



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA E INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS

TESINA:

**UTILIZACIÓN DEL DESECHO ORGÁNICO DE CÁSCARA DE PLÁTANO
COMO ADITIVO DE ENRIQUECIMIENTO EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS**

**Que para obtener el grado de Especialista en Tecnología e Inocuidad de los
Alimentos presenta:**

Q.F.B. JEYNE MOSSO VAZQUEZ

DIRECTOR: D.C. ADDÍ RHODE NAVARRO CRUZ

CODIRECTOR: M.E.C. OBDULIA VERA LÓPEZ



ENERO 2022

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
4.1. Generalidades	5
4.2. El plátano y su industrialización	6
4.3. Aprovechamiento de los desechos agroindustriales	7
4.4. Impacto ambiental de residuos orgánicos: plátano	8
4.5. Uso de la cáscara de plátano	10
4.6. Beneficios alimenticios y de salud de la cáscara de plátano	11
4.7. La cáscara de plátano como fuente de antioxidantes y fitoquímicos	12
4.8. Implementación de la cáscara de plátano en alimentos	13
4.9. Composición de la cáscara de plátano	14
5. DIAGRAMA DE TRABAJO	15
6. MATERIAL Y MÉTODOS	16
7. METODOLOGÍA	18
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	20
9. CONCLUSIONES	32
10. SUGERENCIAS	33
11. BIBLIOGRAFÍA	34
12. ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición fisicoquímica de harina de plátano verde con cáscara (g/100g)	9
Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la harina de banano verde con cáscara	10
Tabla 3. Composición química de cáscara de plátano (<i>Musa sapientum</i>)	14
Tabla 4. Equipo	16
Tabla 5. Análisis Fisicoquímico	16
Tabla 6. Evaluación sensorial	17
Tabla 7. Análisis Microbiológico	17
Tabla 8. Composición proximal de las harinas de cáscara de plátano (valor promedio)	21
Tabla 9. Análisis microbiológico de la harina de cáscara de plátano	21
Tabla 10. Primera formulación desarrollada para galletas con y sin adición de harina de cáscara de plátano	22
Tabla 11. Segunda formulación desarrollada para galletas con y sin adición de harina de cáscara de plátano	23
Tabla 12. Evaluación sensorial de galletas con y sin cáscara de plátano (promedio de las evaluaciones)	24
Tabla 13. Composición proximal de las galletas con cáscara de plátano	25
Tabla 14. Análisis microbiológico de la galleta con cáscara de plátano	26
Tabla 15. Comparativo de formulaciones seleccionadas para la elaboración de pan	27
Tabla 16. Formulaciones de la pasta para sopa; tradicional, con 5% y 10% de harina de cáscara de plátano, respectivamente	28

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Esquema del diagrama de trabajo	15
Figura 2. Harina de cáscara de plátano obtenida de la materia prima	20
Figura 3. Crecimiento de BMA, BCT, mohos y levaduras en la muestra de harina de cáscara de plátano	22
Figura 4. Galletas elaboradas con harina de cáscara de plátano y sin la misma; parte superior e inferior, respectivamente	24
Figura 5. Comparación entre los panes elaborados con y sin harina de cáscara de plátano	27
Figura 6. Pastas elaboradas en forma tradicional y adicionada con harina de cáscara de plátano	29
Figura 7. Presentaciones de las pastas elaboradas con adición de cáscara de plátano y la de forma tradicional	30

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación de los establecimientos de recolección de cáscaras de plátano	41
Anexo 2. Obtención de la materia prima	45
Anexo 3. Procesamiento de la materia prima	46
Anexo 4. Enriquecimiento con harina de cáscara de plátano en galletas	52
Anexo 5. Elaboración de pan enriquecido con harina de cáscara de plátano	59
Anexo 6. Elaboración de pasta enriquecida con harina de cáscara de plátano	64
Anexo 7. Elaboración de una bebida (batido), enriquecida con harina de cáscara de plátano	76
Anexo 8. Análisis microbiológico	77

“Se han de preparar alimentos sanos, capaces de sostener la vida...”

*Elena G. de White
Consejos sobre la salud*

Dedicatoria:

A Dios, mi creador; mis respetables padres, mi amado esposo, insustituibles hermanos, mis queridos abuelos, atentos suegros, demás familia hermosa, amigos auténticos, a todos mis distinguidos profesores, a mi alma máter, mi universidad...BUAP; mi iglesia ASD y claro, a mis entrañables mascotas. Porque siempre han sido ellos, y solo ellos, en este maravilloso trayecto llamado...vida.

Un agradecimiento a mis asesores, Comisión revisora y docentes de la Especialidad en Tecnología e Inocuidad de los Alimentos.

Agradezco especialmente, a todos los que laboran con esmero y dedicación en el Restaurant “El Huasteco” por su valiosa colaboración en este proyecto desde el inicio.

En memoria de:

D.C. Fausto Tejeda Trujillo

y

M.C. Oscar Pérez Toriz.

Grandes seres humanos y docentes.

1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de los recursos naturales en el mundo es dispar y no siempre es beneficioso; los alimentos son un claro ejemplo de dicha tendencia. En el despilfarro de alimentos que involucra la pérdida y desperdicio de alimentos; lo que intersecta con dicho marco, son los desechos orgánicos, las cáscaras de frutas y vegetales que a su vez también terminan pese a que hayan sido consumidas en el mejor de los casos, como basura orgánica. No siendo posteriormente aprovechada en ninguna forma (como fuente alterna sostenible o residuos beneficiosos, entre otros) en la gran mayoría de los casos a nivel mundial; constituyendo una importante fuente de contaminación, no aprovechamiento de recursos óptimamente para la producción de alimentos y gasto ineficiente.

Ningún país es capaz de no desperdiciar alimentos, todos lo hacen en proporciones similares. Sin embargo, dependiendo de los ingresos de cada país, la pérdida y el desperdicio de alimentos se produce en unos puntos de la cadena alimentaria o en otros (El País, 2018). Las tasas más altas de desperdicio se concentran en los grupos de frutas y hortalizas y raíces y tubérculos. Entre un 40 y un 50 % para los cultivos de raíces, frutas y hortalizas (FAO, 2018). Los países de América Latina y el Caribe están avanzando en la prevención, reducción de las pérdidas y desperdicios de alimentos en el marco de los objetivos de desarrollo del milenio y hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En concordancia con el Plan de Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre, de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC) hacia el 2025, y con la meta global aprobada en la Agenda 2030 de Desarrollo Sostenible, la región ha asumido el compromiso de reducir a la mitad las pérdidas y desperdicios de alimentos per cápita en 2025 (Eguillor, 2017).

En el país, la Central de Abasto de la Ciudad de México produce al día cerca de 1300 toneladas de desechos, de los cuales, 80% son orgánicos. Frutas, verduras y hortalizas es lo que más se desperdician, cuando los productos no se pueden almacenar a causa de la falta

de espacio o de los costos, los comerciantes lo regalan o lo llevan a los tiraderos para que otros puedan aprovecharla (Delgado, 2015).

Así como la Central de Abasto de la Ciudad de México, en muchos mercados, tianguis, recauderías y centros comerciales se originan muchos residuos orgánicos. La generación de basura orgánica producida por frutas y verduras es un problema global y de impacto ambiental; pero si en lugar de considerarla basura se le da un uso benéfico y con la ayuda de la tecnología en alimentos se implementa un proyecto de aprovechamiento, sería un impacto positivo y de desarrollo sustentable.

Un desecho orgánico muy común es la cáscara del plátano; dotada de múltiples beneficios y valor nutricional, mismo que podría ser utilizado mediante su procesamiento tecnológico para utilizarse como aditivo en el enriquecimiento de productos alimenticios.

2. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial es un problema inminente y palpable el efecto de la contaminación en general, de ahí que se debe hacer lo posible por valorar el costo – beneficio de cada actividad realizada, ya que a mediano, largo o corto plazo se aprecian los efectos de no hacer un esfuerzo por combatir las consecuencias negativas que impactan el entorno y la sociedad misma por efectos de la contaminación, que aunque es multifactorial hay un tipo en específico no muy tomada en cuenta, pero que es de gran impacto: la contaminación generada por desechos orgánicos de frutas y verduras, que de acuerdo a cifras reportadas entran en el grupo de los alimentos con más índices de desperdicio. Por lo que se puede dar un mejor destino final a estos residuos orgánicos, contribuyendo a la generación de un impacto positivo en contraposición de uno negativo.

Los alimentos en su cadena de producción hasta su destino final implican un gran esfuerzo, coste de recursos físicos, ambientales y monetarios. Por eso mismo es preponderante obtener el máximo o el mejor beneficio posible de los mismos. Aplicar una política de cero desperdicios sería lo ideal para el medio ambiente y el bolsillo del consumidor, intermediarios y productores.

De esta manera se propone un enfoque de tipo sustentable y benéficamente nutricional con el uso de un desecho orgánico muy común en cualquier hogar y centro de expendido de recaudo como lo es la cáscara del plátano; de amplias propiedades y aportes nutricionales benéficos reportados en la literatura. Es por esto que se desea implementar el uso de la cáscara de plátano como un aditivo alimentario de enriquecimiento.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la incorporación de harina de cáscara de plátano obtenida para el enriquecimiento de productos alimenticios de consumo humano (galletas, pan, pasta y batido), determinando la viabilidad de la misma mediante características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Elaborar una harina de cáscara de plátano, previa recolección, desinfección, secado y pulverización de la cáscara en cuestión.
- Determinar la composición proximal de la harina obtenida de la cáscara de plátano y algunas características fisicoquímicas.
- Realizar el análisis microbiológico a la harina de cáscara de plátano para evaluar la inocuidad y viabilidad en su incorporación a los productos alimenticios enriquecidos.
- Determinar el mejor producto alimenticio para la incorporación de la harina; evaluando su aceptación sensorial, composición proximal e inocuidad.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4. 1. Generalidades

La industria agrícola y todas las industrias de transformación que se derivan de ella generan grandes cantidades de residuos agroindustriales. Estos se pueden definir como todos aquellos materiales que se generan a partir de un proceso agrícola, su procesamiento o su comercialización. Los residuos agroindustriales se caracterizan por no ser de interés en el proceso que los originó, pero pueden utilizarse o transformarse para obtener un producto con valor económico, de interés comercial y/o social (Saval, 2012). Las tecnologías actuales deben ser capaces de recuperar, reciclar y dar sustentabilidad a la obtención de ingredientes de alto valor agregado, como aditivos funcionales en diferentes productos, por ejemplo (Galanakis, 2012); los cuales se pueden utilizar en la industria alimenticia o farmacéutica (Casas y Sandoval, 2014).

En México se producen anualmente cerca de 76 millones de toneladas de residuos orgánicos de frutas (limón, peras, manzanas, papaya, piña, plátano, naranja) y vegetales (maíz, caña de azúcar, frijol, col, zanahoria, tomate, lechuga, papa). Estos residuos, provenientes de la industria de alimentos, así como del sector agroindustrial y doméstico, entre otros (González-Sánchez, et al., 2015) presentan un problema ambiental, por lo que se ha sugerido que podrían ser aprovechados y a su vez éstos presentarían un potencial de valorización en la industria como aditivos en los procesos de producción incluso en el desarrollo e innovación de nuevos productos (Martínez-Fernández de Lara, et al., 2017).

En lo que respecta a nivel nacional, se observa que la agricultura es una actividad primordial para México representando una importante derrama económica para el país. Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGARPA), existen alrededor de 200 productos agrícolas cultivados en México, entre los productos cultivados se encuentran el maíz, trigo, sorgo, frijol, arroz, caña de azúcar, jitomate, frutas y hortalizas, los cuales son cultivados generalmente para el consumo humano y animal (SAGARPA-SIACON, 2013).

México produce muchos productos agrícolas (aproximadamente 200) y solamente unos cuantos son producidos mayoritariamente (aproximadamente 60) por lo cual, los datos estadísticos de los subproductos, producidos en menor escala no han sido recolectados y agrupados; sin embargo, vale la pena mencionar algunos cultivos de importancia económica tales como tomate verde y rojo, perejil, cilantro, chile, lechuga, jícama, espinacas, acelgas, hongos, coliflor, col, melón, naranja, tejocote, piña, pitahaya, uvas, manzanas, zanahoria, zarzamora, etc., que generan grandes volúmenes de biomasa y materia orgánica.

Muchas veces la falta de aprovechamiento de los residuos y subproductos agrícolas se debe a que no existe una recolección, almacenamiento y transporte adecuado de los mismos, por lo cual, su destino final se resume en su abandono a campo abierto, su quema indiscriminada y su vertido en mantos acuíferos. La quema de leñas y forrajes también es una práctica frecuente en México, donde las poblaciones obtienen calor y energía para cocinar alimentos (Manning y Taylor, 2014); y las cenizas son incorporadas a los suelos, logrando con esto, el incremento de materia orgánica en los campos y la reducción de uso de algunos fertilizantes; no obstante, las toneladas de partículas que se emiten a la atmósfera por la quema de los desechos representan un problema ambiental y de Salud Pública (Santacruz, et al., 2016).

