostraron disminución en la frecuencia de presentar todos los síntomas, sin embargo, la disminución fue mayor en los participantes del grupo G-FDACU, disminuyendo en mayor medida la frecuencia de pujar para defecar, presentar gases e incomodidad o dolor en la parte baja del estómago (intestinos). Mientras que la galleta de G-CU y oligofruktosa aumentó la frecuencia de inflamación o incomodidad en la parte baja del estómago (intestinos) y la sensación de retener materia fecal (aún después de defecar).

Tabla 14. Frecuencia de defecación en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruetosa ²	G-formulación tradicional
Frecuencia de inflamación en intestinos			
<i>Inicial</i>	1.76 ± 1.22	1.57 ± 1.34	1.64 ± 0.93
<i>Final</i>	0.79 ± 0.97**	1.57 ± 1.22	1.36 ± 1.15
<i>Cambio</i>	-0.86 ± 0.95 ^a	0.00 ± 1.1 ^a	-0.29 ± 1.38 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.66 ^a	0.19 ^a	-0.26 ^a
Frecuencia de pujar para defecar			
<i>Inicial</i>	1.36 ± 1.39	1.07 ± 1.00	1.36 ± 0.93
<i>Final</i>	0.64 ± 0.74	1.29 ± 1.20	1.50 ± 1.22
<i>Cambio</i>	-0.71 ± 1.33 ^a	0.21 ± 0.80 ^a	0.14 ± 1.17 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-1.46 ^a	-0.34 ^a	-0.38 ^a
Frecuencia de insatisfacción al defecar			
<i>Inicial</i>	0.79 ± 1.05	0.64 ± 0.93	1.21 ± 0.89
<i>Final</i>	0.64 ± 0.84	0.86 ± 1.03	0.93 ± 0.83
<i>Cambio</i>	-0.14 ± 1.41 ^a	0.21 ± 0.89 ^a	-0.29 ± 0.99 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.49 ^a	0.06 ^a	-0.23 ^a
Frecuencia de presentar gases			
<i>Inicial</i>	2.14 ± 0.86	1.57 ± 0.94	2.14 ± 0.77
<i>Final</i>	2.00 ± 0.78	1.79 ± 1.19	2.00 ± 0.88
<i>Cambio</i>	-0.14 ± 1.03 ^a	0.21 ± 0.89 ^a	-0.14 ± 1.23 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-1.12 ^a	-0.57 ^a	-0.38 ^a
Frecuencia de presentar dolor en los intestinos			
<i>Inicial</i>	1.21 ± 1.19	1.36 ± 1.01	1.57 ± 1.16
<i>Final</i>	0.57 ± 0.94	1.14 ± 0.95	1.21 ± 0.80
<i>Cambio</i>	-0.64 ± 1.22 ^a	-0.21 ± 0.89 ^a	-0.36 ± 1.34 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.72 ^a	0.00 ^a	-0.17 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruetosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Los resultados sobre la frecuencia de defecación durante una semana, el cual fue evaluado en una escala de 0 que corresponde a una vez en toda la semana y 4 que corresponde a varias veces al día se presentan en la **Tabla 15**. Los resultados indican que ningún tratamiento fue estadísticamente significativo

sobre la frecuencia de defecar, además, el análisis intergrupar tampoco indica diferencia significativa; no obstante, los participantes del grupo G-CU y oligofruetosa fueron quienes mostraron mayor incremento en la frecuencia de defecación de acuerdo al cambio ajustado.

Tabla 15. Frecuencia de defecación en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruetosa ²	G-formulación tradicional
Frecuencia de defecación			
<i>Inicial</i>	2.79 ± 0.89	3.07 ± 0.92	2.71 ± 1.14
<i>Final</i>	2.93 ± 1.21	2.71 ± 0.91	2.86 ± 1.23
<i>Cambio</i>	0.14 ± 1.03 ^a	-0.35 ± 0.63 ^a	0.14 ± 0.86 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.03 ^a	0.17 ^a	0.07 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruetosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p ≤ 0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Cuando se analizan los resultados de acuerdo con las agrupaciones en la frecuencia (**Figura 6**), se encontró que el 21.4% de los participantes del grupo G-CU y oligofruetosa en realidad disminuyeron su frecuencia de defecación, pasando de “varias veces al día” a “una vez al día (14.3%)” o “2-3 veces a la semana (7.1%)”. Siendo el tratamiento de G-FDACU el que incrementó la frecuencia de defecación, ya que el 14.2% de los participantes pasaron de “4-6 veces por semana” a “varias veces al día”, y sólo el 7% disminuyeron su frecuencia.

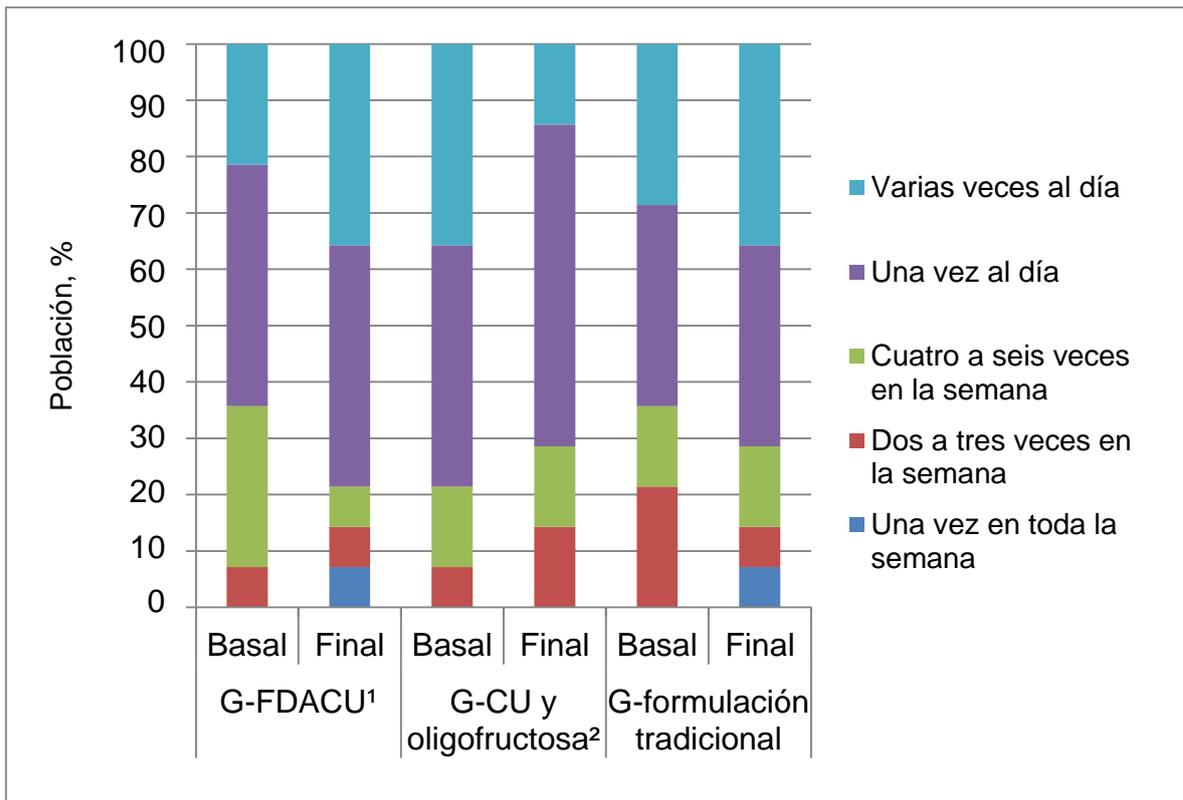


Figura 6. Valores basales y finales sobre la frecuencia de defecación de los participantes en la intervención, según su tratamiento experimental

Las barras indican el número de individuos que seleccionó alguna de las respuestas posibles.
¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.
 ** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

El consumo de fibra dietaria por debajo de la recomendación diaria está asociado con diversos padecimientos, principalmente gastrointestinales, como el estreñimiento o dificultad para defecar, distensión, inflamación, colitis, cáncer de colon, entre otras; de tal modo que el incremento en el consumo de ésta puede reducir estas enfermedades y síntomas asociados. Por ejemplo, se ha sugerido que por cada gramo de aumento en el consumo de fibra dietaria se reduce el 1.8 % los intervalos de constipación y a su vez esto genera reducción en síntomas asociados como la distensión y dolor abdominal (Lovino *et al.*, 2014; Abdullah *et al.*, 2015). La fibra más adecuada para la mejoría del estreñimiento es la de tipo insoluble, porque atrapa mayor cantidad de agua e incrementa la masa fecal y disminuye el tiempo de tránsito intestinal (Rubio, 2002). La información anterior podría estar relacionada con los resultados favorables observados en mayor medida en los individuos que consumieron la G-FDACU sobre la disminución de la frecuencia de inflamación, la frecuencia

de pujar para defecar, insatisfacción al defecar, presentar gases y dolor en el vientre bajo o intestino, así como con el incremento en la frecuencia de defecación, ya que ésta contiene mayor cantidad de fibra que las otras galletas, principalmente de la de tipo insoluble.

Por otra parte, Lawton *et al.*, (2013) sugiere a partir de los resultados de un estudio realizado para evaluar el efecto del consumo de fibra de salvado de trigo sobre parámetros de salud gastrointestinal así como de síntomas gastrointestinales, bienestar general y función del colon, indica que evaluar individuos sanos es una limitante para mostrar resultados significativos favorables en parámetros gastrointestinales, ya que los individuos sanos generalmente indican poco o nulo malestar gastrointestinal al inicio del estudio. En el presente estudio, se incluyeron a personas sanas, excluyendo a individuos con enfermedades gastrointestinales diagnosticadas, por lo que, debido posiblemente a lo anteriormente mencionado, se observa menor efecto sobre los parámetros evaluados.

Los participantes también indicaron el tamaño de la materia fecal excretada mediante la comparación con objetos conocidos (**Figura 7**). Los mejores resultados se observan en el grupo G-FDACU ya que al final del tratamiento un 7 y 14% más de la población indicaron los objetos de mayor tamaño (tenis y softbol respectivamente), disminuyendo por lo tanto los objetos de menor tamaño (golf y canica). En el grupo G-FDACU 7% de los participantes indicaron aumento en la materia fecal excretada (softbol), mientras que otro 7% decremento la excreción (canica). Los efectos en los participantes del grupo G-FDACU pueden ser debido a su mayor contenido de fibra dietaria total y principalmente insoluble, ya que ésta pasa a formar gran parte de la materia fecal e incrementa el tamaño a medida que atrapa agua (Anderson *et al.*, 2009). Los participantes del grupo G-formulación tradicional indicaron también una mayor excreción (7% de la población), sin efectos negativos, lo cual puede sugerir un efecto por la modificación en la dieta, actividad física u otros factores asociados. (Anderson *et al.*, 2009).