4.2. El plátano y su industrialización

El plátano se cultiva en todas las regiones tropicales y tiene una importancia fundamental para las economías de muchos países en desarrollo. En términos de valor bruto de producción, el plátano es el cuarto cultivo alimentario más importante del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. El plátano es un alimento básico y un producto de exportación. Como alimento básico, los plátanos y otros tipos de plátanos de cocción, contribuyen a la seguridad alimentaria de millones de personas en gran parte del mundo en desarrollo y, dada su comercialización en mercados locales, proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales. Como producto de exportación, el plátano contribuye de forma decisiva a las economías de muchos países de bajos ingresos y con déficit de alimentos,

entre los que figuran Ecuador, Honduras, Guatemala, Camerún, Costa de Marfil y Filipinas. Es la fruta fresca más exportada del mundo en cuanto a volumen y valor (Arias, et al., 2004).

El principal subproducto del proceso industrial del plátano, es la cáscara la cual representa aproximadamente el 30% del peso del fruto; las aplicaciones potenciales para la cáscara de plátano dependen de su composición química. La cáscara de plátano es rica en fibra dietética, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados y potasio; entre los esfuerzos para utilizar la cáscara se han obtenido proteínas, metanol, etanol, pectinas y enzimas. Entre otros usos se ha obtenido carbón vegetal, una fuente de combustible alternativa para cocinar. Kudan en 1962 reportó que la cáscara en conjunto con otras sustancias crea un ungüento para reducir los dolores causados por la artritis, además se considera que la cáscara de plátano puede ser una fuente potencial de sustancias antioxidantes y antimicrobianas, así como compuestos fitoquímicos con actividad contra radicales libres (Blasco y Gómez, 2014).

4.3. Aprovechamiento de los desechos agroindustriales

Existen básicamente tres grupos de tecnologías para la recuperación de recursos: la valorización biológica y química, la obtención de combustibles (derivados de desechos) y la valorización térmica (Abraham, et al., 2007; Vijayaraghavan, et al., 2007; Tsai, 2008).

Valorización biológica y química. Este tipo de tecnología permite efectuar la disposición final de los residuos orgánicos para obtener gases, líquidos o sólidos que pueden ser comercializables. Entre los procesos biológicos más comunes y más usados por las industrias se encuentran el compostaje y la lombricultura (Mejía, et al., 2007).

Obtención de combustibles. El biogás es el producto gaseoso que se obtiene de la descomposición de la materia orgánica mediante acción bacteriana o de su combustión en condiciones anaeróbicas y por esto es considerado como un subproducto del compostaje y de la pirolisis. El biogás está compuesto principalmente por metano (50-60 %), dióxido de carbono (35-45 %) y trazas de hidrógeno y nitrógeno (Thomas, 2003). Es incoloro, inodoro e insípido, por lo que es difícil detectarlo. Se usa para la producción de la energía eléctrica, térmica y como biocarburante (Abraham, et al., 2007).

Valorización térmica. Desde el punto de vista físico y químico, los procesos de conversión energéticos se basan en la degradación de las moléculas orgánicas por la acción del calor (Elias, 2003). Las tecnologías que procesan térmicamente los residuos buscan la reducción de su volumen y la recuperación de energía a partir de los gases, líquidos y sólidos que se generan. Estos procesos térmicos pueden clasificarse según los requerimientos de oxígeno. Los que requieren de oxígeno se conocen como calderas o incineradores. Los que no, se conocen como pirolisis y termólisis (Castaño y Londoño, 2002).

4.4. Impacto ambiental de residuos orgánicos: plátano

La mayoría de los plátanos comestibles se cultivan principalmente por sus frutos, por lo que las plantaciones de plátanos podrían generar varias toneladas de subproductos y desechos subutilizados. Por lo tanto, sin la práctica adecuada de gestión de residuos agrícolas, se perderá una gran cantidad de productos valiosos sin explotar y causará graves daños ecológicos (Padam, et al., 2014).

Cuando no es posible la reutilización, debe intentarse el reciclaje y la recuperación: el reciclaje de subproductos, la digestión anaeróbica, el compostaje y la incineración con recuperación de energía, y nutrientes de los residuos de alimentos, lo que representa una ventaja significativa sobre el tirarlos en los vertederos. Los alimentos no consumidos que terminan pudriéndose en los vertederos son un gran productor de metano, gas de efecto invernadero especialmente perjudicial (FAO, 2013).

El potencial biológico de metano – BMP, por sus siglas en inglés – por parte de los residuos hortofrutícolas puede ser medido por ensayos de biodegradabilidad anaerobia, el cual se efectúa en lote en condiciones ideales de sustrato, inóculo y elementos nutricionales trazas. El resultado del BMP del plátano [255 ml CH₄ / g DQO Total (Demanda Química de Oxígeno) después del día 56 de fermentación] aunque a diferencia de otros residuos hortofrutícolas, es menor, también contribuye como un contaminante ambiental (Zárate- Jiménez, et al., 2014).

En la actualidad, uno de los subproductos de mayor valor nutricional obtenidos a partir del plátano verde con cáscara, que es rechazado para exportación, es su harina, la cual puede ser empleada para el desarrollo de harinas compuestas.

La mezcla de una harina con alto contenido en micronutrientes es una de las alternativas para la oferta de un alimento funcional de gran aceptación en la comunidad (Gil, et al., 2011).

En los últimos años, el plátano verde ha despertado interés del mercado consumidor, pues, además del aspecto nutricional, se destaca la presencia de compuestos funcionales, en especial el almidón resistente. Sin embargo, su astringencia limita su consumo y su comercialización en forma de harinas es la principal forma de consumo y utilización, como ingrediente funcional (Silva, et al., 2015).

La harina de plátano verde –Green banana flour (GBF); por sus siglas en inglés– ha sido utilizada como ingrediente funcional en la elaboración de diferentes productos alimenticios, como pan, galletas, premezcla de pastel, *snacks*, *nuggets* y, sobre todo, en la elaboración de pastas alimenticias. En las Tablas 1 y 2, se muestran la composición y propiedades fisicoquímicas determinadas para la harina de plátano verde con cáscara.

Tabla 1. Composición fisicoquímica de harina de plátano verde con cáscara (g/100g)

Calorías (kcal/g) 359,99	Carbohidratos totales (g) 81,75
Proteína (%) 4,00	Humedad (%) 7,46
Grasa total (%) 0,79	Fibra dietaria total (%) 18,67
Fibra cruda (%) 2,35	Sodio (mg) 78,00
Ácido fólico (mg) 157,52	Vitamina A (UI) 32,01
Vitamina B1 (mg) 1,06	Vitamina B2 (mg) 0,73
Vitamina B3 (mg) 2,71	Vitamina C (mg) 1,81
Potasio (g) 1,82	Calcio (mg) 461,00
Zinc (mg) 117,00	Fósforo (mg) 430,00
Magnesio (mg) 91,00	Nitrógeno (mg) 63,00
Cobre, expresado como Cu mg/100g 0,31	Hierro mg/100g 2,27

Fuente: Gil, et al. (2011), modificado, citando a Arroyave Bejarano, R. y Rocha, L. A. (2009).

Tabla 2. Propiedades fisicoquímicas de la harina de banano verde con cáscara

Propiedad	Valor
Humedad, %	9,02 ± 0,02
Cenizas, %	4,64
Proteína%	5,15
Nitrógeno %	0,82
Grasa %	1,99
Carbohidratos% (por diferencia de componentes)	79,2
Calorías kcal/100g (a partir de grasa, proteína, carbohidratos)	355,31
Cloruros (expresados como NaCl) %	0,71
Fibra dietaria total %	14,94
Fibra dietaria soluble %	2,47
Fibra dietaria insoluble % (a partir de fibra soluble y fibra total)	12,47

Fuente: Gil, et al. (2011).

En general, el empleo de GBF en productos alimenticios promueve la mejora de sus propiedades funcionales, debido al aumento del contenido de almidón resistente, compuestos fenólicos y de la actividad antioxidante, además de presentar un potencial como fuente de fitoesteroles. La GBF también reduce el contenido y el porcentaje de hidrólisis del almidón digerible y, consecuentemente, del índice glucémico de los productos, que presentaron potencial para componer la dieta, principalmente de individuos diabéticos y obesos. La GBF puede ser ampliamente utilizada tanto por la industria de alimentos (panes, galletas, macarrones, etc.), como ingrediente en la elaboración de platillos preparados y en la elaboración de productos cárnicos (Silva, et al., 2015).

4.5. Uso de la cáscara de plátano

La extracción asistida por homogeneizador (HAE) se puede emplear en la extracción segura, rápida y de bajo impacto ambiental de compuestos antioxidantes a partir de material vegetal. El extracto de cáscara de plátano obtenido en condiciones óptimas presenta un alto potencial, por ejemplo, se puede aplicar como conservantes en alimentos y bebidas, además de otros usos en las industrias farmacéutica y cosmética. La cáscara de plátano es un material vegetal barato y disponible durante todo el año; por lo tanto, es una excelente materia prima para la extracción de compuestos naturales. El uso de cáscara de plátano

para obtener extractos antioxidantes es una alternativa práctica para aumentar el valor de este subproducto. Las cáscaras de plátano se pueden considerar como una fuente renovable y de bajo costo de compuestos antioxidantes (Pereira, et al., 2017).

La pulpa y la cáscara del plátano se pueden usar como fuentes naturales de antioxidantes y provitamina A, debido a su contenido en carotenoides, compuestos fenólicos y aminos, por ejemplo. Para el desarrollo de una fitomedicina o incluso de un medicamento alopático, por ejemplo, la pulpa y la cáscara de la fruta de plátano podrían ser interesantes como materia prima rica en compuestos bioactivos beneficiosos (Pereira y Maraschin, 2015).

El plátano se usa ampliamente debido a sus valores nutricionales. En el pasado, hay estudios que muestran partes de la planta de plátano, y sus frutos que se pueden usar para tratar enfermedades humanas. La cáscara del plátano es una parte de la fruta del plátano que también tiene actividad antibacteriana contra los microorganismos, pero no se ha estudiado de forma exhaustiva. Los resultados del experimento *in vitro* para la detección de la actividad antimicrobiana de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca L.*) sugieren que la cáscara de plátano tiene actividad antibacteriana contra *Porphyromonas gingivalis* y *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* (Kapadia, et al., 2015).

4.6. Beneficios alimenticios y de salud de la cáscara de plátano

En la materia orgánica se mide el valor nutricional (lípidos, proteínas y carbohidratos) de un material vegetal; el alto valor, indica que las cáscaras de plátano son buenas fuentes de nutrientes (Anhwange, et al., 2009).

La cáscara de plátano sirve como un almacén natural de varios fitoquímicos beneficiosos para la salud y existen diferencias significativas en la composición fitoquímica, las propiedades antioxidantes. Es altamente recomendable incluir una combinación adecuada de cáscara de fruta en los productos alimenticios, cuyos fitoquímicos actúan de forma sinérgica para reducir el riesgo de enfermedades degenerativas como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer, etc. (Velumani, 2016).

Las cáscaras de plátano y las hojas contienen una serie de compuestos que proporcionan sus efectos curativos. Uno de los más destacados es la leucocianidina. También contienen compuestos fenólicos, aminos biogénicos, carotenoides, timidina y L-dopa. Las cáscaras de plátano también son ricas en zinc, cobre, potasio, hierro, calcio y fósforo, así como una serie de otros antioxidantes.

Además, parece que tanto las cáscaras de plátano maduras como las no maduras producen efectos similares. Es el interior de la cáscara de plátano que proporciona importantes beneficios de curación de heridas. Pero los polvos y extractos de toda la cáscara, así como las hojas, el tronco e incluso las raíces, también contienen compuestos curativos (Adams, 2017).

La cáscara de plátano es conocida por su uso local y tradicional para promover la curación de heridas principalmente de quemaduras y para ayudar a superar o prevenir un número importante de enfermedades, como la depresión.

La composición química de la cáscara y la pulpa del plátano comprende principalmente carotenoides, compuestos fenólicos y aminos biogénicos. El potencial biológico de esas biomásas está directamente relacionado con su composición química, particularmente como suplementos de provitamina A, como antioxidantes potenciales atribuidos a sus componentes fenólicos, así como en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson considerando su contenido en L -dopa y dopamina (Pereira y Maraschin, 2015).

Musa paradisiaca L. (Musaceae) se ha utilizado en muchas culturas para la prevención y el tratamiento de una gran cantidad de trastornos de la salud como inflamación, diabetes, diarrea, placa dental, etc. La popularidad del plátano está aumentando debido a su alto valor nutricional y farmacéutico. El plátano es único porque cada una de sus partes (fruta, pulpa, cáscara, semilla, hojas, flores y la corteza) son utilizables (Anjum, et al., 2014).

4.7. La cáscara de plátano como fuente de antioxidantes y fitoquímicos

Una investigación encontró el potencial antioxidante y el contenido fitoquímico de la cáscara de plátano de nueve variedades locales en la India (Kadali, Karpooravalli, Monthan,

Nendran, Poovan, Pachainadan, Rasthali, Robusta y Sevvazhai); es decir, especies de *Musa sapientum* (Baskar, et al., 2011).

La actividad antioxidante del extracto de cáscara de plátano, contra la autooxidación de lípidos, fue más fuerte que la del extracto de pulpa de plátano (Someya, et al., 2002).