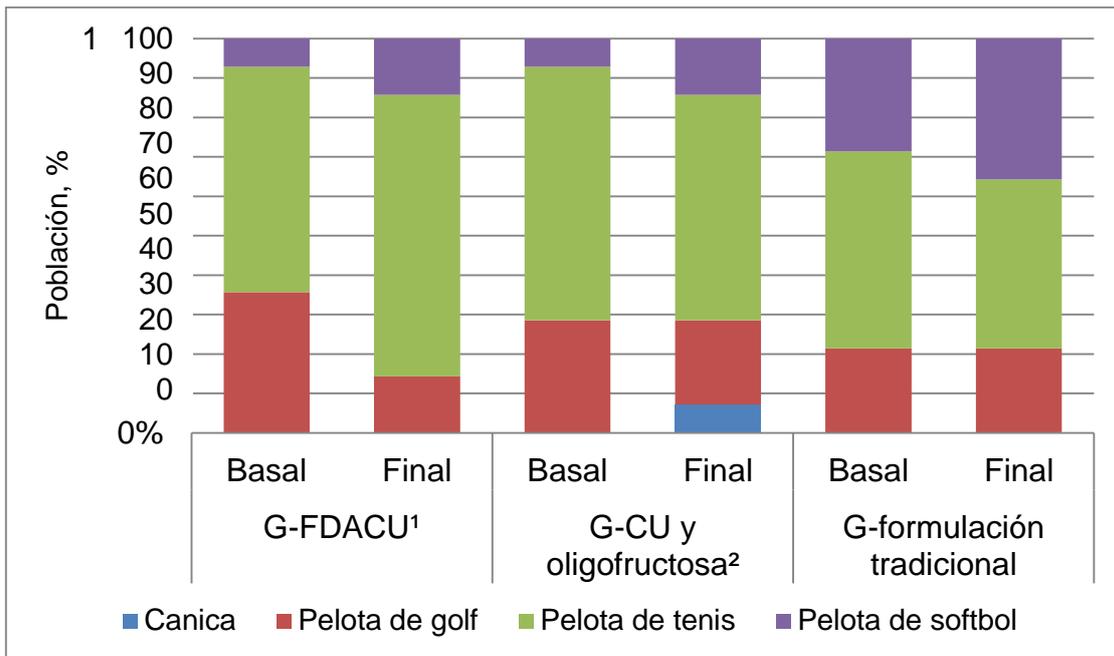


Figura 7. Tamaño de la materia fecal excretada durante la última semana de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

Las barras indican el % de la población que seleccionó alguna de las respuestas posibles.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

La incapacidad de realizar actividades diarias y la ausencia a la escuela o trabajo por problemas gastrointestinales o necesidad de defecar se muestra en la **Tabla 16**. De acuerdo al cambio ajustado, la disminución en faltar a la escuela y dejar de realizar actividades se observó en los participantes del grupo G-FDACU y G-formulación tradicional, sin mostrar significancia estadística entre el valor basal y final, ni diferencias significativas intergrupales. Estos resultados pueden estar relacionados con la reducida o casi nula frecuencia de faltar o dejar de realizar actividades cotidianas al inicio del tratamiento. Estos datos son relevantes, ya que en México para el 2015 se estimó que las personas en edad productiva entre 30 y 40 años, la colitis ulcerativa crónica y la enfermedad inflamatoria intestinal, esta última caracterizadas por diarrea o estreñimiento, sangrado en heces, dolor abdominal son causa de incapacidad laboral si no se atienden a tiempo. Estas personas son más propensas a desarrollar cáncer y requieren vigilancia médica (Miranda, 2015). El estrés crónico, mala alimentación, poca actividad física y otros factores psicosociales presentes en el entorno laboral están relacionados con el desarrollo de estas

enfermedades (Pilar, 2016). El Instituto Mexicano del Seguro Social o IMSS, (2003) arrojó resultados sobre los principales diagnósticos médicos de invalidez en asegurados afiliados al IMSS, en el que la diabetes, tumores y dorsopatías representan las tres principales causas y significan gasto económico al país. En México no se cuenta con registros ni estadísticas sobre la invalidez o incapacidad laboral de toda la población y su carga económica; no obstante Barraza *et al.*, (2015) reportaron una carga económica en el 2013 sólo de la diabetes Mellitus en México de 362, 859.82 pesos mexicanos entre gastos directos e indirectos. Por lo que se concluye en la importancia de evaluar el impacto de enfermedades gastrointestinales en la productividad de la población mexicana y consecuencias económicas.

Tabla 16. Valores basales y finales sobre la frecuencia de faltar al trabajo o dejar de realizar actividades cotidianas por problemas gastrointestinales o necesidad de defecar en los participantes en la intervención según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Faltar a la escuela o trabajo			
<i>Inicial</i>	0.29 ± 0.83	0.00 ± 0.00	0.29 ± 0.83
<i>Final</i>	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
<i>Cambio</i>	-0.29 ± 0.83	0.00 ± 0.00	-0.29 ± 0.83
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.70 ^a	0.26 ^a	-0.28 ^a
Dejar de realizar actividades cotidianas			
<i>Inicial</i>	0.57 ± 1.16	0.00 ± 0.00	0.07 ± 0.27
<i>Final</i>	0.21 ± 0.80	0.50 ± 1.29	0.07 ± 0.27
<i>Cambio</i>	-0.36 ± 0.93 ^a	0.50 ± 1.29 ^a	0.00 ± 0.39 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.77 ^a	0.11 ^a	-0.15 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar en una escala de 0 (nunca), 1 (menos de 3 veces esta semana), 2 (más de 3 veces esta semana) y 3 (una vez a la semana).

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

También se evaluó el efecto de los tratamientos sobre el tiempo del tránsito intestinal mediante la escala de Bristol, cuestionario en el que de manera gráfica (**Tabla 17**) los participantes indicaron el tipo de materia fecal

que fue más parecida a la excretada durante la última semana: las heces líquidas, con forma de puré pastoso y trozos blandos indican un tiempo muy rápido de tránsito intestinal o diarrea, los de serpiente y salchicha indican un tránsito regular y aquellas de salchicha en trozos y bolas duras indican un tránsito intestinal muy lento o constipación (Mínguez y Benages, 2009).

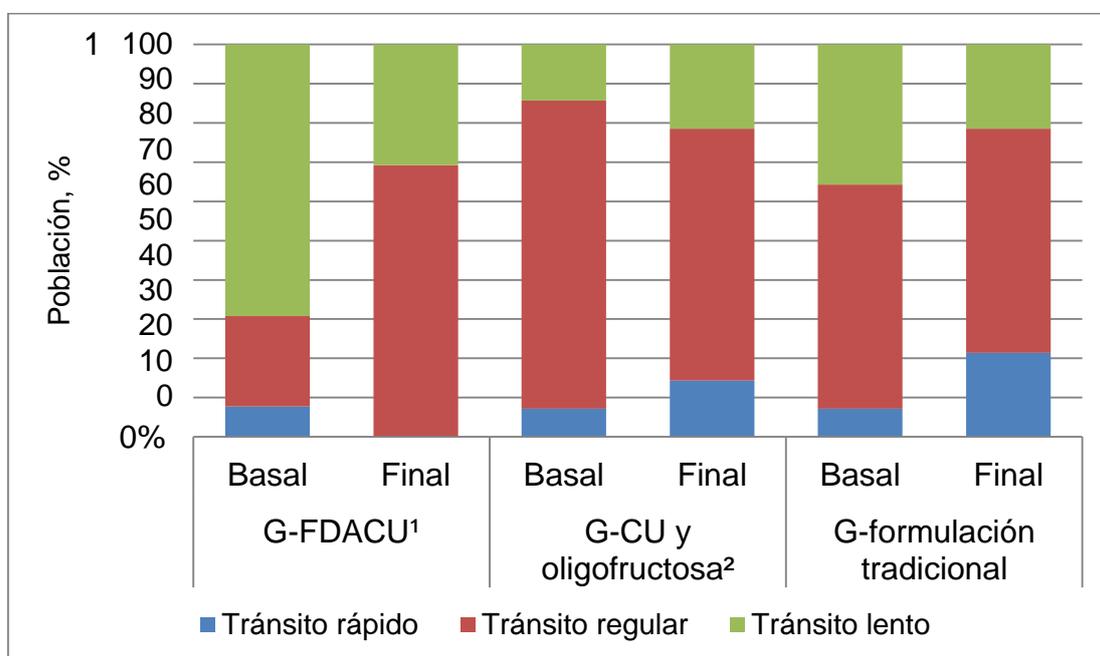
Tabla 17. Clasificación de la materia fecal en la escala de Bristol

	Líquida	Tránsito intestinal rápido o diarrea
	Puré pastoso	
	Trozos blandos	
	Serpiente	Tránsito intestinal regular
	Salchicha	
	Salchicha en trozos	Tránsito intestinal muy lento o constipación
	Bolas duras	

(Adaptada de Riegler y Esposito, 2001)

Los resultados de la escala de Bristol se muestran en la **Figura 8** y éstos indican mejora en los participantes del grupo G-FDACU, ya que el 46% de la población que en la evaluación basal indicó tránsito lento y rápido al final del estudio indicó tener tránsito regular. El grupo G-CU y oligofruktosa mostró que 7% de la población cambió de tránsito regular a tránsito lento y otro 7% pasó de indicar tránsito regular a tránsito rápido; mientras que los participantes del grupo G-FT no presentaron cambio en la proporción que indicó tránsito regular, sin embargo, 14% de los participantes que indicaron tránsito lento al inicio del estudio, indicaron tránsito rápido al finalizar el tratamiento.

El cambio del tamaño de materia fecal excretada después del tratamiento y el cambio en el tiempo de tránsito intestinal, en especial por la G-FDACU podría estar relacionado al mayor contenido de fibra dietaria total, principalmente fibra insoluble, el cual ha sido ampliamente descrito en la literatura. Paeschke y Aimutis, (2011) mencionan que este tipo de fibra aumenta el volumen fecal y así mismo la facilidad para excretarla. Saito *et al.*, (1991) reportaron que un incremento en la ingesta de fibra dietaria equivalente a 20g/ día o más incrementó el volumen de materia fecal y así se redujo el tiempo de tránsito intestinal.