La corteza de plátano es una fuente de compuestos antioxidantes tales como compuestos fenólicos. Estos compuestos tienen propiedades anticancerígenas, anti-envejecimiento y anti-inflamatorias, y por ello su importancia en la salud humana. En un estudio en Santo Domingo de Los Colorados, Ecuador, se determinó cuantitativamente el contenido de compuestos fenólicos y taninos en la corteza de *Musa cavendish*, *Musa acuminata* y *Musa cavandanaish* durante el proceso de maduración de la fruta. Se encontró que el proceso de maduración lleva a una reducción de compuestos fenólicos (GAE) y taninos (TAE). Las tres variedades de plátano son una buena fuente de compuestos fenólicos y taninos en las primeras etapas de la madurez organoléptica (Santacruz y Espinosa, 2017).

4.8. Implementación de la cáscara de plátano en alimentos

En un estudio realizado con estudiantes de la Facultad de Educación en Najran, Reino de Arabia Saudita; se realizó la evaluación de productos nutricionales fortificados con cáscaras de plátano secadas al sol en el estado de ánimo de los estudiantes; y de acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda el uso de cáscaras de plátano secas en productos de panadería para mejorar el estado de ánimo; debido a que es rico en minerales, antioxidantes, fenólicos y triptófano que se convierte en serotonina (Gouda, 2017).

Las cáscaras de plátano son importantes en la protección de enfermedades crónicas como la hipertensión arterial, la anemia y la depresión; contiene vitaminas C, E, B6, minerales y fenoles que actúan como antioxidantes (Debabandya, et al., 2010).

La adición de celulosa de cáscara de plátano –Banana Skin Cellulose (BSC); por sus siglas en inglés– extraída de cáscaras de plátano al pastel de mantequilla aumentó el contenido de fibra y mejoró la calidad del pastel. Las cáscaras de plátano son un producto de desecho de la industria del plátano que ha causado un problema ambiental. La conversión de cáscaras

de plátano a un ingrediente alimentario podría ser una forma alternativa de agregar valor a este desperdicio (Sodchit, et al., 2013).

4.9. Composición de la cáscara de plátano

Los valores nutricionales de la cáscara de plátano específicamente *Musa paradisiaca* de la variedad *Bhusawal keli* se determinaron en diferentes etapas de la maduración y también sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Por su importante valor nutricional y terapéutico; por lo tanto, puede ser posible producir alimentos funcionales a partir de él. Además, es una buena fuente de ciertas enzimas bioactivas que actúan contra el envejecimiento y se utilizan para la detección de cristales de oxalato en muestras de alimentos y para la destrucción de cálculos renales (Anjum, et al., 2014). En la Tabla 3, se puede apreciar la composición proximal y algunos oligoelementos presentes en la cáscara de plátano; sin embargo, es importante aclarar que la composición encontrada en la bibliografía es muy variable y depende sobre todo de la variedad estudiada.

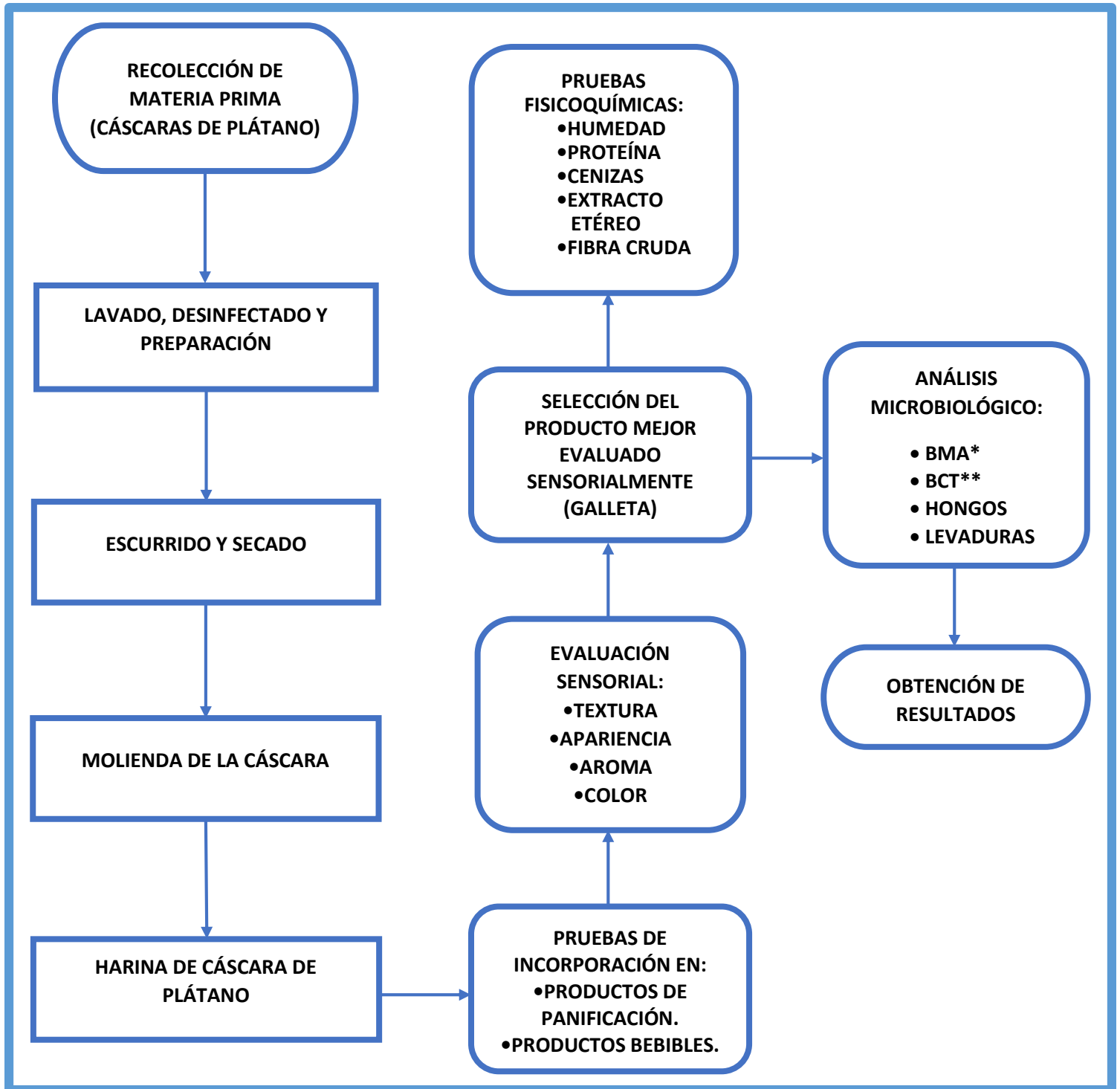
Tabla 3. Composición química de cáscara de plátano (*Musa sapientum*)

Humedad (g/100g)	50.5±2.7	Materia seca (g/100g)	49.5
Cenizas (g/100g)	8.8±0.54	Potasio (mg/g)	78.10±6.58
Proteína (g/100g)	5.3±0.02	Calcio (mg/g)	19.20±0.00
Fibra cruda (g/100g)	19.02±0.54	Hierro (mg/g)	0.61±0.22
Carbohidratos (g/100g)	14.6	Fitatos (mg/g)	0.28±0.06
Extracto lipídico (g/100g)	1.70±0.10	Oxalatos (mg/g)	0.51±0.14

Fuente: Adaptado de Anhwange, et al. (2009) y Hassan y Peh (2018).

5. DIAGRAMA DE TRABAJO

Figura 1. Esquema del diagrama de trabajo



Nota: Bacterias Mesofílicas Aerobias (BMA)* y Bacterias Coliformes Totales (BCT)**.

Fuente: Diseño del estudio, de elaboración propia.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

Materia prima: Cáscaras de plátano, obtenidas en cuatro establecimientos; dos dentro de Ciudad Universitaria (CU) de la BUAP y los otros dos establecimientos: un Restaurant y una Lonchería en la Ciudad de Puebla, Puebla.

Material de vidrio: El necesario para cada determinación.

Reactivos de grado analítico: Los necesarios para cada determinación.

Tabla 4. Equipo

Equipo	Marca
Báscula comercial	Torrey PCR-20
Balanza analítica	Ohaus E01140 Explorer
Parrilla	Coriat PCV-6 Máster
Horno	Felisa S/N
Mufla	Lindberg ISB 51848
Kjeldahl	Labconco KC24800
Termobalanza	Ohaus MB45
Deshidratador	Excalibur Mod. 3500 BLA
Molino Wiley	General Electric, mod. 5MB 600B-0

Fuente: Diseño del estudio, de elaboración propia.

Tabla 5. Análisis Físicoquímico

Determinación	Método	Referencia
Humedad	Termobalanza	NOM 116-SSA-1-1994
Proteína	Kjeldahl	NMX-F-608-NORMEX-2011
Cenizas	Calcinación	NMX-F-607-NORMEX-2013
Extracto Etéreo	Soxhlet	NMX-F-615-NORMEX-2004
Fibra Cruda	Digestión ácida y alcalina	NMX-F-613-NORMEX-2003
ELN	Por cálculo	

Fuente: Diseño del estudio, de elaboración propia.

Tabla 6. Evaluación sensorial

Determinación	Método	Referencia
Análisis sensorial	Escala hedónica	Anzaldúa-Morales, 1994

Fuente: Diseño del estudio, de elaboración propia.

Tabla 7. Análisis Microbiológico

Determinación	Método	Referencia
Bacterias Mesofílicas Aerobias (BMA)	Vertido en Placa	NOM-092-SSA1-1994
Bacterias Coliformes Totales (BCT)	Vertido en Placa	NOM-113-SSA1-1994
Mohos (Hongos)	Vertido en Placa	NOM-111-SSA1-1994
Levaduras	Vertido en Placa	NOM-111-SSA1-1994

Fuente: Diseño del estudio, de elaboración propia.

7. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo se determinó utilizar el tipo o variedad de plátano conocido como Tabasco, para el desarrollo de la parte práctica, debido a su mayor disponibilidad, en contraparte a otras variedades de plátano. Las cáscaras generadas del plátano Tabasco fueron recolectadas dentro de Ciudad Universitaria de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, en la franquicia “Restaurantes 100% natural” y la Cafetería de la Facultad de Computación; así como en el Restaurant “El Huasteco” y la Lonchería “Charly”, ambos cercanos a CU en la Ciudad de Puebla, Puebla (*ver Anexo 1*).

La materia prima recolectada (cáscaras de plátano), fueron sometidas a un lavado a chorro de agua para retirar residuos contaminantes y el exceso de “suciedad”. Posteriormente, fueron colocadas en un contenedor con agua para su desinfección, utilizando desinfectantes comerciales y siguiendo las especificaciones señaladas por el fabricante, al doble de la concentración por tratarse de un subproducto, con un tiempo de contacto de 30 minutos (*ver Anexos 2 y 3 del inciso A al E*). Una vez limpios, los residuos se secaron en un deshidratador Excalibur de 5 bandejas (Mod. 3500 BLA) por 24 horas a 63°C (*ver Anexo 3 del inciso F al I*). Posteriormente se pasaron por un molino Wiley (General Electric, mod. 5MB 600B-0) con malla 20 para obtener la harina (*ver Anexo 3 del inciso J al M*).

Se procedió a evaluar la incorporación de la harina de cáscara de plátano en productos de panificación (galletas y pan) (*ver Anexos 4 y 5*), pasta para sopa y bebibles como batidos (*ver Anexos 6 y 7*).

A los diferentes productos desarrollados se les realizaron pruebas sensoriales preliminares y posteriormente (*ver Anexo 4 inciso B y C; Anexo 6 inciso W*), una vez mejoradas las formulaciones, se procedió a evaluar aquella de mayor aceptación.

A la harina obtenida de cáscara de plátano y al producto de mayor aceptación: la galleta, se le realizaron los análisis microbiológicos correspondientes (*ver Anexo 8*) y los análisis fisicoquímicos: humedad, proteína, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos por

diferencia. Todas las pruebas se realizaron por triplicado y se trabajó con el promedio de los valores obtenidos.

Finalmente, de acuerdo a los resultados obtenidos, se procedió a emitir algunas sugerencias y/o recomendaciones.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a lo explicado en la metodología, se obtuvo una harina de color café oscuro, de gránulo pequeño, aunque no muy uniforme a pesar del tamizado a través de malla 20 (0.85 mm), tal como se puede apreciar en la Figura 2.

Figura 2. Harina de cáscara de plátano obtenida de la materia prima



Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

A la harina obtenida se procedió a realizarle un análisis proximal, en la Tabla 8, se observa la composición determinada, para la mezcla de lotes de harina de cáscaras de plátano obtenidas.

De igual manera, en la Tabla 8, se puede observar que el mayor aporte se encuentra en la fibra cruda, las cenizas (reflejo de los minerales) y el extracto lipídico; la composición determinada en su contenido proteico, es muy similar pero mayor a lo reportado por Hassan y Peh (2018) (5.3 ± 0.02), al igual que por Gil, et al. (2011) (5.15), (ver Tablas 2 y 3). En cuanto al contenido lipídico, la harina obtenida tuvo un contenido bastante superior, sucediendo lo mismo con el contenido de cenizas; sin embargo, deberá recordarse que la composición de las harinas de cáscara de plátano, dependen sobre todo de la variedad de plátano con la que se trabaje y también del estado de maduración del mismo.