Las barras indican el % de la población que seleccionó alguna de las respuestas posibles.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

Figura 8. Tiempo de tránsito intestinal antes y después de 21 días de tratamiento, según el tratamiento experimental

VII.2.3. Modulación de los parámetros antropométricos

Los valores basales, finales y las diferencias en los parámetros antropométricos de los participantes en la intervención se muestran en la **Tabla 18**.

Tabla 18. Valores antropométricos de los sujetos participantes en la intervención al inicio y final de 21 días de intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Peso, kg			
<i>Inicial</i>	59.1 ± 13.1	63.7 ± 8.4	63.5 ± 10.7
<i>Final</i>	58.9 ± 13.7	63.9 ± 8.5	63.7 ± 10.5
<i>Cambio</i>	-0.2 ± 1.1 ^a	0.2 ± 1.1 ^a	0.2 ± 0.9 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.2 ^a	0.2 ^a	0.0 ^a
IMC, kg/m²			
<i>Inicial</i>	22.9 ± 2.9	24.1 ± 2.5	23.3 ± 2.7
<i>Final</i>	22.8 ± 3.1	24.2 ± 2.5	23.4 ± 2.7
<i>Cambio</i>	-0.1 ± 0.4 ^a	0.1 ± 0.4 ^a	0.1 ± 0.3 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.1 ^a	0.1 ^a	0.0 ^a
Grasa corporal, %			
<i>Inicial</i>	27.0 ± 3.7	27.8 ± 7.1	27.0 ± 5.9
<i>Final</i>	26.9 ± 4.1	28.2 ± 7.1	27.1 ± 6.2
<i>Cambio</i>	-0.1 ± 1.4 ^a	0.4 ± 1.4 ^a	0.1 ± 1.3 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.3 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a
Grasa corporal, kg			
<i>Inicial</i>	16.2 ± 5.1	17.7 ± 5.1	17.3 ± 5.5
<i>Final</i>	16.1 ± 5.1	18.0 ± 5.4	17.5 ± 5.6
<i>Cambio</i>	-0.1 ± 0.9 ^a	0.3 ± 1.1 ^a	0.1 ± 1 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a
Músculo, kg			
<i>Inicial</i>	18.9 ± 4.9	20.9 ± 4.8	20.4 ± 4.7
<i>Final</i>	19.1 ± 5.3	20.8 ± 4.7	20.6 ± 4.6
<i>Cambio</i>	0.2 ± 0.5 ^a	-0.1 ± 0.2 ^a	0.2 ± 0.6 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.0 ^a	-0.2 ^a	0.0 ^a
Grasa visceral, l			
<i>Inicial</i>	1.5 ± 0.6	1.8 ± 0.4	1.7 ± 0.6
<i>Final</i>	1.5 ± 0.6	1.9 ± 0.6	1.8 ± 0.8
<i>Cambio</i>	0 ± 0.2 ^a	0.1 ± 0.4 ^a	0.1 ± 0.5 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.1 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a
Circunferencia de cintura, cm			
<i>Inicial</i>	77.9 ± 7.9	83.0 ± 7.1	81.1 ± 7.9
<i>Final</i>	76.8 ± 8.8	84.1 ± 8.3	81.7 ± 9.6
<i>Cambio</i>	-1.1 ± 2.5 ^a	1.1 ± 4.7 ^a	0.5 ± 6.7 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.6 ^a	2.3 ^a	1.1 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p ≤ 0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Las diferencias entre los valores basales y finales ajustadas y no ajustadas no mostraron significancia estadística en ninguno de los grupos experimentales; además, cuando los resultados fueron analizados entre los grupos experimentales, tampoco se observó diferencia estadística. Lo que sugiere que un mayor tamaño de muestra y/o tiempo de evaluación puede ser considerado para observar mayor efecto, ya que sólo se alcanzó el 75% del número de participantes del diseño experimental inicial (40 individuos para un poder estadístico del 80%), debido a la alta tasa de deserción de las participantes por diversos motivos mencionados anteriormente.

VII.2.4. Efecto de los tratamientos sobre parámetros bioquímicos

Los valores bioquímicos basales, finales y sus diferencias de los participantes en la intervención dietaria se muestran en la **Tabla 19**.

Los resultados del cambio entre el valor inicial y final tras 21 días de tratamiento muestran aumento ($p \leq 0.01$) en el colesterol total y LDL de 170.5 a 194.5 mg/dl y 99.3 a 120.1 mg/dl respectivamente en los individuos del grupo G-FDACU. Los individuos del grupo G-CU y oligofruktosa también presentaron un aumento en estos dos parámetros, así como la G-formulación tradicional sobre el colesterol LDL, sin embargo no fueron estadísticamente significativos. Por el contrario, la G-formulación tradicional mostró disminuir de manera no significativa el colesterol total. Los niveles de triglicéridos mostraron una marcada tendencia a disminuir en los sujetos del grupo G-CU y oligofruktosa y G-formulación tradicional, mientras que en los participantes del grupo G-FDACU aumentaron, aunque sin significancia estadística.

Tabla 19. Valores bioquímicos de los participantes en la intervención al inicio y final de 21 días de intervención, según el tratamiento experimental.

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
Glucosa, mg/dl			
<i>Inicial</i>	81.1 ± 9.6	75.4 ± 7.6	78.7 ± 7.5
<i>Final</i>	83.4 ± 8.2	79.1 ± 5.3	82.7 ± 6.4
<i>Cambio</i>	2.3 ± 4.8 ^a	3.7 ± 7.5 ^a	4 ± 6.3 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-0.7 ^a	0.2 ^a	0.7 ^a
Triglicéridos, mg/dl			
<i>Inicial</i>	86.4 ± 21.0	82.4 ± 23.8	77.1 ± 25.8
<i>Final</i>	103.6 ± 43.6	73.0 ± 35	64.7 ± 28.6
<i>Cambio</i>	17.2 ± 35.7 ^a	-9.4 ± 22.6 ^{ab}	-12.4 ± 14.0 ^b
<i>Cambio ajustado†</i>	6.0 ^a	-14.5 ^a	-23.1 ^a
Colesterol total, mg/dl			
<i>Inicial</i>	170.5 ± 15.9	168.7 ± 20.9	160.8 ± 22.6
<i>Final</i>	194.6 ± 23.9	183.4 ± 32.5	155.9 ± 27.9
<i>Cambio</i>	24.1 ± 23.2 ^{**a}	14.6 ± 28.4 ^{ab}	-4.9 ± 6.1 ^b
<i>Cambio ajustado†</i>	22 ^a	12.7 ^{ab}	-5.4 ^b
HDL, mg/dl			
<i>Inicial</i>	53.8 ± 6.5	49.2 ± 5.8	51.2 ± 13.5
<i>Final</i>	53.8 ± 7.4	48.5 ± 5.2	50.9 ± 15.8
<i>Cambio</i>	0.0 ± 6.8 ^a	-0.7 ± 5.4 ^a	-0.2 ± 6.4 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-4.8 ^a	-2.5 ^a	-0.7 ^a
LDL, mg/dl			
<i>Inicial</i>	99.3 ± 18.8	103.0 ± 16.4	94.1 ± 24.7
<i>Final</i>	120.1 ± 22.7	120.3 ± 27.7	92 ± 28.3
<i>Cambio</i>	20.6 ± 18.5 ^{**a}	17.2 ± 25.7 ^{ab}	-2.1 ± 9.2 ^b
<i>Cambio ajustado†</i>	25.7 ^a	18.2 ^{ab}	0.0 ^b
VLDL, mg/dl			
<i>Inicial</i>	17.3 ± 4.2	16.5 ± 4.8	15.4 ± 5.1
<i>Final</i>	20.7 ± 8.7	21.2 ± 24.4	12.9 ± 5.7
<i>Cambio</i>	3.4 ± 7.1 ^a	4.7 ± 23.4 ^a	-2.4 ± 2.8 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	3.4 ^a	4.0 ^a	-4.5 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Continuación tabla 19. Valores bioquímicos de los participantes en la intervención al inicio y final de 21 días de intervención, según el tratamiento experimental.

Insulina, mg/dl			
<i>Inicial</i>	7.7 ± 2.6	6.4 ± 3.1	5.5 ± 2
<i>Final</i>	6.5 ± 1.6	7.1 ± 3.5	6.2 ± 2.1
<i>Cambio</i>	-1.2 ± 3.1 ^a	0.7 ± 1.4 ^a	0.6 ± 3.4 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.3 ^a	0.9 ^a	0.2 ^a
HOMA, IR			
<i>Inicial</i>	1.6 ± 0.6	1.2 ± 0.5	1.1 ± 0.4
<i>Final</i>	1.4 ± 0.4	1.4 ± 0.6	1.2 ± 0.4
<i>Cambio</i>	-0.2 ± 0.6 ^a	0.2 ± 0.3 ^a	0.1 ± 0.7 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.1 ^a	0.1 ^a	0.0 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Los efectos no esperados por las G-FDACU y G-CU y oligofruktosa sobre el colesterol total, HDL, LDL y VLDL plasmáticos podrían deberse a diversos factores, como el poco control de la dieta o actividad física de los participantes, ya que, aunque se les dio la indicación de no realizar cambios en éstos durante la intervención, no hubo control total. Jacobs, (2013) menciona la importancia de calcular de manera precisa el consumo calórico total del participante y el nivel de actividad física al inicio y al final en las intervenciones dietéticas para disminuir el sesgo de estos factores sobre los resultados. No obstante, la presencia del café usado o el edulcorante utilizado pueden ser los responsables, ya que estos efectos se observaron únicamente en los participantes de los grupos G-FDACU y G-CU y oligofruktosa, con mayor efecto en la primera, debido posiblemente a las diferencias en la formulación y composición química de éstas. El contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos y fibra fue diferente en cada una (**Tabla 20 y 17**). Existen estudios en los que se muestra que los lípidos presentes en el café ejercen un efecto sobre estos parámetros, no obstante los carbohidratos podrían ejercer un efecto importante.