Tabla 8. Composición proximal de las harinas de cáscara de plátano (valor promedio)*

Materia seca	96.44%
Humedad	3.56%
Cenizas	11.86%
Proteína (N X 6.25)	6.41%
Extracto etéreo	10.22%
Fibra cruda	14.38%
Extracto libre de Nitrógeno (Cálculo)	57.13%

Nota: *Los resultados se expresan en base húmeda.

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Por otra parte, si bien no fueron determinadas las propiedades funcionales, sí fue posible observar que la solubilidad de la harina era escasa, por lo que, con base a algunas pruebas preliminares en batidos, se procedió a descartar su empleo en presentaciones bebibles tal como se había propuesto inicialmente, ya que la harina rápidamente se depositaba en el fondo, lo que le confería un aspecto no agradable visualmente (*ver Anexo 7*).

Así mismo, se realizó el análisis microbiológico a la harina obtenida, en el cual se determinaron Bacterias Mesofílicas Aerobias, Bacterias Coliformes Totales, Mohos y Levaduras, mostrando los resultados en la Tabla 9.

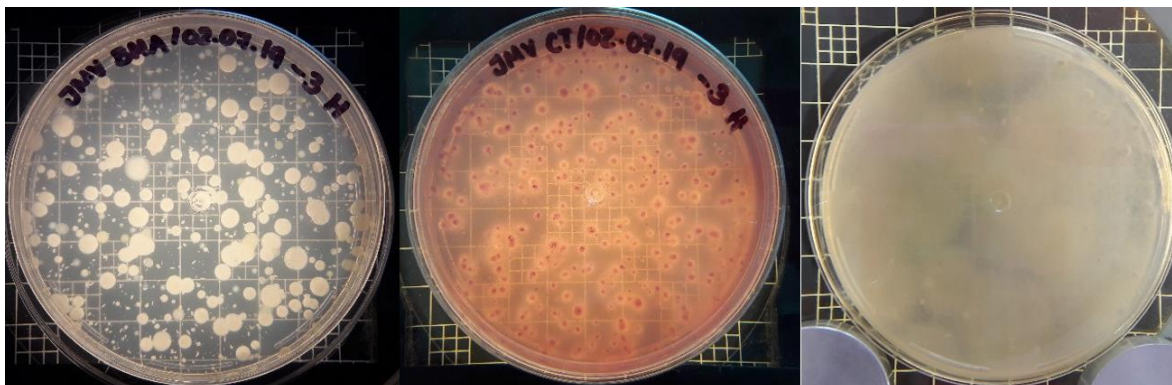
Tabla 9. Análisis microbiológico de la harina de cáscara de plátano

Determinación	Harina de cáscara de plátano
Bacterias Mesofílicas Aerobias (BMA)	81 000 000 UFC/g
Bacterias Coliformes Totales (BCT)	41 000 000 UFC/g
Mohos (Hongos)	1 700 UFC/g
Levaduras	5 600 UFC/g

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

En la Figura 3, se muestran algunas de las placas después de su periodo de incubación. Estos resultados reflejan que la muestra tuvo un crecimiento considerable de microorganismos, teniendo en cuenta que se deriva de un subproducto.

Figura 3. Crecimiento de BMA*, BCT**, mohos y levaduras en la muestra de harina de cáscara de plátano



Nota: Bacterias Mesofílicas Aerobias (BMA)* y Bacterias Coliformes Totales (BCT)**.

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Se plantearon tres productos a base de cereal –trigo– (galletas, pan y pasta), buscando elevar el contenido de fibra y proporcionar a la vez, el aporte de compuestos funcionales reportados en la bibliografía, que además de acuerdo a diversos autores, se conservan a pesar de los tratamientos sufridos para la obtención de la harina.

Se incorporó la harina a formulación de galletas, se muestra en la Tabla 10, la primera formulación desarrollada, correspondiente a galletas con y sin adición de harina de cáscara de plátano.

Tabla 10. Primera formulación desarrollada para galletas con y sin adición de harina de cáscara de plátano

Ingredientes	Galleta Original	Galleta con harina de cáscara de plátano
Harina de trigo	100 g	80 g
Harina de cáscara de plátano	-----	20 g
Azúcar	50 g	50 g
Aceite	25 g	25 g
Huevo	14 g	14 g
Leche	20 g	20 g
Polvo de hornear	0.5 g	0.5 g

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Inicialmente se intentó tener una adición de harina de cáscara de plátano del 20% con relación a la harina de trigo, pero las galletas elaboradas presentaron un color demasiado oscuro y un sabor ligeramente amargo, por lo que se procedió a una segunda formulación, la cual, se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Segunda formulación desarrollada para galletas con y sin adición de harina de cáscara de plátano

Ingredientes	Galleta original tradicional	Galleta implementando harina base cáscara de plátano
Harina de trigo	100 g	90 g
Harina de cáscara de plátano	--	15 g
Inulina	10 g	10 g
Azúcar	40 g	35 g
Aceite	25 g	25 g
Huevo	15 ml	15 ml
Leche	20 g	20 g
Polvo de hornear	0.5 g	0.5 g

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

En esta segunda formulación, se redujo la adición de harina de cáscara de plátano con respecto a la harina de trigo hasta tener un 15%, y con la finalidad de lograr adicionalmente un producto prebiótico, se adicionó un 5% de inulina a la formulación total como fuente de fibra soluble.

Para esta segunda formulación se realizaron dos tandas de horneado, la primera fue a 180°C por 30 minutos, y resultando, una incorporación de ingredientes no adecuada. Las galletas quedaron con una textura grumosa y con cierta dureza (*ver Anexo 4 incisos D al G*).

Posteriormente para la segunda tanda de horneado, se experimentó con una ligera variación de temperatura y tiempo menos prolongado que el anterior, esta vez a 170°C por 15 minutos, teniendo en cuenta incorporar adecuadamente los ingredientes: primero los sólidos, segundo los semisólidos y por último los líquidos. Las galletas quedaron

organolépticamente bien, por lo que se consideró mayormente aceptable esta presentación (ver Anexo 4, incisos H al L).

Este fue uno de los productos en lo que se notó más la adición de la cáscara de plátano, a primera vista los panelistas pensaban que se trataba de galletas de chocolate (ver Figura 4).

Figura 4. Galletas elaboradas con harina de cáscara de plátano y sin la misma; parte superior e inferior, respectivamente



Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Una vez obtenidas las galletas se procedió a realizar la evaluación sensorial mediante una escala hedónica de 5 puntos a panelistas no entrenados, los resultados se muestran a continuación en la Tabla 12.

Tabla 12. Evaluación sensorial de galletas con y sin cáscara de plátano (promedio de las evaluaciones)

	Apariencia	Sabor	Color	Olor	Textura
Galleta original	4.0	4.5	4.0	4.0	4.3
Galleta con harina de cáscara de plátano	4.1	4.4	4.1	4.0	4.3
P	0.90	0.89	0.95	1.0	0.99

Nota: Se consideraron diferencias significativas a $p < 0.05$

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Con base en estos resultados, se pudo observar que, a pesar de las diferencias notorias por ejemplo en el color, los panelistas siguen aceptando la galleta formulada con harina de cáscara de plátano, ya que pensaban que se trataba de galletas de chocolate, algunos de los comentarios sobre estas galletas fueron que tenía un gusto suave pero la mayoría de los panelistas no fueron capaces de identificar el sabor del plátano, siendo una minoría quienes sí lo hicieron. El olor fue otro de los parámetros en los que los panelistas observaron diferencias, sin embargo, a la hora de evaluar, les gustaba de la misma manera la galleta original como la galleta adicionada con la harina elaborada.

Una vez determinado que la adición de harina de cáscara de plátano a un nivel en la formulación total del 7%, no solo era aceptable, sino que hacía más apetecible la galleta para algunos panelistas, se procedió a realizar el análisis fisicoquímico de la galleta para poder determinar su aporte nutricional, mismo que se muestra a continuación en la Tabla 13.

Tabla 13. Composición proximal de las galletas con cáscara de plátano*

Componente	Galletas originales tradicionales	Galletas con harina de cáscara de plátano
Aporte energético (Kcal/100 g)	772	774
Proteína (N X 6.25)	12%	12%
Extracto etéreo	28%	30%
Fibra cruda	9%	17%
Carbohidratos	116%	114%

Nota: *Promedio de tres determinaciones, valores expresados en base húmeda.

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Como puede observarse, el aporte calórico es prácticamente el mismo, entre la galleta tradicional y la elaborada con la harina de cáscara de plátano; considerando el tamaño de la porción de 40 g correspondiente a 4 galletas de tamaño pequeño, el aporte por porción

para cada tipo de galleta sería de 308.8 Kcal y 309.6 Kcal, respectivamente, lo cual aparentemente no modifica los aportes en cada tipo de galleta. Revisando los demás macronutrientes resultan muy similares en ambos tipos de galletas, excepto el contenido de fibra, ya que en el caso de las galletas adicionadas con la harina de cáscara de plátano se está aportando un 189% más de fibra, comparado con lo que aporta la galleta tradicional, lo cual, les otorgaría a las galletas desarrolladas el beneficio que la fibra tiene en nuestro organismo.

Por otro lado, no debe dejarse de lado que aparte del mayor aporte de fibra, la cáscara de plátano también confiere antioxidantes de tipo polifenoles y provitamina A en forma de carotenos (Pereira y Maraschin, 2015).

En cuanto al análisis microbiológico realizado a las galletas enriquecidas con harina de cáscara de plátano, los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Análisis microbiológico de la galleta con cáscara de plátano

Determinación	Galleta con cáscara de plátano
Bacterias mesofílicas aerobias (BMA)	400 000 UFC/g
Bacterias coliformes totales (BCT)	100 UFC/g
Mohos (Hongos)	10 UFC/g
Levaduras	>10 UFC/g

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Mostrando así una diferencia notoria, en cuanto a las cifras del conteo inicial de microorganismos en la harina de cáscara de plátano sola, y la utilizada en la elaboración de galletas horneadas con la misma (*ver Anexo 8 incisos Ñ y P*).

El siguiente producto a desarrollar fue una formulación para pan adicionado con la harina de cáscara de plátano, se muestra en la tercera columna de la Tabla 15; comparada con una formulación de pan casero tradicional.

Tabla 15. Comparativo de formulaciones seleccionadas para la elaboración de pan

Ingrediente	Pan casero tradicional	Pan con residuos de harina de plátano
Harina de trigo	100 g	90 g
Harina de cáscara de plátano	-----	10 g
Levadura	1.2 g	1.2 g
Sal	2 g	2 g
Azúcar	3 g	3 g
Aceite	9 ml	9 ml
Agua	Csp*	Csp*

Nota: *Cantidad suficiente para

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Dentro de las características que fue posible observar, es que la masa era menos extensible en la formulación adicionada con harina de cáscara de plátano, por lo que se requirió mayor trabajo para desarrollar la masa, sin embargo, una vez horneados los productos, éstos presentaron una miga adecuada, tal como se puede apreciar en la Figura 5.

Figura 5. Comparación entre los panes elaborados con y sin harina de cáscara de plátano.



Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Se evaluaron características como la miga, la altura del pan, la suavidad y el tamaño de la miga. En lo que se refiere a estas características, no hubo diferencias en la evaluación en los panes con y sin adición de la harina de cáscara de plátano (*ver Anexo 5 incisos E al H*).

Sin embargo, cuando se realizó la evaluación sensorial, el sabor fue uno de los parámetros con menor calificación (2.3) por lo que este producto también fue descartado.

Finalmente se elaboraron tres formulaciones de pasta para sopa, la tradicional, al 5% y 10% de harina de cáscara de plátano de la concentración total de harina empleada en la formulación, se presentan a continuación en la Tabla 16.

Tabla 16. Formulaciones de la pasta para sopa; tradicional, con 5% y 10% de harina de cáscara de plátano, respectivamente

Ingrediente	Cantidad		
Harina de Trigo	100 g	90 g	90 g
Harina de cáscara de plátano	-----	5 g	10 g
Agua	Csp*	Csp*	Csp*

Nota: *Cantidad suficiente para.

Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

La principal dificultad para la elaboración de la pasta fue que absorbía muy poca agua, por lo cual, la masa era dura y difícil de pasar por la máquina de elaboración de pastas, se tuvo que realizar una gran cantidad de trabajo sobre la masa, hasta que esta quedó uniforme y relativamente suave. Otro detalle es que la harina de cáscara de plátano impartía un color grisáceo a la pasta que, a pesar de no ser posteriormente rechazada por los panelistas, les hacía pensar que se trataba de una pasta para sopa integral o con adición de tinta de pulpo o calamar (ver Figura 6).

Figura 6. Pastas elaboradas en forma tradicional y adicionada con harina de cáscara de plátano.



Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Una vez preparada la masa para la pasta, se procedió a elaborar fideos y espaguetis, que fueron secados en el deshidratador Excalibur durante 30 minutos a 60–65 °C; posteriormente se realizaron preparaciones culinarias simples, hirviendo primeramente la pasta hasta quedar *al dente* con algunos condimentos como: aceite de soya, sal, un poco de laurel, ajo y cebolla, para su posterior guiso con salsa de tomate envasado (*ver Anexo 6, incisos I al O*); en la Figura 7 se presentan las preparaciones culinarias obtenidas para esta pasta.

Figura 7. Presentaciones de las pastas elaboradas con adición de cáscara de plátano y la de forma tradicional.



Fuente: Resultados de laboratorio, de elaboración propia.

Se realizaron preparaciones culinarias de tipo espagueti con una formulación tradicional casera, comparada con la formulación adicionada con harina de cáscara de plátano en un 5% y 10%. Las formulaciones se acompañaron de queso ranchero, manchego y crema; en su mayoría las preparaciones fueron a base de salsa de tomate envasado comercialmente, y en menor porción se preparó solo con crema y los quesos anteriormente mencionados (platillo en recipiente de aluminio de la parte superior, Figura 7).

Con la intención de mejorar la manejabilidad de la masa, se optó por variar la concentración; fue ligera la mejoría en la de menor concentración (5%) y se observó que desarrollaba un tono más oscuro en la de mayor concentración (10%).

Se procedió a realizar la evaluación sensorial con panelistas no entrenados usando una escala hedónica de cinco puntos, sin embargo, a pesar de que algunos panelistas expresaron su gusto por la pasta para sopa adicionada con la harina de cáscara de plátano, el promedio

de la evaluación para apariencia, textura, color, olor y sabor quedó en 3.1 correspondiendo en la escala a una calificación de ni me gusta, ni me disgusta, por lo que se descartó la elaboración de pastas para sopa.

9. CONCLUSIONES

La incorporación de harina de cáscara de plátano obtenida para el enriquecimiento de productos alimenticios de consumo humano, como los expuestos en el presente trabajo: galletas, pan, pasta y batidos, es viable en unos productos de manera más satisfactoria que en otros, esto con fundamento al realizar una valoración de forma global, entre la evaluación sensorial, algunas pruebas fisicoquímicas y corroborando con un análisis microbiológico para la harina y el producto de mayor aceptación.

Es posible revalorizar desperdicios que sólo incrementan el problema de la generación de basura, incorporándolos en productos alimenticios para humanos. La obtención de harina de cáscara de plátano fue posible mediante el diseño experimental anteriormente expuesto.

La composición proximal y algunas características fisicoquímicas de la harina de cáscara de plátano, al igual que del producto mayormente aceptado: la galleta, se realizaron, destacando el contenido de cenizas, proteína, fibra y lípidos para el caso de la harina y en la galleta, lo más destacable a favor, observado en este estudio, es el alto contenido en fibra.

En el análisis microbiológico realizado a la harina y galleta a base de cáscara de plátano, es muy considerable y significativa la disminución de microorganismos (Bacterias Mesofílicas Aerobias, Bacterias Coliformes Totales, Mohos (hongos) y Levaduras) al aplicar un proceso de cocción adecuado, esto por tratarse de un subproducto; satisfaciendo así, el aspecto de inocuidad para consumo.

El vehículo ideal para la incorporación de la cáscara de plátano, en el caso del presente trabajo, fueron los productos de panificación, en particular, la elaboración de galletas, sin menoscabo de su aceptación sensorial, propiedades fisicoquímicas e inocuidad.

10. SUGERENCIAS

Se podría experimentar con diferentes formulaciones en productos alimenticios enriquecidos con cáscara de plátano, podrían aparte de mejorar los productos en sí; ir dirigidos a sectores específicos de la población con necesidades particulares, como lo son personas celiacas, con diabetes e hipertensos, por mencionar, entre otros. De igual manera, sería pertinente evaluar el aporte nutricional, sensorial e inocuidad de los productos que se planteen desarrollar, para asegurar sean aptos para el consumo humano y/o algún otro sector, como el mercado para mascotas.

Evaluar otros desperdicios vegetales y/o frutales de restaurantes, cafeterías, mercados, entre otros establecimientos, para tratar de revalorizarlos, contribuir a generar menos desperdicios y aportar en alguna medida al impacto ambiental, social y monetario que dichos subproductos generan.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Abraham, E. R., Ramachandran, S., & Ramalingam, V. (2007). Biogas: can it be an important source of energy? *Environmental science and pollution research international*, 14(1), pp. 67–71. <https://doi.org/10.1065/espr2006.12.370>
- Adams, C. (2017, 06 de julio). Banana peel and leaf help heal burns and wounds. *Heal naturally*. <https://www.realnatural.org/banana-peel-banana-leaf-heal-burns-wounds/>
- Anhwange, B.A., Ugye, T. J., & Nyiatagher, T.D. (2009). Chemical composition of *Musa sapientum* (banana) peels. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(6), pp. 437-442. <https://www.researchgate.net/publication/233760453>
- Anjum, S., Sundaram, S., & Rai, G. K. (2014). Nutraceutical application and value addition of banana (*Musa Paradisica* L. Variety “bhusawal keli”) peel: A Review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(10), pp. 81-85. <https://www.researchgate.net/publication/288136560>
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Acribia.
- Arias, P., Dankers, C., Liu, P., y Pilkauskas, P. (2004). 1.1 Introducción. *La economía mundial del banano 1985-2002*. FAO. <https://www.fao.org/3/y5102s/y5102s00.htm>
- Baskar, R., Shrisakthi, S., Sathyapriya, B., Shyampriya R., Nithya, R., & Poongodi P. (2011). Antioxidant Potential of Peel Extracts of Banana Varieties (*Musa sapientum*). *Food and Nutrition Sciences*, 2(10), pp. 1128-1133. <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2011.210151>
- Blasco, L. G., y Gómez, M. F. J. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa sp*). *Revista Médica de la Universidad Veracruzana*, 14(2), pp. 22-26.

http://www.soporte.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf

Casas, G. L. y Sandoval, F. G. C. (2014). Enzimas en la valorización de residuos agroindustriales. *Revista Digital Universitaria*, 15(12), pp. 1-15.
<http://www.revista.unam.mx/vol.15/num12/art95/>

Castaño, A. y Londoño, D. (2002). *Sinergia de subproductos industriales en el municipio de Itagüi*. [Trabajo de grado, Universidad EAFIT]. Repositorio Institucional Universidad EAFIT.

Debabandya, M., Sabyasachi, M., & Namrata, S. (2010). Banana and its by-product utilization: An overview. *Journal of scientific and industrial research*, 69, pp. 323-329.
<https://www.researchgate.net/publication/230650431>

Delgado, D. (2015, 17 de agosto). El 'super' en la basura de la Ceda. *El Universal*.
<https://www.eluniversal.com.mx/articulo/metropoli/df/2015/08/17/hacen-el-mandado-entre-los-desechos>

Eguillor, R. P. (2017). *Pérdida y desperdicios de alimentos: diciembre de 2017*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/residuosFinal-1.pdf>

El País. (2018, 18 de mayo). Las cifras del desperdicio de comida. *El País*.
https://elpais.com/elpais/2018/05/18/planeta_futuro/1526634278_986762.html

Elias, C. X. (2003). Uso de combustibles alternativos: tecnologías aplicables. *Residuos: Revista Técnica*, 13(71), pp. 68-83.

Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*, 26(2), pp. 68-87.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003>

- Gil, G. M. A., Vélez, A. L. M., Millán, C. L. de J., Acosta, H. M. A., Díez, R. A. C., Cardona, T. N., Rocha, G. L. A. y Villa, M. G. C. (2011). Desarrollo de un producto de panadería con alto valor nutricional a partir de la harina obtenida del banano verde con cáscara: una nueva opción para el aprovechamiento de residuos de la industria de exportación. *Revista Producción + Limpia*, 6(1), pp. 96-107. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v6n1/v6n1a09.pdf>
- González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., y Yañez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), pp. 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.05.003>
- Gouda, T. T. H. M. H. (2017). Effectiveness of Some Fortified Nutritional Products with Sun Dried Banana Peels on Moody Status of Faculty Education Students in Nujran. *Journal of Food Processing & Technology*, 8(12), pp. 1-6. <https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000705>
- Hassan P., & Peh K. K. (2018). Chemical Compositions of Banana Peels (*Musa sapientum*) Fruits cultivated in Malaysia using proximate analysis. *Research Journal of Chemistry and Environment*, 22(Special Issue II), pp. 108-113. <https://worldresearchersassociations.com/SpecialIssueAugust2018/18.pdf>
- Kapadia, S. P., Pudukalkatti, P. S., & Shivanaiakar, S. (2015). Detection of antimicrobial activity of banana peel (*Musa paradisiaca* L.) on *Porphyromonas gingivalis* and *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*: An in vitro study. *Contemporary clinical dentistry*, 6(4), pp. 496-499. <https://doi.org/10.4103/0976-237X.169864>
- Manning, D. T., & Taylor, J. E. (2014). Migration and fuel use in rural Mexico. *Ecological Economics*, 102, pp. 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.03.012>
- Martínez-Fernández de Lara, E., Navarro-Cruz, A. R., Vera-López, O., y Ávila Sosa-Sánchez, R. (2017). Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). *Revista de Energía Química y Física*, 4(10), pp. 49-56.

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Energia_Quimica_y_Fisica/vol4num10/Revista_de_Energ%C3%ADa_Qu%C3%ADmica_y_F%C3%ADsica_V4_10_6.pdf

Mejía, G. L. F., Martínez, C. H. A., Betancourt, G. J. E., y Castrillón, C. C. E. (2007). Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (*Mangifera indica* L.) en la obtención de azúcares fermentables. *Ingeniería y Ciencia*, 3(6), pp. 41-62. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83530603>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *El desperdicio de alimentos daña al clima, el agua, la tierra y la biodiversidad*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/news/story/es/item/196368/icode/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *SAVE FOOD: Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/save-food/recursos/keyfindings/es/>

Padam, B. S., Tin, H. S., Chye, F. Y., & Abdullah, M. I. (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *Journal of food science and technology*, 51(12), pp. 3527-3545. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2>

Pereira, A., & Maraschin, M. (2015). Banana (*Musa* spp) from peel to pulp: ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *Journal of Ethnopharmacology*, 160, pp. 149-163. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.008>

Pereira, G. A., Molina, G., Arruda, H. S. & Pastore, G. M. (2017). Optimizing the homogenizer-assisted extraction (HAE) of total phenolic compounds from banana peel. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), pp. 1-8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12438>

Santacruz, S., & Espinosa, B. A. (2017). Phenolic compounds from the peel of *Musa cavendish*, *Musa acuminata* and *Musa cavandanaish*. *Revista Politécnica*, 38(2), pp. 1-5.

https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/713

Santacruz Vázquez, C., Santacruz Vázquez, V., Hinojosa Moya, J. J., Zamora López, M. E., y Paredes Bautista, M. J. (2016). *Retos y Perspectivas de la Agricultura y Alimentos en México*. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla.

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A. C.*, 16 (2), pp. 14-46. https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2012_V16_n2.pdf

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta [SAGARPA-SIACON]. (2013). *Sistema de información agroalimentaria de consulta de producción frutícola*. México, D. F. <http://www.siap.gob.mx>

Secretaría de Salud [SSA]. (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa*. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=ZWsxZHRRQjRaNG9mYTR4VTFnZWRTQT09>

Secretaría de Salud [SSA]. (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos*. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=aFdaWC9jMkhYUzdtcWJqeEQ4RUI3UT09>

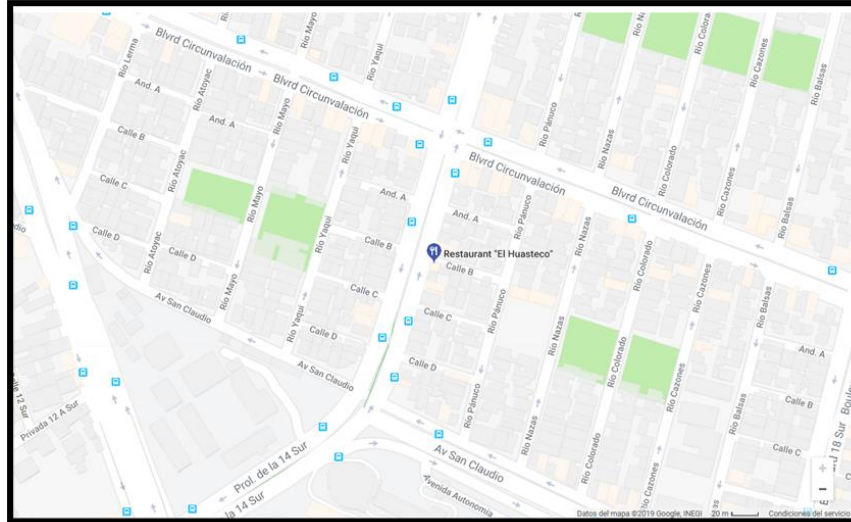
Secretaría de Salud [SSA]. (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa*. <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=NTJXNkVvTUx5OFpGb2piNzU1cWRPZz09>

- Secretaría de Salud [SSA]. (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.* <https://www.sinec.gob.mx/SINEC/Vista/Normalizacion/DetalleNorma.xhtml?pidn=dkljR3djcGl3TGxDcnFJc2JiZUd3UT09>
- Silva, A. dos A., Barbosa J. J. L., e Barbosa, M. I. M. J. (2015). Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. *Ciência Rural*, 45 (12), pp. 2252-2258. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140332>
- Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S. C. [NORMEX]. (2003). *NORMA MEXICANA NMX-F-613-NORMEX-2003 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA EN ALIMENTOS-MÉTODOS DE PRUEBA.*
- Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S. C. [NORMEX]. (2004). *NORMA MEXICANA NMX-F-615-NORMEX-2004 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO (MÉTODO SOXHLET) EN ALIMENTOS-MÉTODO DE PRUEBA.*
- Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación S. C. [NORMEX]. (2011). *NORMA MEXICANA NMX-F-608-NORMEX-2011 ALIMENTOS-DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS EN ALIMENTOS-MÉTODO DE ENSAYO (PRUEBA).*
- Sodchit, C., Tochampa, W., Kongbangkerd, T., & Singanusong, R. (2013). Effect of banana peel cellulose as a dietary fiber supplement on baking and sensory qualities of butter cake. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 35(6), pp. 641-646. <https://rdo.psu.ac.th/sjst/journal/35-6/35-6-4.pdf>
- Someya S., Yoshiki, Y., & Okubo, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (Musa Cavendish). *Food Chemistry*, 79(3), pp. 351-354. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00186-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00186-3)
- Thomas, A. P. (2003). Optimización del aprovechamiento energético de biogás de vertederos. *Residuos: Revista Técnica*, 13 (70), pp. 34-37.