El stevia, presente en las G-FDACU y G-CU y oligofruktosa, y la maltodextrina únicamente en la G-FDACU, son los carbohidratos que las diferencian de la G-formulación comercial, lo cual a diferencia de las dos

anteriores, se usó sucralosa para su formulación. La Maltodextrina, utilizada en la industria por las propiedades de dulzor, ligeramente espesante y aporte calórico, es un polímero de glucosas obtenida tras la hidrólisis del almidón; la cual además se ha sugerido su uso en lugar de la sacarosa, ya que no contiene fructosa. La fructosa está asociada con la alteración en el metabolismo y desarrollo de enfermedades crónico degenerativas. Sin embargo, en la actualidad se ha observado que la Maltodextrina tiene mayor efecto negativo que la sacarosa cuando es consumida crónicamente, aumentando los niveles de glucosa en plasma en ayuno, triglicéridos y tejido adiposo en ratas y hombres jóvenes sanos (Fisher-Wellman y Bloomer, 2010; Kendig *et al.*, 2014). Ésta podría ser la razón por la cual se observó incremento en triglicéridos plasmáticos en los participantes del grupo G-FDACU. La stevia, endulzante poco calórico no ha demostrado efectos negativos de su consumo sobre lípidos plasmáticos (Atteh *et al.*, 2008).

Tabla 20. Composición química de las galletas

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofructosa ²	G-formulación comercial
Humedad, %	2.98 ± 0.03 ^a	4.74 ± 0.03 ^b	3.55 ± 0.08 ^c
Cenizas, %	1.71 ± 0.07 ^{ab}	1.46 ± 0.00 ^b	2.09 ± 0.47 ^a
Proteínas, %	12.23 ± 0.10 ^a	11.42 ± 0.30 ^b	7.85 ± 0.13 ^c
Lípidos, %	7.53 ± 0.28 ^{ac}	9.43 ± 1.70 ^a	5.14 ± 0.25 ^c
Carbohidratos, %	79.61 ± 0.06 ^a	72.93 ± 1.92 ^a	81.35 ± 0.54 ^a

Cada valor representa la media de tres repeticiones ± error estándar y son expresados como porcentaje en base seca.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofructosa. Letras diferentes por renglón, muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) por la prueba de Tukey HSD.

(Oseguera-Castro, 2017)

Los lípidos, con mayor presencia en las G-FDACU y G-CU y oligofructosa (7.53 y 9.43 % respectivamente) provienen principalmente del aceite de girasol, lecitina de soya y café usado, utilizados para su elaboración. Sin embargo, los lípidos contenidos en el café usado han sido relacionados anteriormente con el incremento de colesterol plasmático en ratas y humanos.

El perfil de lípidos del café comprende principalmente 80-90% glicéridos incluyendo ácidos grasos, y el resto consiste en terpenos, esteroides y tocoferoles (Campos-Vega *et al.*, 2015). Los ácidos grasos presentes en el café usado, principalmente aquellos que son saturados, como el ácido láurico, mirístico, palmítico y esteárico han sido detectados en el café usado, los cuales presentan mayor índice aterogénico, y podrían estar relacionados con el aumento de colesterol en plasma (Campos-Vega *et al.*, 2015). Por otra parte, el kahweol y cafestol, diterpenos que se encuentran de manera natural en el café, tanto de la especie robusta como en la arábica, están relacionados con el incremento del colesterol en plasma, principalmente el cafestol, ya que cada 2 mg de cafestol consumidos al día producen aumento de 1 mg/ dL de colesterol en plasma, mientras que 10 mg de kahweol únicamente lo incrementan 0.9 mg/ dL (Weusten-van *et al.*, 1994; Urgert y Katan, 1997). El contenido de cafestol, de ambas especies oscila entre 43-90 mg/ 10g de café tostado, y dependiendo del método de preparación del café, estos compuestos se encuentran en diferente proporción en la bebida y en los subproductos. El café elaborado en filtro de papel retiene la mayoría de estos compuestos en el café usado (87.45%), en menor porcentaje en el filtro de papel (12.41%) y solo un pequeño porcentaje es lixiviado a la bebida (0.15%) (Acevedo *et al.*, 2013; Rendón *et al.*, 2017). De acuerdo a esta distribución, la cantidad de cafestol en las galletas podría ser la suficiente para ejercer efecto sobre el colesterol plasmático de los participantes. Es importante remarcar que la G-FDACU, aunque tenía menor cantidad de grasa (7.43 %) en comparación con la G-CU y oligofruktosa (9.53 %), gran parte de ésta provenía de la grasa la FDACU, pues la cantidad de fibra de café usado añadida fue mayor al café usado utilizado en la formulación de la G-CU y oligofruktosa (6.2 y 2.5 g/ 45 g de galletas), mientras que el aceite de girasol utilizado en la formulación para ambas galletas fue menor en la G-FDACU que en la G-CU y oligofruktosa (3.1 y 4.9 g/ 45 g de galletas). La lecitina de soya fue añadida en cantidades equivalentes en ambas galletas (0.2 g/ 45 g de galletas). Sin embargo, es necesario el estudio a profundidad en café con las mismas características al utilizado en el presente estudio, así como los cambios que sufre tras los diversos procesos a los que fue sometido para la elaboración de las galletas y su accesibilidad para comprobar las hipótesis mencionadas anteriormente.

VII.2.5. Resultados sobre parámetros en la materia fecal

VII.2.5.1. Actividad enzimática

El efecto de los tratamientos sobre la actividad enzimática de β -glucosidasa, β -glucuronidasa y triptofanasa se muestra en la **Tabla 21**. Ningún valor de la actividad enzimática resultó ser significativo cuando éstos fueron comparados al inicio y al final; sin embargo cuando se realizó la comparación intergrupar del cambio ajustado, la actividad de la enzima β -glucosidasa de los participantes del grupo G-FDACU mostró ser significativamente menor a los valores del grupo G-CU y oligofruktosa y G-formulación tradicional. Las tres enzimas evaluadas mostraron disminución en su actividad con las dos galletas que contenía café usado, datos similares, aunque no significativos, a lo reportado por González de Cosío-Barrón, (2016), quien encontró disminución en la actividad de estas enzimas en los productos de la fermentación colónica *in vitro* del café usado en individuos con peso normal y sobrepeso.

Tabla 21. Actividad enzimática en la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruetosa ²	G-formulación tradicional
		%	
β-glucosidasa			
<i>Inicial</i>	249 ± 131	206 ± 98	239 ± 104
<i>Final</i>	218 ± 138	251 ± 99	233 ± 119
<i>Cambio</i>	-39 ± 44 ^a	44 ± 72 ^b	-6 ± 52 ^{ab}
<i>Cambio ajustado†</i>	-119 ^a	-2 ^b	34 ^b
β-glucuronidasa			
<i>Inicial</i>	175 ± 102	107 ± 65	139 ± 85
<i>Final</i>	160 ± 107	129 ± 90	167 ± 105
<i>Cambio</i>	-15 ± 67 ^a	22 ± 47 ^a	28 ± 72 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-94 ^a	-59 ^a	-15 ^a
Triptofanasa			
<i>Inicial</i>	15 ± 9	7 ± 4	10 ± 7
<i>Final</i>	21 ± 13	15 ± 13	18 ± 17
<i>Cambio</i>	5 ± 10 ^a	7 ± 12 ^a	7 ± 16 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-29 ^a	-25 ^a	-35 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruetosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

Las tres enzimas evaluadas, importantes por su efecto de genotoxicidad y relación con el desarrollo de cáncer de colon, pueden presentar menor o mayor actividad dependiendo de los alimentos que el individuo ingiera o su estado de salud. Por ejemplo, el consumo de galactooligosacáridos o yogurt aumento *bifidobacterias* y *lactobacilos* en el colon disminuyendo la actividad enzimática de β-glucosidasa y β-glucuronidasa, y limitando el crecimiento de bacterias productoras de enzimas dañinas para la salud humana (Lydia y Blanco, 2002; Younis *et al.*, 2015).

La fibra dietaria soluble e insoluble tienen la característica de incrementar el desarrollo de *lactobacilos* y *bifidobacterias* en el colon (Slavin, 2013); estos datos podrían ser relevantes para explicar el efecto observado en la actividad enzimática de β-glucosidasa y β-glucuronidasa en los participantes de los grupos G-FDACU y la G-CU y oligofruetosa, aunque resalta un efecto mayor en los participantes del grupo G-FDACU, debido posiblemente a la

mayor cantidad de fibra que ésta posee. No obstante, se sabe que es la fibra dietaria soluble, debido a su mayor grado de fermentabilidad, la que tiene mayor efecto sobre la modulación de la microbiota intestinal (Slavin, 2013). Otros factores influyen sobre sus efectos, por ejemplo, Ming-Cheng, (1989) reporta que tras someter una matriz alimentaria a procesos como hervido, cocimiento a altas presiones, cocimiento en agua y autoclave, se generan cambios en la cantidad y distribución de fibra dietaria total, soluble e insoluble de éstos modulando sus efectos. Arcila, (2014) investigó el efecto de la extrusión y cocimiento a 120°C sobre la fermentabilidad y producción de AGCC *in vitro* del salvado de trigo, el cual es rico en fibra dietaria insoluble, encontrando que al ser sometido a este procedimiento, presentaba mayor índice de fermentabilidad y producción de AGCC.

Otro factor propuesto descrito por Paeschke y Aimutis, (2011) es el tamaño de las partículas de fibra, aquellas con mayor tamaño son degradadas más lentamente y en menor proporción, de manera contraria, las de menor tamaño son más fácilmente degradadas ya que se están más expuestas a las enzimas microbianas. Estudios recientes en nuestro grupo de trabajo informan que el tamaño de partícula en las muestras de FDACU es menor al del CU, lo que podría estar influyendo sobre la bioaccesibilidad y/o biodisponibilidad de la fibra dietaria u otros compuestos, provocando así efectos mayores en los individuos que consumieron la G-FDACU.