- Tsai, W.T. (2008). Management considerations and environmental benefit analysis for turning food garbage into agricultural resources. *Bioresource Technology*, 99(13), pp. 5309- 5316. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.025>
- Velumani, S. (2016). Phytochemical screening and antioxidant activity of banana peel. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 2(1), pp. 91-102. http://ijariie.com/AdminUploadPdf/PHYTOCHEMICAL_SCREENING_AND_ANTIOXIDANT_ACTIVITY_OF_BANANA_PEEL_ijariie1550.pdf
- Vijayaraghavan, K., Ahmad, D. & Soning, C. (2007). Bio-hydrogen generation from mixed fruit peel waste using anaerobic contact filter. *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(18), pp. 4754-4760. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2007.07.001>
- Zárate- Jiménez, S., Pérez-Fabiel, S., Yáñez-Ocampo, G., y Chanona-Soto, J. (2014). Digestión Anaerobia de Residuos Hortofrutícolas por vía Mesofílica a Escala de Laboratorio. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, 7 (2), pp. 115-124. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/46791/42187>

12. ANEXOS

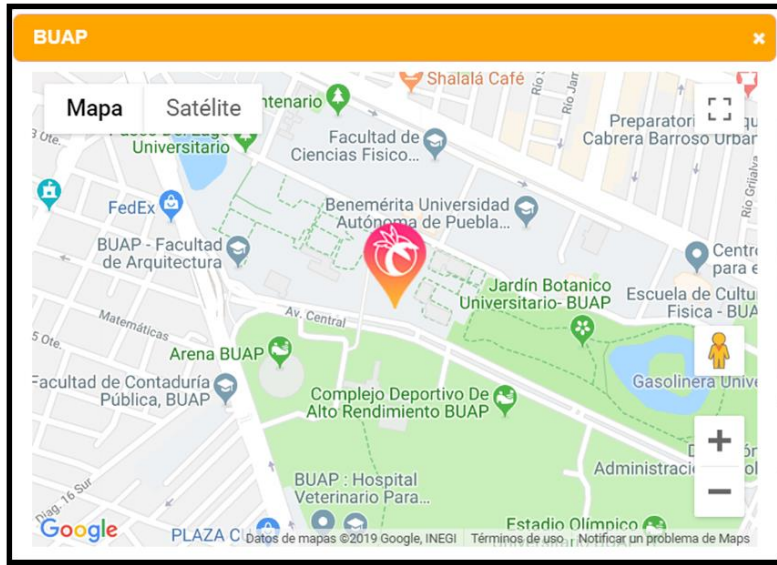
Anexo 1. Ubicación de los establecimientos de recolección de cáscaras de plátano.



A) Ubicación geográfica del Restaurant “El Huasteco” Blvd. 14 Sur No.6116, Cnel. Miguel Auza, 72570 Puebla, Puebla.



B) Fachada exterior del Restaurant “El Huasteco”.



C) Ubicación geográfica de la franquicia “Restaurants 100% natural” Interior BUAP, Av. San Claudio y 18 sur, Ciudad Universitaria 72592 Puebla, Puebla.



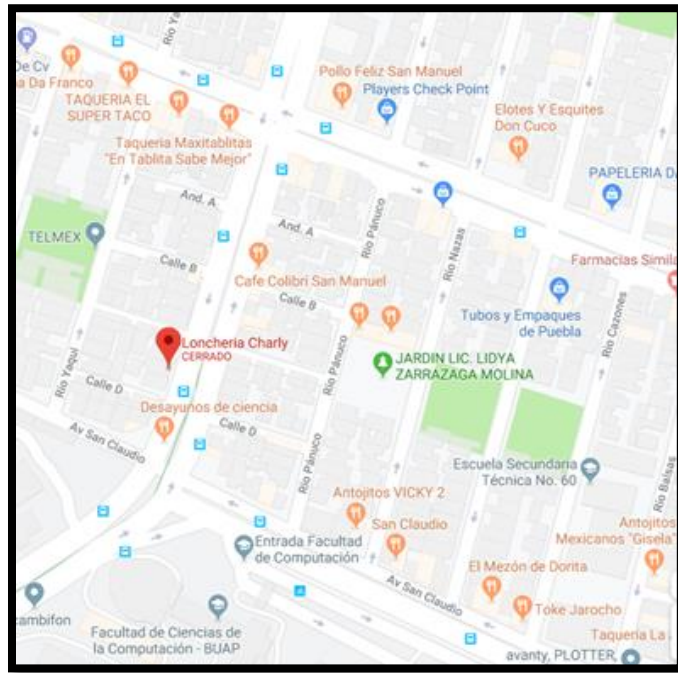
D) Exterior del establecimiento de la franquicia “Restaurants 100% natural” con un empleado del mismo y colaborador del proyecto.



E) Ubicación geográfica de la Cafetería de Computación Interior BUAP, Blvd. 14 Sur S/N y Av. San Claudio, Cd. Universitaria, Cdad. Universitaria, 72592 Puebla, Pue.



F) Fachada exterior de la Cafetería de Computación.



G) Ubicación geográfica de la Lonchería “Charly” Blvd. 14 Sur No. 6129, Jardines de San Manuel, 72570 Puebla, Puebla.



H) Fachada exterior de la Lonchería “Charly”.

Anexo 2. Obtención de la materia prima.



A) Materia prima recolectada de los diferentes abastecimientos.

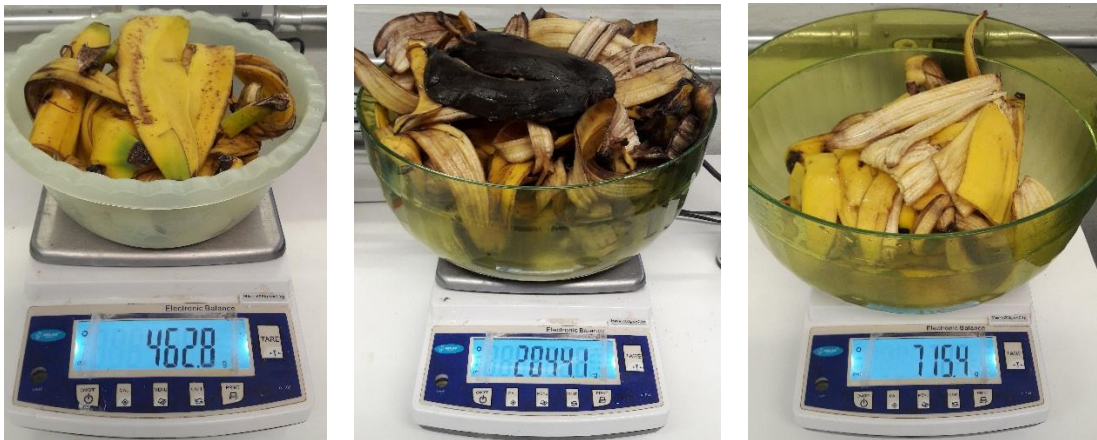


B) Algunas marcas de la materia prima obtenida.



C) Cúmulo de materia prima para iniciar con su adecuado procesamiento.

Anexo 3. Procesamiento de la materia prima.



A) Peso total de materia prima recolectada antes del lavado (fines estimativos y de observación).



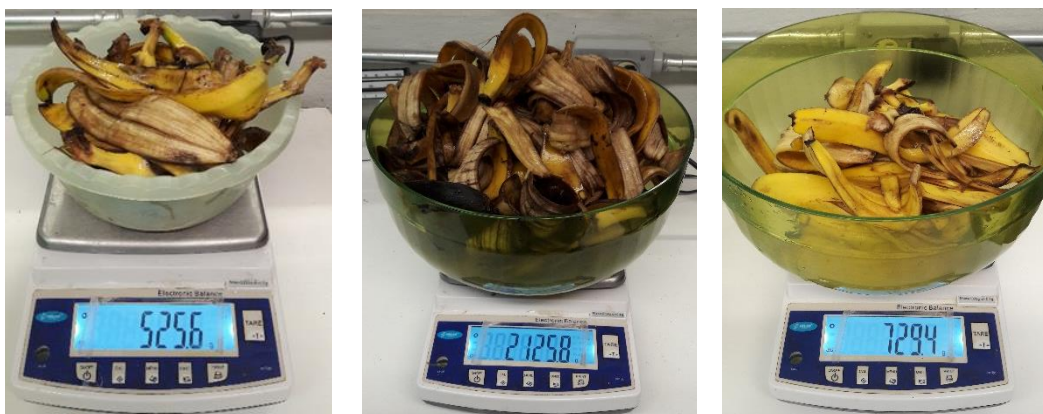
B) Lavado de la materia prima.



C) Elementos para desinfección de la materia prima y distintos desinfectantes empleados.



D) Sistema de desinfección: agregar el desinfectante de acuerdo con las especificaciones del fabricante al doble por tratarse de un subproducto, sumergir las cáscaras previamente lavadas y asegurarse de que queden completamente sumergidas para asegurar una adecuada desinfección en el tiempo requerido para tal efecto.



E) Peso total de materia prima recolectada después del lavado (fines estimativos y de observación).



F) Deshidratador Excalibur utilizado para la deshidratación de las cáscaras de plátano.



G) Colocación de cáscara de plátano en las bandejas del deshidratador.



H) Aspecto de las cáscaras de plátano después de ser sometidas a deshidratación a 63°C por 24h.



I) Cáscaras de plátano deshidratadas, listas para la molienda.



J) Molino Wiley utilizado para la trituración de las cáscaras de plátano.



K) Diferentes tamices del molino Wiley (se utilizó el de malla 20).



L) Harina de cáscara de plátano obtenida posterior a la molienda.



M) Harina obtenida de la materia prima y posterior pesado (con fines informativos).

Anexo 4. Enriquecimiento con harina de cáscara de plátano en galletas.



A) Galletas antes y después de ser horneadas con la primera formulación propuesta (izquierda a derecha, respectivamente), con y sin harina de cáscara de plátano (parte superior e inferior de ambas imágenes, respectivamente).



B) Presentación de galletas para la prueba de degustación, entre los voluntarios.



C) Comensales degustando galletas con las diferentes preparaciones propuestas.



D) Masas elaboradas con la segunda formulación para galletas, con la incorporación de los ingredientes de forma indistinta. Se observa tanto la masa elaborada con harina tradicional y con la enriquecida con cáscara de plátano (del lado izquierdo al derecho, respectivamente).



E) Masa de harina enriquecida con cáscara de plátano previa al “cortado” con molde para elaborar galletas con la segunda formulación.



F) Lote de galletas con y sin harina de cáscara de plátano posterior al horneado elaboradas con la segunda formulación de galletas a 180°C por 30 minutos.



G) Comparativo de galletas antes y después de la cocción (de izquierda a derecha en ambas imágenes) tanto de la receta tradicional como de la elaborada con harina de cáscara de plátano (parte superior e inferior respectivamente); nótese en ambas preparaciones los grumos sin incorporarse adecuadamente de azúcar.



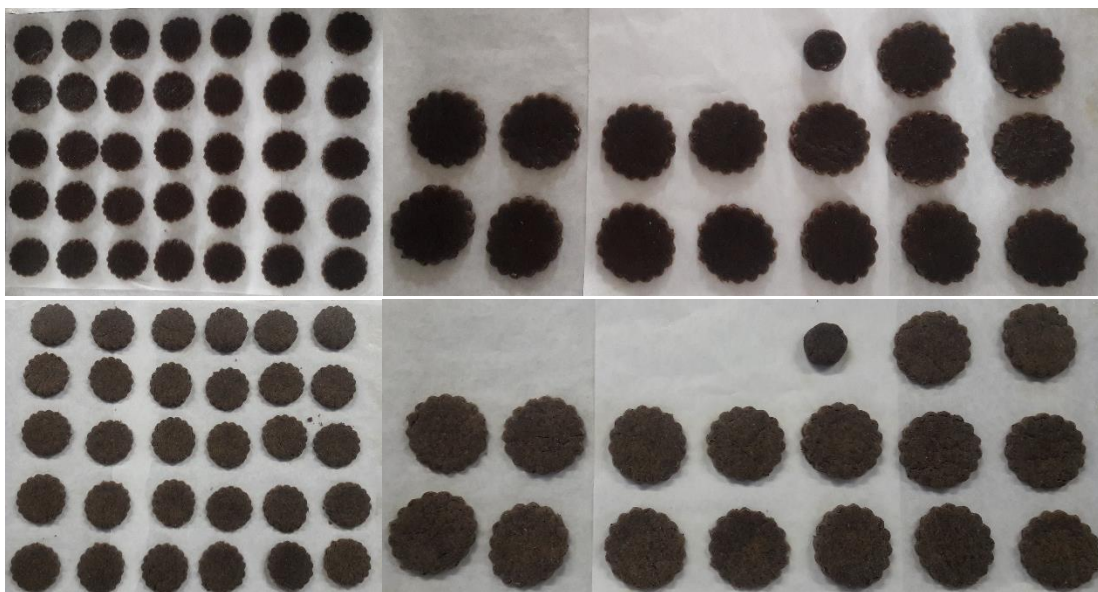
H) Ingredientes para preparar galletas tradicionales y enriquecidas con cáscara de plátano (segunda formulación) –parte superior e inferior, respectivamente– variando el orden de incorporación de los ingredientes y temperatura.



I) Preparando las galletas enriquecidas con harina a base de cáscara de plátano (segunda formulación).



J) Galletas tradicionales (segunda formulación) antes, durante y después del horneado –parte superior de izquierda a derecha y parte inferior, respectivamente–.



K) Galletas enriquecidas con harina de cáscara de plátano elaboradas con la segunda formulación propuesta (antes y después del horneado parte superior e inferior respectivamente). Esta propuesta fue la que cumplió con las expectativas organolépticas esperadas.



L) Presentación de ambas preparaciones de galletas, empaquetadas con y sin harina enriquecida de cáscara de plátano (de izquierda a derecha, respectivamente).

Anexo 5. Elaboración de pan enriquecido con harina de cáscara de plátano.



A) Comparativo de ingredientes para realizar pan de la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (10% de la harina total) y la formulación tradicional (100% harina de trigo) –de izquierda a derecha, respectivamente–.



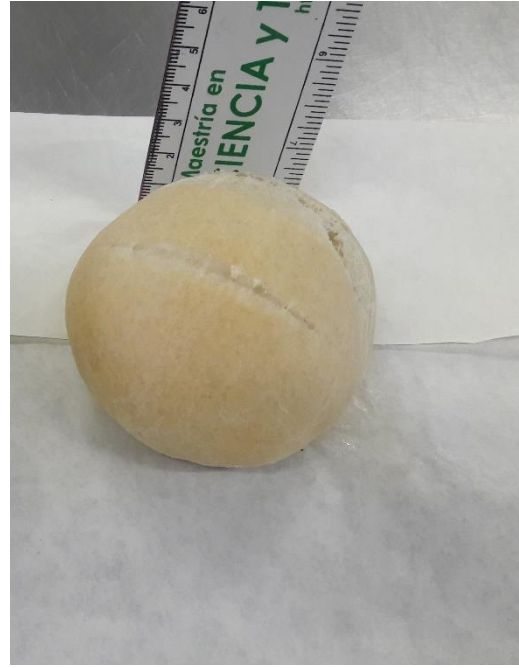
B) Comparativo de masas para elaboración de pan, fórmula tradicional (lado izquierdo) y formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (lado derecho).



C) Pan elaborado previo a la cocción; formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (parte superior) y fórmula tradicional (parte inferior).



D) Pan horneado, uno enriquecido con harina de cáscara de plátano (lado izquierdo) y otro con la formulación tradicional (lado derecho).



E) Volumen del pan horneado enriquecido con harina de cáscara de plátano (izquierda) y tradicional (derecha).



F) Tipo de miga característico del pan horneado, lado derecho, enriquecido con harina de cáscara de plátano y lado izquierdo, tradicional.

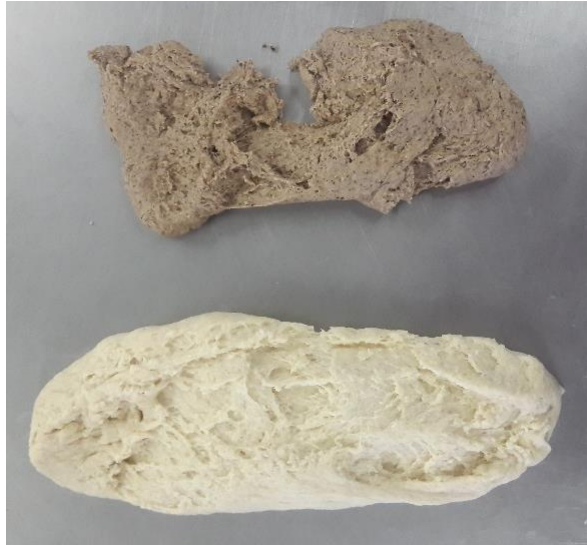


G) Comparativo de las migas de pan enriquecido con harina de cáscara de plátano (lado izquierdo, parte superior e inferior) contra la formulación de pan tradicional (lado derecho, superior e inferior).



H) Comparativo de las migas de pan un día posterior a su elaboración; el pan enriquecido con harina de cáscara de plátano al 10% de la harina total empleada (parte superior) contra el pan elaborado con la receta tradicional (100% harina de trigo; parte inferior).

Anexo 6. Elaboración de pasta enriquecida con harina de cáscara de plátano.



A) Masas para elaborar pasta; una enriquecida con harina de cáscara de plátano (parte superior), nótese la friabilidad comparada con la formulación tradicional de pasta (parte inferior).



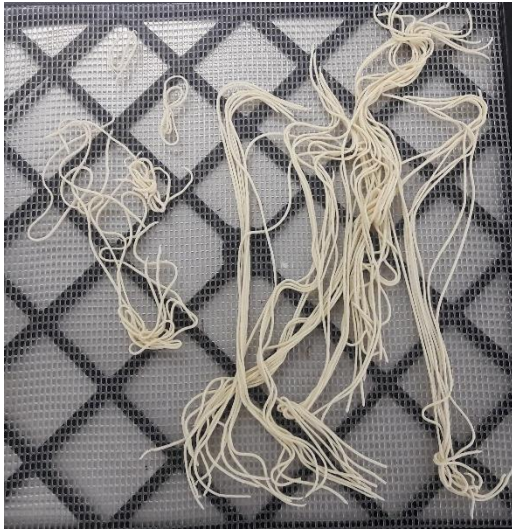
B) Molino manual marca Atlas para la elaboración de pasta.



C) Formulaciones de pasta elaboradas con harina de cáscara de plátano previas a la cocción, una al 5% de la harina total empleada en la formulación (parte superior) y la otra al 10% de la harina total (parte inferior).



D) Pastas anteriores después del secado en el deshidratador listas para preparar.



E) Comparativo de la pasta antes de la cocción, con la formulación tradicional (100% harina de trigo; izquierda) contra la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (10% de la harina total; derecha).



F) Pastas anteriores después del secado en el deshidratador listas para preparar.



G) Comparativo de pastas listas para preparar en formulación tradicional (lado izquierdo), y formulaciones enriquecidas con harina de cáscara de plátano (10% y 5% de la harina total empleada; lado derecho iniciando en sentido izquierdo a derecho respectivamente).



H) Variedad de pastas listas para preparar con las diferentes formulaciones antes mencionadas.



I) Pastas hervidas utilizando las dos formulaciones propuestas: tradicional (lado izquierdo) y la enriquecida con harina de cáscara de plátano (lado derecho); con condimentos adicionados para preparar espagueti.



J) Pasta hervida y escurrida con la formulación tradicional previa a su preparación.



K) Pasta hervida y escurrida con la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (5% de la harina total) previa a su preparación.



L) Comparativo de ambos tipos de pasta: enriquecida con harina de cáscara de plátano (5% de la harina total) y formulación tradicional, de izquierda a derecha, respectivamente.



M) Pasta hervida y escurrida con la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (10% de la harina total) previa a su preparación.



N) Comparativo de las pastas enriquecidas con harina de cáscara de plátano una en formulación al 5% (lado izquierdo) y otra en la formulación al 10% (lado derecho) del total de la harina empleada para su elaboración.



Ñ) Guisado de la pasta para preparar espagueti, mismos condimentos y salsa empleada con las diferentes formulaciones de las pastas base.



O) Algunos insumos empleados en la elaboración de espagueti.



P) Presentación de espagueti elaborado a base de pasta con la formulación tradicional (100% harina de trigo) acompañada de diferentes tipos de queso: ranchero y manchego (de izquierda a derecha parte inferior), así como de crema (parte superior).



Q) Presentación de espagueti elaborado a base de pasta con la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (5% de la harina total empleada) acompañada de diferentes tipos de queso: ranchero y manchego (de izquierda a derecha de la parte izquierda superior), así como de crema (lado inferior derecho).



R) Comparativa visual de ambos platillos anteriores.



S) Presentación de espagueti elaborado a base de pasta con la formulación enriquecida con harina de cáscara de plátano (10% de la harina total empleada) acompañada de diferentes tipos de queso: ranchero y manchego (de izquierda a derecha parte superior); así como de crema (parte inferior).



T) Comparativa visual de las dos diferentes formulaciones enriquecidas con harina de cáscara de plátano una al 5% (lado derecho) y la otra al 10% (lado izquierdo); nótese el cambio de la tonalidad de coloración que desde un inicio se percibió a partir de las pastas base.



U) Pasta enriquecida con harina de cáscara de plátano al 10% tipo espagueti con crema, queso manchego y queso ranchero (de izquierda a derecha respectivamente).

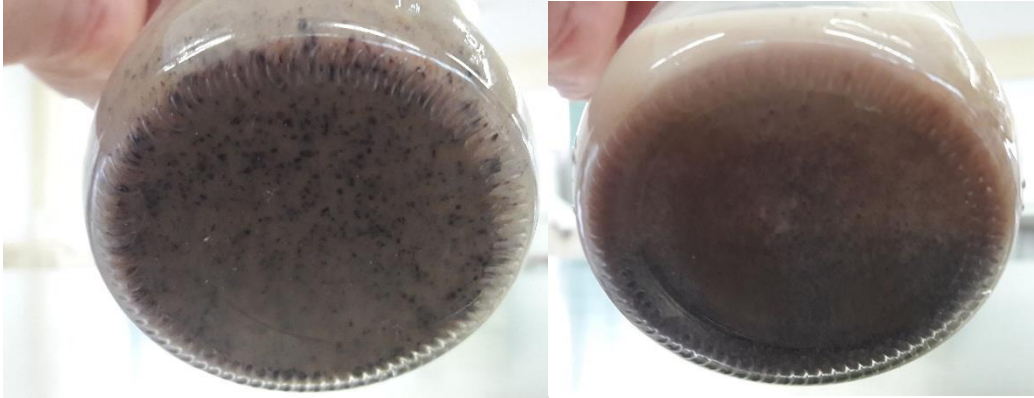


V) Presentación general de las pastas preparadas tipo espagueti con las diferentes formulaciones de pasta base y complementos (queso y crema).



W) Comensales degustando los platillos de pasta con las diferentes formulaciones.

Anexo 7. Elaboración de una bebida (batido), enriquecida con harina de cáscara de plátano.



A) Harina de cáscara de plátano adicionada para preparar un batido a base de leche de almendras y leche de vaca (de izquierda a derecha respectivamente); nótese la sedimentación en la parte inferior en ambos batidos.



B) Se aprecia la insolubilidad y sedimentación de la harina de cáscara de plátano adicionada tanto al batido con leche de almendras (lado izquierdo), así como el de leche de vaca (lado derecho); en ambos batidos al probarlos, dan una sensación arenosa. No es viable su implementación en este tipo de presentación bebible.

Anexo 8. Análisis microbiológico.



A) Elaboración de medios de cultivo Agar Cuenta Estándar (CE) y Agar Papa – Dextrosa (APD) ubicados en la parte inferior de izquierda a derecha respectivamente; y diluyente de peptona (parte superior); mismos que serán requeridos como parte del análisis microbiológico.



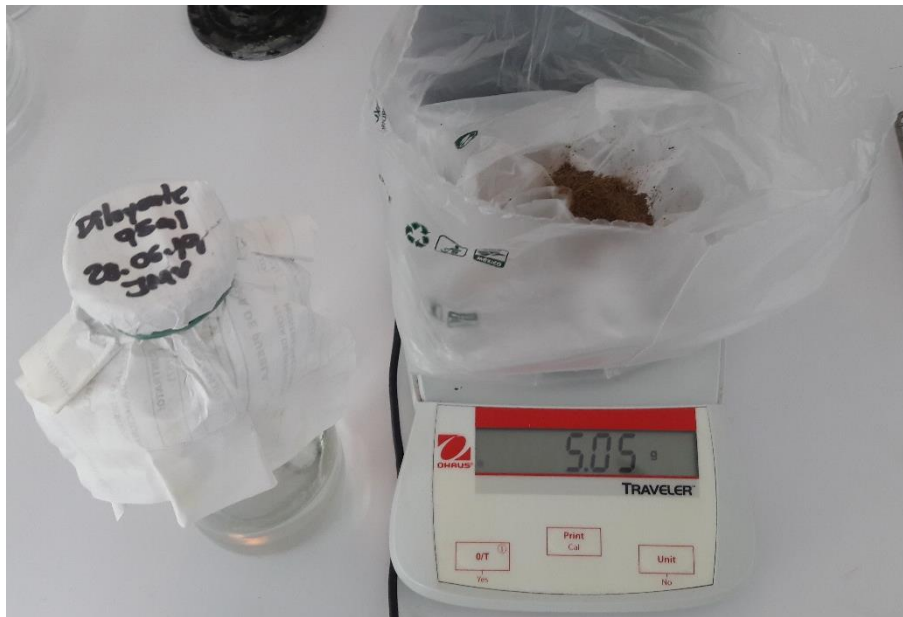
B) Medios de cultivo empleados en las determinaciones del análisis microbiológico; Agar Cuenta Estándar, Agar Papa - Dextrosa y Agar Rojo Violeta Bilis (De izquierda a derecha, respectivamente).