Los valores basales de la actividad enzimática en la materia fecal de los participantes clasificados por la grasa corporal total se muestran en la **Figura 9**, en la cual se observa que los individuos con sobrepeso presentan mayor actividad de β -glucosidasa y β -glucuronidasa. Aunque no hay estudios científicos que demuestren la correlación entre este parámetro y la actividad enzimática dañina en el colon, si se ha estudiado el efecto de una mala dieta alta en grasas y azúcares y su relación con el aumento en la población bacteriana que presenta actividad enzimática perjudicial para la salud y aumento en la grasa corporal total del individuo (Younis *et al.*, 2015; Kuo *et al.*, 2008)

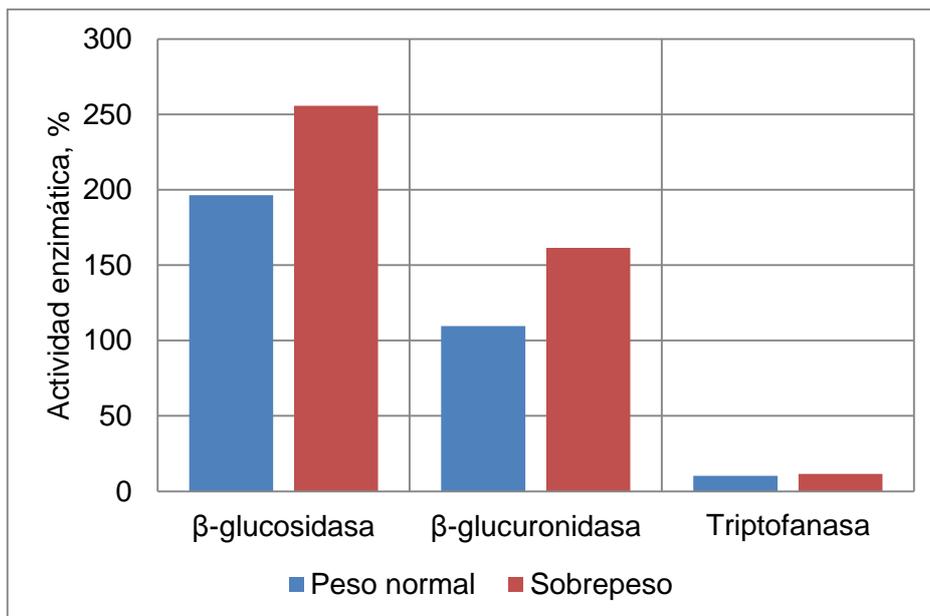


Figura 9. Valores de actividad enzimática basal en la materia fecal de los participantes en la intervención dietaria

Las barras indican la media \pm la desviación estándar del % de actividad enzimática basal.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

VII.2.5.2. Cuantificación de ácidos grasos de cadena corta en la materia fecal de los participantes

Los ácidos grasos de cadena corta acetato, butirato y propionato cuantificados en la materia fecal de los participantes en la intervención dietaria se muestran en la **Tabla 22**. Al comparar los valores basales y finales en cada grupo experimental no se encontró efecto significativo en ninguno de los grupos; sin embargo, al realizar la comparación intergrupala del cambio ajustado, se observó que el ácido propiónico fue significativamente mayor en los participantes del grupo G-FDACU que el grupo G-CU y oligofruktosa, pero igual al del grupo G-formulación tradicional. No hubo cambios en la concentración de los tres AGCC en el grupo G-CU y oligofruktosa. Estos resultados podrían estar asociados a la poca fermentabilidad de la fibra dietaria insoluble presente en mayor cantidad en la G-FDACU. Sin embargo, es importante tener presente que los AGCC que se producen a lo largo del colon se encuentran en mayor cantidad en la parte proximal y en menor proporción en el colon distal (Topping y Clifton, 2001) y que la materia fecal solo refleja un

5% de la producción total de AGCC, ya que la mayoría de éstos son rápidamente absorbidos en el colon hacia el torrente sanguíneo (Gråsten *et al*, 2003). Los AGCC presentes en la materia fecal se pueden ver afectados por la cantidad de agua y el tiempo del tránsito intestinal.

La materia fecal para la cuantificación de AGCC volátiles y no volátiles debe ser tratada inmediatamente después de la excreción con etanol al 70%, de lo contrario gran cantidad de éstos pueden verse alterados (Topping y Clifton, 2001). Estas características podrían ser una limitante para los pocos resultados observados en la cuantificación de AGCC.

Tabla 22. Cuantificación de ácidos grasos de cadena corta en los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
	mmol/L		
Ácido acético			
<i>Inicial</i>	0.47 ± 0.04	0.47 ± 0.02	0.42 ± 0.22
<i>Final</i>	0.46 ± 0.01	0.50 ± 0.13	0.34 ± 0.21
<i>Cambio</i>	-0.01 ± 0.04 ^a	0.03 ± 0.12 ^a	-0.08 ± 0.31 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.16 ^a	0.00 ^a	0.17 ^a
Ácido butírico			
<i>Inicial</i>	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.01	0.12 ± 0.01
<i>Final</i>	0.11 ± 0.01	0.13 ± 0.05	0.12 ± 0.01
<i>Cambio</i>	0.01 ± 0.02 ^a	0.01 ± 0.05 ^a	0.00 ± 0.01 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	0.00 ^a	0.01 ^a	0.04 ^a
Ácido propiónico			
<i>Inicial</i>	0.31 ± 0.01	0.31 ± 0.00	0.31 ± 0.01
<i>Final</i>	0.37 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.31 ± 0.00
<i>Cambio</i>	0.06 ± 0.02 ^a	0.01 ± 0.02 ^b	0.00 ± 0.01 ^b
<i>Cambio ajustado†</i>	0.05 ^a	-0.01 ^b	0.00 ^{ab}

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p≤0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

VII.2.5.3. pH de la materia fecal de los participantes

Los valores basales del pH fecal en los participantes se muestran en la **Tabla 23**, en la cual se resalta el valor del grupo G-formulación tradicional, el

cual fue significativamente mayor al comparar el valor basal con el final. Los participantes de los grupos G-FDACU y G-CU y oligofruktosa permanecieron sin cambios significativos.

Los AGCC presentes en el colon también influyen sobre los valores del pH en la materia fecal (Ohigashi *et al.*, 2012), por tal razón se realizó un análisis de correlaciones entre los valores de pH y niveles de propionato, butirato y acetato en la materia fecal, sin encontrar correlación significativa.

Tabla 23. pH fecal de la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
pH fecal			
<i>Inicial</i>	7.3 ± 0.6	6.9 ± 0.7	6.5 ± 0.6
<i>Final</i>	7.4 ± 0.7	6.9 ± 0.7	7.2 ± 0.5
<i>Cambio</i>	0.1 ± 0.9 ^a	0.0 ± 0.5 ^a	0.7 ± 0.9 ^{**a}
<i>Cambio ajustado†</i>	0.6 ^a	0.3 ^a	1.9 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p ≤ 0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

VII.2.5.4. Humedad de la materia fecal de los participantes

El porcentaje de humedad en la materia fecal de los participantes en la intervención se muestra en la **Tabla 24**. No se encontró aumento o disminución estadísticamente significativa en ninguno de los grupos experimentales cuando los valores basales y finales fueron comparados, además, tampoco se observó diferencia intergrupala significativa.

El mayor porcentaje de agua en la materia fecal, está relacionado con la mayor cantidad de agua retenida por ésta, y podría estar relacionada con la cantidad de fibra contenida en la materia fecal, principalmente la insoluble, que es la fibra que mayor cantidad de agua retiene (Eswaran *et al.*, 2013). Sin embargo, Vries *et al.*, (2015) reportan en un una revisión de diversos estudios clínicos sobre el efecto del consumo de salvado de trigo y arroz, los cuales

tienen un contenido de fibra dietaria similar al café usado Vilela *et al.*, (2016), tienen la capacidad de incrementar el número de deposiciones y volumen fecal debido a forman parte de ésta ya que son resistentes a la digestión y en gran medida a la fermentación por la microbiota intestinal, sin embargo, no incrementan de manera significativa el atrapamiento de agua, como se ha visto con otros tipos de fibras.

Tabla 24. Humedad en las muestras fecales de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruetosa ²	G-formulación tradicional
	%		
Humedad			
<i>Inicial</i>	41.3 ± 3.5	41.1 ± 4.2	39.2 ± 5.1
<i>Final</i>	40.4 ± 2.9	40.2 ± 3.5	39.0 ± 4.5
<i>Cambio</i>	-0.9 ± 2.9 ^a	-0.8 ± 5.4 ^a	-0.2 ± 6.7 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	2.4 ^a	-4.3 ^a	8.6 ^a

Los valores se muestran como la media ± la desviación estándar.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado.² Galleta de café usado y oligofruetosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final $p \leq 0.05$ por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

VII.2.5.5. Capacidad antioxidante de la materia fecal de los participantes

Los resultados de capacidad antioxidante en la materia fecal se presentan en la **Tabla 25**, Aunque los resultados no muestran diferencias significativas, los resultados del ensayo DPPH muestra disminución en la capacidad antioxidante en la materia fecal de los participantes de los tres grupos y de manera inversa, el experimento por ABTS mostró aumento en los tres grupos, mientras que los resultados de ABTS muestran aumento en los tres grupos.

Tabla 25. Capacidad antioxidante por DPPH y ABTS de la materia fecal de los participantes en la intervención, según el tratamiento experimental

	G-FDACU ¹	G-CU y oligofruktosa ²	G-formulación tradicional
	milimoles Eq. de trolox/g de muestra		
DPPH			
<i>Inicial</i>	4343.0 ± 0.61	4566.2 ± 345.8	4584.6 ± 642.1
<i>Final</i>	4269.6 ± 0.33	4218.3 ± 546.3	4443.7 ± 425.9
<i>Cambio</i>	-73.3 ± 595.2 ^a	-347.8 ± 433.8 ^a	-140.8 ± 786.2 ^a
<i>Cambio ajustado†</i>	-86.1 ^a	-46.0 ^a	-256.6 ^a
	milimoles Eq. trolox/g de muestra		
ABTS			
<i>Inicial</i>	55.14 ± 10.89	55.77 ± 10.76	57.37 ± 13.7
<i>Final</i>	53.37 ± 9.74	51.69 ± 13.56	59.86 ± 6.59
<i>Cambio</i>	-1.76 ± 6.8	-4.07 ± 18.8	2.48 ± 12.79
<i>Cambio ajustado†</i>	7.09	6.20	23.96

Los valores se muestran como la media ± la desviación.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

† Valores ajustados al sexo, edad y parámetros antropométricos y bioquímicos basales.

** Diferencia significativa entre el valor basal con el final p ≤ 0.05 por prueba t-student.

^{abc} Letras diferentes por renglón representan valores estadísticamente diferentes por grupo de galleta mediante prueba de Tukey HSD.

El poco efecto sobre la capacidad antioxidante en la materia fecal puede deberse a varios factores. Por ejemplo, a la reducción en la cantidad de compuestos fenólicos y melanoidinas en el CU tras la preparación de la bebida del café. Además, es importante destacar que el pre-tratamiento y el calentamiento óhmico que este recibe para la obtención del FDACU, también podrían estar cambiando el contenido de estos compuestos. Oseguera-Castro, (2017 datos sin publicar) mostró que lo anterior repercute directamente en la capacidad antioxidante del CU, FDACU y los tres tipos de galletas (**Tabla 26**), observándose que la capacidad antioxidante de las galletas con FDACU y CU con oligofruktosa también se ve disminuida debido a la menor proporción de CU y FDACU que estas poseen. Sin embargo, Oseguera-Castro, (2017 datos sin publicar) evaluó el efecto del consumo de las tres galletas sobre la capacidad antioxidante en plasma sanguíneo, y encontró un aumento significativo de ésta en los participantes del grupo G-FDACU. Estos resultados sugieren que los compuestos fenólicos y/o antioxidantes presentes en la FDACU se están absorbiendo en intestino delgado llegando en cantidades limitadas y/o en formas diferentes al colon, en donde también pueden estar

siendo absorbidos, limitando la capacidad antioxidante de la materia fecal excretada. Olthof *et al.*, (2001) tras un estudio sobre el metabolismo del ácido clorogénico y caféico, principales compuestos presentes en el CU, sugirió que tienen un porcentaje de absorción en intestino delgado de 33% para el ácido clorogénico y 95% del ácido caféico, encontrando que el ácido clorogénico es principalmente metabolizado en por la microbiota del colon y absorbidos los productos de esta fermentación en esta sección del intestino.

Tabla 26. Capacidad antioxidante por DPPH y ABTS del CU, FDACU y las tres diferentes formulaciones de galletas

	ABTS*	DPPH*
CU	72.50 ± 3.46	127.70 ± 67.66
FDACU	21.45 ± 0.57	115.49 ± 50.00
G-FDACU ¹	8.17 ± 3.80	20.73 ± 6.50
G-CU y oligofruktosa ²	7.19 ± 3.05	20.77 ± 2.33
G-formulación tradicional	7.29 ± 1.52	14.42 ± 1.33

Los valores se muestran como la media ± la desviación.

¹ Galleta de fibra dietaria antioxidante de café usado. ² Galleta de café usado y oligofruktosa.

*La capacidad antioxidante expresada como µmoles eq de trolox/ g de muestra.

(Adaptada de Oseguera-Castro, 2017)

VIII. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que la fibra dietaria antioxidante de café usado (FDACU) extraída mediante calentamiento óhmico presenta mayor proporción de fibra dietaria total, soluble e insoluble en comparación con el café usado (CU), y que la porción de 45g de galletas que contenían FDACU fue equivalente a 6g de fibra al día, significativamente mayor cantidad de fibra dietaria en comparación con las galletas CU y oligofruktosa y formulación tradicional.

Los resultados obtenidos tras la intervención dietaria sugieren que la FDACU tiene buena tolerancia gastrointestinal en adultos sanos y que es buena fuente de fibra dietaria, ya que los participantes que consumieron la galleta con la FDACU presentaron mejoría y no deterioro en la frecuencia y severidad en más del 80% de los síntomas gastrointestinales evaluados. Asimismo, mejoró la salud digestiva de los participantes que la consumieron, al disminuir de manera significativa la frecuencia de presentar inflamación en los intestinos y, mejoró el tránsito intestinal en el 49% de la población que la consumió, situación que no se observó en los otros dos grupos experimentales.

Por otra parte, el consumo de las galletas con FDACU disminuyó la actividad enzimática de β -glucuronidasa, triptofanasa y β -glucosidasa, ésta última fue significativamente menos activa que en los otros dos grupos experimentales; además, incrementó la producción de ácido propiónico estadísticamente mayor en comparación con la galleta de formulación comercial. Estos resultados podrían sugerir posibles cambios en el tamaño o estructura de sus moléculas debido a los procesos de pre-tratamiento y calentamiento óhmico del CU y el por consiguiente el posible aumento en el porcentaje de fermentabilidad de la fibra dietaria contenida en la FDACU, ya que las galletas que la contenían presentaron menor proporción de fibra dietaria soluble en comparación con la G-CU y oligofruktosa. No obstante, estudios más detallados sobre la composición y cambios en la microbiota intestinal de los participantes, así como análisis físico-químicos de la FDACU son necesarios para comprobar esta hipótesis.

Por último, el incremento del colesterol en plasma sanguíneo en los participantes en la intervención dietaria, atribuido posiblemente al cafestol y/ o otros lípidos presente en el CU y FDACU, aunque se mantuvieron dentro de intervalos sanos, resulta un efecto no deseado, principalmente en aquellos individuos con lípidos en plasma cercanos o por encima del límite sano. De tal modo que es necesaria la detección y cuantificación de este compuesto en la FDACU, para diseñar estrategias que modulen este efecto.

IX. REFERENCIAS

- A.O.A.C. 1990. Procedimiento para determinar materia grasa por método soxhlet. Official Methods of Analysis.
- Abdullah M., Gyles C., Marinangeli C., Carlberg J., Jones P. 2015. Dietary fibre intakes and reduction in functional constipation rates among Canadian adults: a cost-of-illness analysis. *Food and Nutrition Research*, 59: 28646.
- Acevedo F., Rubilar M., Scheuermann E., Cancino B., Uquiche E., Garcés M., Inostroza K., Shene C. 2013. Spent coffee grounds as a renewable source of bioactive compounds. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 7, 1-9.
- Aller E., Abete I., Astrup A., Martínez A., Baak M. 2011. Starches, sugars and obesity. *Nutrients*. 3(3), 341-369.
- Al-Hamamre Z., Foerster S., Hartmann F., Kröger M., Kaltschmitt M. 2012. Oil extracted from spent coffee grounds as a renewable source for fatty acid methyl ester manufacturing. *Fuel*, 96, 70-76.
- Anderson J., Baird P., Davis R., Ferreri S., Knudtson M., Korarym A., Waters V., Williams C. 2009. Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67(4), 188-205.
- Asano I., Nakamura Y., Hoshino H., Aoki K., Fujii S., Imura N., Lino H. 2001. Use of manooligosaccharides from spent coffee mannan by intestinal bacteria. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 75(2001), 1077-1083.
- Atteh J., Onagbesan O., Tona K., Decuypere E., Geuns J., Buyse J. 2008. Evaluation of supplementary (*Stevia rebaudiana*, Bertoni) leaves and stevioside in broiler diets: effects on feed intake, nutrient metabolism, blood parameters and growth performance. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92(6), 640-649.

- Backhe F., Fraser C., Ringel Y., Sanders M., Sartor R., Sherman P., Versalovic J., Young V., FINLAY b. 2012. Defining a healthy human gut microbiome: current concepts, future directions, and clinical applications. *Cell Host Microbiome*, 12(5), 611-622.
- Ballesteros L. F., Teixeira J., Mussatto S. I. 2014. Chemical, functional, and structural properties of spent coffee grounds and coffee silverskin. *Food Bioprocess Technol*, 7, 3493–3503.
- Barraza M., Guajardo V., Hernández C., Picó F., Crable E. 2015. Carga económica de la diabetes Mellitus en México, 2013. *Funsalud*, 5.
- Bazzano L., He J., Ogden L, Loria C., Vupputuri S., Myers L., Whelton P. 2001. Legume consumption and risk of coronary heart disease in US men and women. *International Medicine*, 161(21), 2573-2578.
- Bestard A., Raa J., Valeur J. 2015. Indole- the scent of a healthy “inner soil”. *Microbiology ecology in health disease*, 26, 27997.
- Besten D., Lange G., Havinga R., Dijk V., Gerding A., Eunen V. 2013a. Gut-derived short chain fatty acids are vividly assimilated into host carbohydrates and lipids. *The American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 305(12), G900-G910.
- Besten G., Eunen K., Groen A., Venema K., Reijngoud D., Bakker B. 2013b. The role of short-chain fatty acids in the interplay between diet, gut microbiota, and host energy metabolism. *Journal of Lipid Research*, 54(9), 2325-2340.
- Boeing H., Bechthold A., Bub A., Ellmger S., Haller D., Kroke A., Lesschik-Bonnet E., Muller M., Oberitter H., Schulze M., Stehle P., Watz B. 2012. Critical review: vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *European Journal of Nutrition*, 51(6), 637-663.
- Bounnik Y., Raskine L., Simoneau G., Paineau D., Bornet F. 2006. The capacity of short-chain-fructooligosaccharides to stimulate faecal bifidobacteria: a dose-response relationship study in healthy humans. *Nutrition Journal*, 5-8.

- Boulangé C., Neves A., Chilloux J., Nicholson J., Dumas E. 2016. Impact of the gut microbiota on inflammation, obesity, and metabolic disease. *Genome Medicine*, 13016-13073.
- Brand-Miller J., Holt S., Pawlak D., McMillan J. 2002. Glycemic index and obesity. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 76(1), 281S-285S.
- Bravo J. Juárez I., Monente C., Caemmerer B., Kroh L., Paz de Peña M., Cid C. 2012. Evaluation of spent coffee obtained from the most common coffeemakers as a source of hydrophilic bioactive compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60, 12565-12573.
- Bravo J., Monente C., Juárez M., Peña P., Cid C. 2013. Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. *Food Research International*, 50, 610-616.
- Bruggencate S., Bovee-Oudenhoven I., Lettink-Wissink M., Katan M., Meer R. 2006. Dietary fructooligosaccharides affect intestinal barrier function in healthy men. *The Journal of Nutrition*, 136(1), 70-74.
- Cabañas M. 2008. Antropometría e índices de salud. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de (<http://www.nutricion.org/publicaciones/pdf/antropometria/Antropometr%C3%ADa%20e%20Ind%C3%ADces%20de%20Salud%200Dra%20M%20D%20Caba%C3%B1as.pdf>).
- Campos-Vega R., Loarca-Piña G., Vergara-Castañeda H., Oomah D. 2015. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science and Technology*. 45, 24-36.
- Caprita A., Caprita R., Octavian V., Drehe R. 2011. The effect of temperatura on soluble dietary fiber fraction in cereals. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17(3), 214-217.
- Carrao-Panizzi M. and Bordignon J. 2000. Activity of beta-glucosidase and levels of isoflavone glucosides in soybean cultivars affected by the environment. *Journal of Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(5), 873-878.

- Chambers E., Viardot A., Psichas A., Morrison D., Murphy K., Zac.Varghese S., MacDougall K., Preston T., Tedford C., Finlayson G., Blundell J., Bell J., Thomas E., Mt-Isa S., Ashby D., Gibson G., Kolida S., Dhillo W., Bloom S., Morley W., Clegg S., Frost G., 2015. Effects of targeted delivery of propionate to the human colon on appetite regulation, body weight maintenance and adiposity in overweight adults. *Gut*, 65 (11), 1744-1754.
- Chopra H., Udipi S., Chugre P. 2009. Dietary fibre content of selected legumes: varietal differences and effect of processing. *Journal of Food Science Technology*, 46(3), 266-268.
- Dahl W., Wright A., Specht G., Christman M., Mathews A., Meyer D., Boileau T., Willis H., Langkamp-Henken B. 2014. Consuming foods with added oligofructosa improves stool frequency: a randomized trial in healthy young adults. *Journal of Nutritional Science*, 3(7), 1-8.
- Del Castillo M., Fernández-Gómez B., Martínez-Saez N., Iriondo A., Mesa M. 2017. Coffee by-products. En: *Coffee, chemistry, quality and health implications*. Ed. Royal Society Chemistry.
- Donohoe D., Holley D., Collins L., Montgomery D., Whitmore A., Hillhouse A., Curry K., Renner S., Greenwalt A., Ryan E., Godfrey V., Heise M., Threadqill D., Han A., Swenberg J., Bultman S. 2014. A gnotobiotic mouse model demonstrates that dietary fiber protects against colorectal tumorigenesis in a microbiota-and butyrate-dependent manner. *Cancer Discovery*, 4(12) 1387-1397.
- Dórea J. and Costa T. 2005. Is coffee a functional food? *The British Journal of Nutrition*, 93(6), 773-782.
- Dhingra D., Michael M., Rajput H., Patil R. T. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 49 (3), 255–266
- Echavarría A., Pagán J., Ibarz A. 2012. Melanoidins formed by maillard reaction in their biological activity. *Food Engineering Reviews*, 4, 203-223

- ENSANUT. 2012. Encuesta nacional de salud y nutrición. resultados nacionales. México. Recuperado de (http://ensanut.insp.mx/doctos/ENSANUT2012_Sint_Ejec-24oct.pdf)
- ENSANUT. 2016. Encuesta nacional de salud y nutrición. resultados nacionales. México. Recuperado de (http://promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/doctos_2016/ensanut_mc_2016-310oct.pdf)
- Ensminger H. and Robson K., 1993. Food and nutrition encyclopedia. 2^a ed. Ed. CRC PRESS. 449-451.
- Eswaran S., Muir J., Chey W. 2013. Fiber and functional gastrointestinal disorders. American Journal of Gastroenterology, 108, 718-727.
- Farah A. and Chu Y. 2012. Coffee: emerging health effects and disease prevention. 1^a ed. Ed. IFT Press Wiley-Blackwell.
- FAO y OMS. 2007, Etiquetado de los Alimentos. Codex Alimentarius. 5, 27.
- García A., Gordillo F., Zárate R. 2011. Determinación de adulterantes en café tostado molido utilizando la técnica de foto-acústica. Revista Colombiana de Física, 44(3), 2012.
- Gill C. and Rowland I. 2002. Diet and cancer: assessing the risk. British Journal of Nutrition, 88, S73-S87.
- González de Cosío-Barrón A. 2016. Bioaccesibilidad, permeabilidad y efecto sobre la microbiota intestinal *in vivo* de compuestos nutracéuticos del café (*Coffea arabica* L.) usado. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gråsten S., Liukkonen K., Chrevatidis A., El-Nezami H., Poutanen K., Mykkänen H. 2003. Effects on wheat pentosan and inulin on the metabolic activity of fecal microbiota and on bowel function in healthy humans. Nutrition Research, 23, 1503-1514.
- Fedewa A. and Rao S. 2015. Dietary fructose intolerance, fructan intolerance and FODMAPs. Current Gastroenterology Reports, 16(1), 370.

- Fisher-Wellman K. y Bloomer R. 2010. Lack of effect of a high-calorie dextrose or maltodextrin meal on postprandial oxidative stress in healthy young men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 5, 393-400.
- Fuller M. 2004. *The encyclopedia of farm animal nutrition*. Ed. CABI, 117.
- Fukumoto L. and Mazza G. 2000. Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(8), 3597-3604.
- François I., Lescroart O., Veraverbeke W., Marzorati M., Possemiers S., Evenepoel P., Hamer H., Houben E., Windey K., Welling G., Delcour J., Courtin C., Verbeke K., Broekaer W. 2012. Effects of wheat bran extract containing arabinoxylan oligosaccharides on gastrointestinal health parameters in healthy adult human volunteers: a double-blind, randomized placebo-controlled, cross-over trial. *British Journal of Nutrition*, 108(12), 2229-2242.
- Frost G., Sleeth M., Sahuri-Arisoylu M., Cerdan S., Brody L. 2014. The short chain fatty acid acetate reduces appetite via a central homeostatic mechanism. *Nature Communications*, 5, 3611.
- Gropper S. and Smith J. 2012. *Advanced nutrition and human metabolism*. Cengage Learning.
- Gråsten S., Liukkonen K., Chrevatidis A., El-Nezami H., Poutanen K., Mykkänen H. 2003. Effects of wheat pentosan and inulin on the metabolic activity of fecal microbiota and on bowel function in healthy humans. *Nutrition Research*, 1503-1514.
- Hernández-Arriaga A. 2016. Efecto de los productos de la fermentación colónica in vitro del residuo sólido de café (*Coffea arabica* L.) usado, tostado francés, sobre la supervivencia de células de cáncer de colon humano. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Hernández-Arriaga A., Oomah D., Campos-Vega R. 2017. Microbiota source impact in vitro metabolite colonic production and anti-proliferative effect

of spent coffee grounds on human colon cancer cells (HT-29). *Food Research International*, 97, 191-198.

Instituto Mexicano del Seguro Social. 2003. Memoria estadística de salud en el trabajado 2003. Recuperado de (<http://www.respyn.uanl.mx/vii/1/ensayos/invalidez.htm>).

International coffee organization. 2016. Recuperado el 27 de 11 de 2015, de (http://www.ico.org/monthly_coffee_trade_stats.asp).

Iradj S., Amiot A., Yann L., Michael L., Marie-Luce A., Van J., Delchier J. 2013. Microbial dysbiosis and colon carcinogenesis: could colon cancer be considered bacteria-related disease? *Therapeutic Advances in Gastroenterology*, 6(3), 215-229.

Jenkins D., Wolever T., Rao V., Hegele R., Mitchell S., Ransom T., Boctor D., Spadafora P., Jenkins A. 2017. Effect on blood lipids of very high intakes of fiber in diets low in saturated fat and cholesterol. *The New England Journal of Medicine*, 329(1), 21-25.

Jacobs M. 2013. Exercise, calories, fat and cancer. Volume 322 in *advances in experimental medicine and biology*. Ed. Plenum Press.

Kendig M., Lin C., Beilharz J., Rooney K., Boakes R. 2014. Maltodextrin can produce similar metabolic and cognitive effects to those of sucrose in the rat. *Appetite*, 1-12.

Kimura I., Ozawa K., Inoue D., Imamura T., Kimura K., Maeda T., Terasawa K., Kashiwara D., Hirano K., Tani T., Takahashi T., Miyauchi S., Shioi G., Inoue H., Tsujimoto G. 2013. The gut microbiota suppresses insulin-mediated fat accumulation via the short-chain fatty acid receptor GPR43. *Nature Communications*, 7, 1829.

Koleva P., Valcheva R., Sun X., Gänzle M., Dieleman L. 2012. Inulin and fructooligosaccharides have divergent effects on colitis and commensal microbiota in HLA-B27 transgenic rats. *British Journal of Nutrition*, 16, 1–11.

- Kolida S. and Gibson G. 2007. Prebiotic capacity of inulin-type fructans. *Journal of Nutrition*, 137, 2503S–2506S
- Kuo L., Czarnecka M., Kitlinska J., Tilan J., Kvetnansky R., Zukowska Z. 2008. Chronic stress, combine with a high-fat/high-sugar diet, shifts sympathetic signaling toward neuropeptide Y and leads to obesity and the metabolic syndrome. *The New York Academy of Sciences*, 1148, 232-237.
- Lahner E. and Annibale B. 2017. Dietary fiber and gut microbiota modulation: A possible switch from disease to health for subjects with diverticular disease? *Nutritional Disorder*, 1-3.
- Lattimer J. and Haub D. 2010. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2 (12), 1266–1289.
- Lawton C., Walton J., Hoyland A., Howarth E., Allan P., Chesters D., Dye L. 2013. Short Term (14 Days) Consumption of insoluble wheat bran fibre-containing breakfast cereals improves subjective digestive feelings, general wellbeing and bowel function in a dose dependent manner, *Nutrients*, 5(4), 1436-1455.
- López-Barrera D. 2014. Composición química y nutracéutica del residuo sólido del café (*Coffea arabica* L.) utilizado y la actividad de los productos de su fermentación colónica *in vitro* en un modelo de inflamación. Universidad Autónoma de Querétaro.
- López-Barrera D., Vázquez-Sánchez K., Loarca-Piña G. F., Campos-Vega R. 2016. Spent coffee grounds, an innovative source of colonic fermentable compounds, inhibit inflammatory mediators *in vitro*. *Food Chemistry*, 212, 282-290.
- Lynch J. and Metz D. 2010. Dietary fiber supplements: effects in obesity and metabolic syndrome and relationship to gastrointestinal functions. *Reviews in Basic and Clinical Gastroenterology*, 138, 65-72.
- Lynd R., Weimer J., Zyl H., Pretoriusl. S. 2002. Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 66(3), 506–577.

- Macfarlane G. and Macfarlane S. 2012. Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health. *Journal of AOAC International*, 95(1), 50-60.
- Major G. y Spiller R. 2014. Irritable bowel syndrome, inflammatory bowel disease and the microbiome. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, 21, 15-21.
- Martínez-Saes N., Tamargo-García A., Domínguez-Pérez I., Rebollo-Hernández M., Mesías M., Morales F., Martín-Cabrejas M., Castillo. 2017. Use of spent coffee grounds as food ingredient in bakery products. *Food Chemistry*, 114-122.
- Metzler-Zebeli B. 2007. Effects of fermentable carbohydrates and dietary P supply on bacterial P incorporation, activity and composition in the gastrointestinal tract of pigs. University of Hohenheim.
- Mi H., Young S., Kyung D., Rae J., Kyeong M., Won S., Taeck H., Jae K., Joo N. 2011. Antiobesity and lipid-lowering effect of *Bifidobacterium* spp. In high fat diet-induced obese rats. *Lipids in Health and Disease*, 10, 116.
- Mínguez M. y Benages M. 2009. Escala de Bristol: ¿un sistema útil para valorar la forma de las heces?. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 101(5), 1130.
- Ming-Cheng C. 1989. The effect of heat treatments on dietary fiber as assessed by chemical analysis and scanning electron microscopy. Master's thesis. University of Tennessee.
- Miranda R. 2015. Inflamación intestinal puede ocasionar discapacidad en adultos. *Informador.mx*. Recuperado de (<http://www.informador.com.mx/suplementos/2015/591993/6/inflamacion-intestinal-puede-ocasionar-discapacidad-en-adultos.htm>).
- Monente C., Ludwig I., Irigoyen A., Peña M., Cid C. 2015. Assessment of Total (Free and Bound) Phenolic Compounds in Spent Coffee Extracts. *Agriculture and Food Chemistry*, 63(17), 4327-4334.

- Morrison D. and Preston T. 2016. Formation of short fatty acids by the gut microbiota and their impact on human metabolism. *Gut Microbes*, 7(3), 189-200.
- Munster I., Boer H., Jansen M., Haan A., Katan M., Amelsvoort J., Nagengast F. 1994. Effect of resistant starch on breath-hydrogen and methane excretion in healthy volunteers. *American Journal of Nutrition*, 59(3), 626-630.
- Murthy S. and Naidu M. 2012. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition- a review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45 - 58.
- Mussatto S., Carneiro L. M., Silva J., Roberto I., Teixeiraa J. A. 2011. A study on chemical constituents and sugars extraction from spent coffee grounds. *Carbohydrate Polymers*, 83, 368-374.
- Narita Y. and Inouye K. 2014. Review on utilization and composition of coffee silverskin. *Food Research International*, 61, 16-22.
- Nenadis N., Wang L., Tsimidou M., Zhang H. 2004. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS(*+) assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4669-4674.
- NOM-015-SSA2, 2010. Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes Mellitus. *Diario Oficial de la Federación* (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5168074&fecha=23/11/2010).
- NOM-037-SSA2. 2002. Para la prevención, tratamiento y control de las dislipidemias. *Diario Oficial de la Federación* (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259329&fecha=13/07/2012).
- NOM-043.SSA2. 2012. Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. *Diario Oficial de la Federación* (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013).

- NOM-251-SSA1. 2009. Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Diario Oficial de la Federación (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5133449&fecha=01/03/2010)
- Ohigashi S., Sudo K., Kobaya D., Takahashi O., Takahashi T., Asahara T., Nomoto K., Onodera H. 2012. Changes of the intestinal microbiota, short chain fatty acids, and fecal pH in patients with colorectal cancer. *Digestive Disease and Science*, 58(6), 1717-1726.
- Olthof M. and Hollman O. 2001. Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *Journal of Nutrition*, 131, 66-71.
- Oseguera-Castro K. 2017. Efecto del consumo de fibra de café (*Coffea arabica* L.) usado sobre la capacidad antioxidante plasmática y la actividad locomotora circadiana. Universidad Autónoma de Querétaro.
- OMS. 2013. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Serie de Informes Técnicos, 916, 80.
- OMS. 2015. Obesidad y sobrepeso. Centro de prensa, 311. Recuperado de (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>).
- OMS. 2017. Guías para la formación e instrucciones prácticas: guía para las mediciones físicas (Step 2). 3-4-15.
- Paeschke T. and Aimutis W. 2011. Chapter 6: Impact of fiber on gastrointestinal microbiota. En: *Nondigestible carbohydrates and digestive health*. Ed. IFT press y Wiley-blackwell.
- Pak N. 2000. La fibra dietética en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile*, 11.
- Pilar M. 2016. En México, hasta el 60% de trabajadores de la salud padecen estrés laboral. *Boletín UNAM-DGCS*, 283.
- Raftery A. 2011. *Applied basic science for basic surgical training* E-Book. Elsevier Health Science, 564.

- Rendón M., Scholz M., Bragagnolo N. 2017. Is cafestol retained on the paper filter in the preparation of filter coffee? *Food Research International*, 798-803.
- Riegler G. and Esposito I. 2001. Bristol Scale Stool Form. A still valid help in medical practice and clinical research. *Techniques in Coloproctology*, 5, 163–164.
- Ricketts M., Boekschoten M., Kreefts A., Hooiveld G., Moen C., Muller M., Frants R., Kasanmoentalib S., Post S., Princen H., Porter J., Katan M., Hofker M., Moore D. 2007. The cholesterol-raising factor from coffee beans, cafestol, as an agonist ligand for the farnesoid and pregnane X receptors. *Molecular Endocrinology*, 21(7), 1603-1616.
- Riós-Covián D., Ruas-Madiedo P., Margolles A., Gueimonde M., Reyes-Gavilán C., Salazar N. 2016. Intestinal short chain fatty acids and their link with diet and human health, *Frontiers in Microbiology*. 7, 185.
- Rodríguez T., Fernández J., Cucó G., Biarnés E., Arija V. 2008. Validación de un cuestionario de frecuencia de consumo alimentario corto: reproducibilidad y validez. *Nutrición Hospitalaria*, 23(3), 242-252.
- Rubio M. 2002. Implicaciones de la fibra en distintas patologías. *Nutrición Hospitalaria*. 2, 17-29.
- Saito T., Hayakawa T., Nakamura K., Takita T., Suzuki K., Innami S. 1991. Fecal output, gastrointestinal transit time, frequency of evacuation and apparent excretion rate of dietary fiber in young men given diets containing different levels of dietary fiber. *Journal of Nutrition Science and Vitaminology*, 37(5), 493-508.
- Salinas T., Sánchez T., Ortega M., Soto M., Díaz A., Hernández J. 2014. Changes in composition, antioxidant content, and antioxidant capacity of coffee pulp during the ensiling process. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43, 9.
- Saris W. 2003. Sugars, energy metabolism, and body weight control. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 78(4), 850S-857S.

- Sauceda Q., Palafox H., Sánchez R., Aguilar G. 2012. Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 8(3), 3-9.
- Saura-Calixto F. 1998. Antioxidant dietary fiber product: a new concept and a potential food ingredient. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 4303-4306.
- Secretaría de Salud Federal. 2016. Síntesis de noticias. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Obtenido de (<http://www.innsz.mx/imagenes/noticiasarchivos/Sintesis11julio2016.pdf>).
- Sinnott K. 2011. *The art and craft of coffee: an enthusiast's guide to selecting, roasting, and brewing exquisite coffee*. Ed. Quarry Books, 17-20.
- Song Y., Liu M., Yang F., Lu X., Chen C. 2015. Dietary fiber and the risk of colorectal cancer: a case-control study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 24(16), 3747-3752.
- Schifferli I., Carrasco F., Inostroza J. 2011. Formulación de una ecuación para predecir la masa grasa corporal a partir de bioimpedanciometría en adultos en un amplio rango de edad e índice de masa corporal. *Revista Médica de Chile*, 139, 1534-1543.
- Shiu-Ming K. 2013. The interplay between fiber and the intestinal microbiome in the inflammatory response. *Advances in Nutrition*, 4, 16-28.
- Slavin J. 2013. Fiber and prebiotics: mechanism and health benefits. *Nutrients*, 5(4), 1417-1435.
- Takao I., Fuji S., Ishi A., Han L., Kumao T., Ozaki K., Asakawa A. 2006. Effects of manooligosaccharides from coffee mannan on fat storage in mice fed a high fat diet. *Obesity*, 18(5), 995-999.
- Topping D. and Clifton. 2001. Short-chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiological Reviews*, 81(3), 1031-1064.

- The National Association for Sport and Physical Education, The Nutrition Foundation, Swanson Center for Nutrition, United States Olympic Committee, 1988. Nutrition for Sport Success. Ed. REVERTÉ. 16.
- Urgert R., Schulz A., Katan M. 1995. Effects of cafestol and kahweol from coffee grounds on serum lipids and serum liver enzymes in humans. *American Journal of Clinic Nutrition*, 61, 149-154.
- Universidad de Buenos Aires. 2014. Guía de laboratorio de bioquímica clínica. Recuperado de (<http://www.fmed.uba.ar/depto/bioqhum/TP%20%2014%20Bioquimica%20Clinica-Sangre%20y%20orina.pdf>).
- Velázquez R. 2009. Manual de prácticas bioquímica clínica (clave 1807). Facultad de química UNAM. Recuperado de (http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/MANUALBIOQUIMICACLINICA_10817.pdf).
- Vilela W., Leao D., Franca A., Oliveira L. 2016. Effect of peroxide treatment on functional and technological properties of fiber-rich powders based on spent coffee grounds. *International Journal of Food Engineering*, 2(1), 42-47.
- Vries J., Miller P., Verbeke K. 2015. Effects of cereal fiber on bowel function: a systematic review of intervention trials. *World Journal of Gastroenterology* 21(29), 8952-8963.
- Wang Y., Wang Z., Fu L., Chen Y., Fang J. 2013. Legume consumption and colorectal adenoma risk: a meta-analysis of observational studies. *Plos one*, 8(6), e67335.
- Weusten-van M., Katan M., Hugget R., Lund-Larsen P., Ahola I., Aro A., Meyboom S., Beynen A. 1994. Identity of the cholesterol-raising factor from boiled coffee and its effects on liver function enzymes. *Journal of Lipid Research*, 35, 721-733.
- Wiseman K., Bowey A., Duffy R., Davies M., Rowland R., Lloyd S., Murray A., Thompson R., Clarke B. 2004. Influence of 10 wk of soy consumption on plasma concentrations and excretion of isoflavonoids and on gut

microflora metabolism in healthy adults^{1–4}. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 692-699.

Woldesenbet G., Woldeyes B., Chandravanshi S. 2015. Wet coffee processing waste management practice in ethiopia. *Asian Journal of Science and Technology*, 6, 1467-1471.

Younis K., Ahmad S., Jahan K. 2015. Health benefits and application of prebiotics in foods. *Journal of Food Processing and Technology*, 6(4), 1000433.

Zentek J., Fricke S., Hewicker-Trautwein M., Ehinger B., Amtsberg G., Baums C. 2004. Dietary protein source and manufacturing processes affect macronutrient digestibility, fecal consistency, and presence of fecal *clostridium perfringens* in adult dogs. *The Journal of Nutrition*. 134, 21585-21615.

Zuorro A. and Lavecchia R. 2012. Spent coffee grounds as a valuable source of phenolic compounds and bioenergy, *Journal of Cleaner Production*. 1-8.