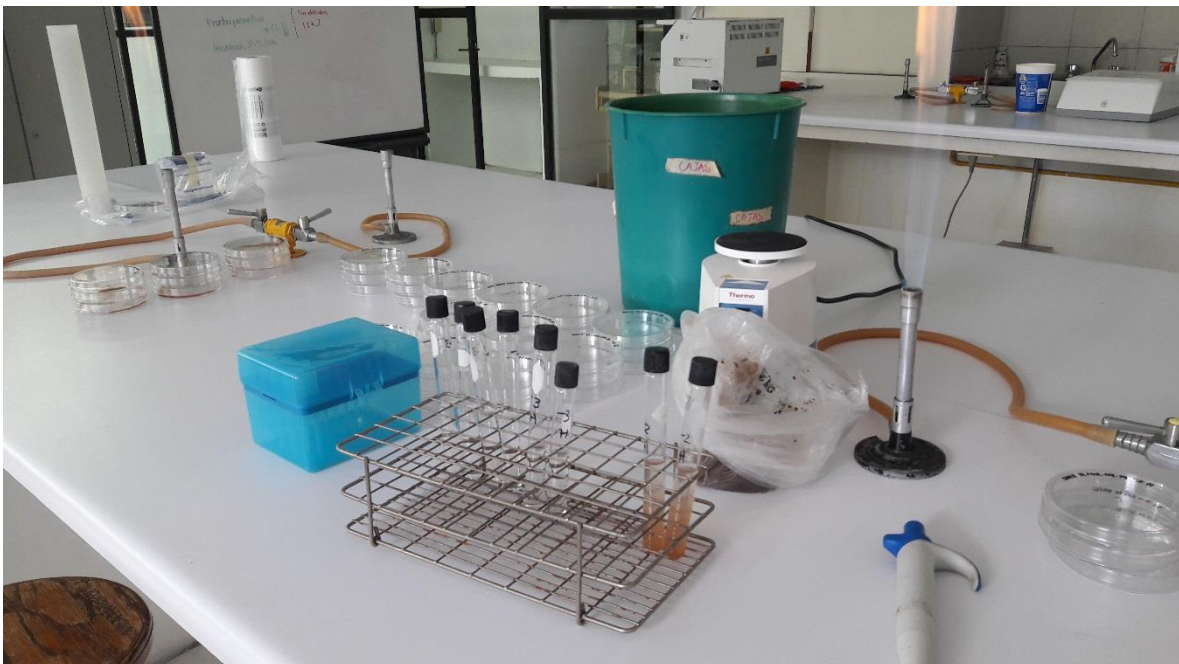
C) Rotulado de placas Petri para cada determinación de microorganismos.



D) Zona de trabajo limpia y estéril.



E) Pesado de la muestra: harina de cáscara de plátano.



F) Preparación de las diluciones correspondientes.



G) Inicio del análisis microbiológico de una muestra de galleta con harina de cáscara de plátano, en zona estéril.



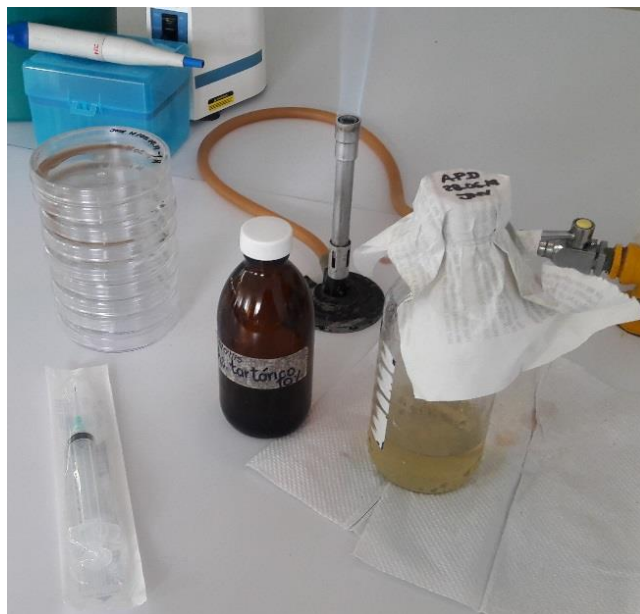
H) Pesado de la muestra: galleta con harina de cáscara de plátano.



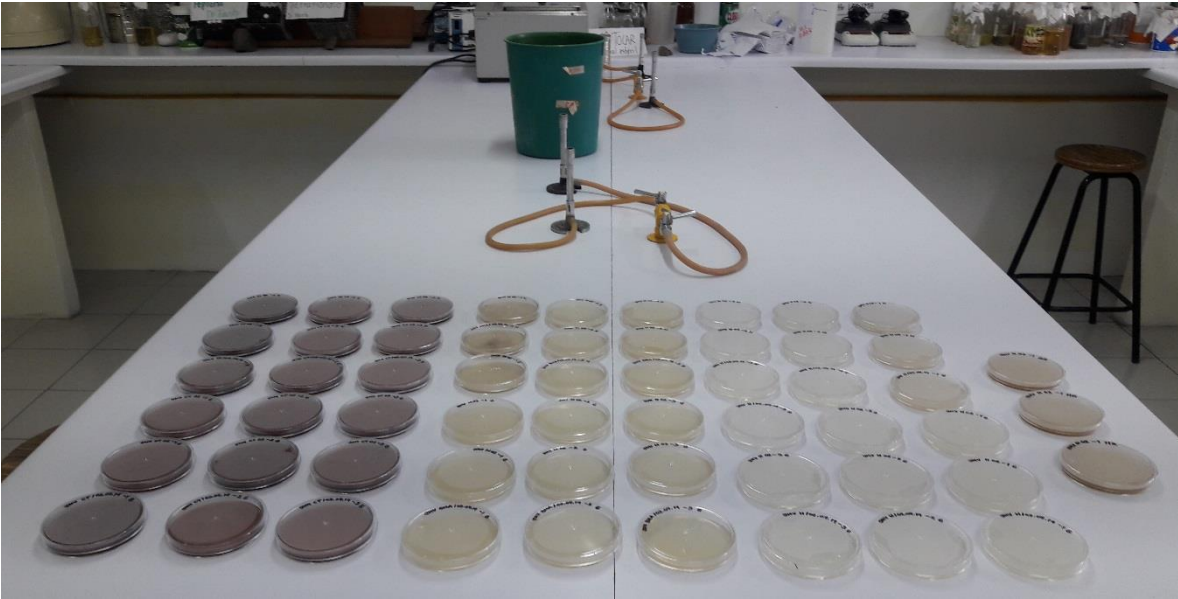
I) Preparando las diluciones correspondientes para la galleta enriquecida con harina de cáscara de plátano.



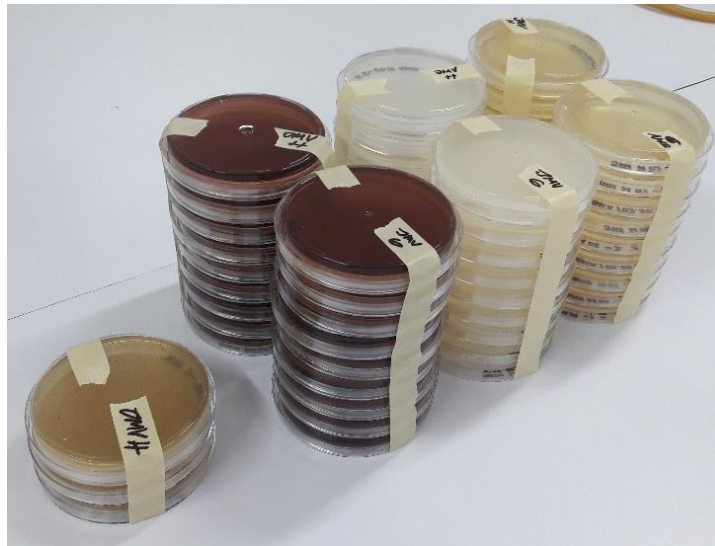
J) Medios de cultivo fundidos para ser vertidos en las correspondientes placas Petri; Agar Cuenta Estándar (CE), Agar Rojo Violeta Bilis (RVB) y Agar Papa – Dextrosa (APD) de izquierda a derecha, respectivamente.



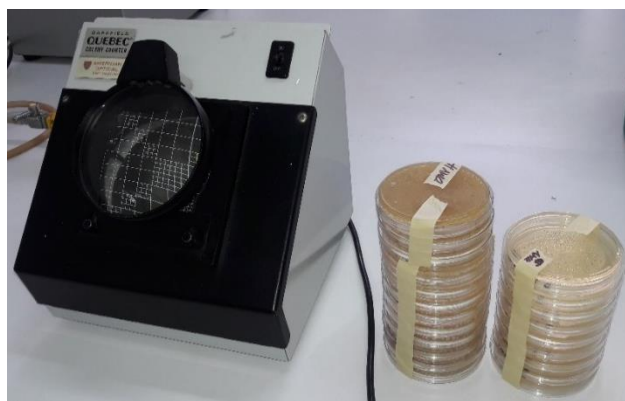
K) Diluciones correspondientes en las placas Petri para las diferentes determinaciones de microorganismos para efectuar la técnica de vertido en placa con el correspondiente medio de cultivo (Agar Cuenta Estándar, parte superior; Agar Rojo Violeta Bilis, parte de en medio; y Agar Papa – Dextrosa acidificado parte inferior).



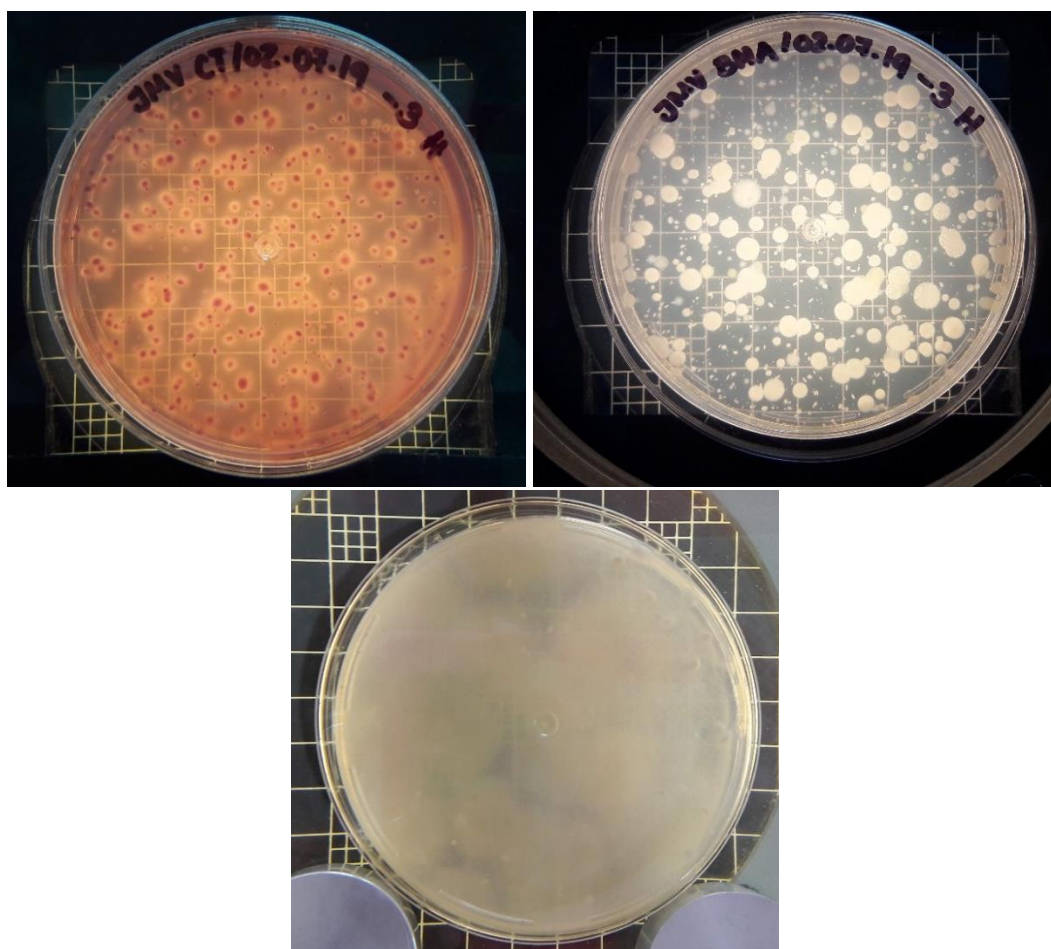
L) Placas Petri preparadas mediante la técnica de vertido en placa para las determinaciones de Bacterias Coliformes Totales, Bacterias Mesofílicas Aerobias y, Mohos y levaduras (respectivamente de izquierda a derechas diferenciadas por las coloraciones características).



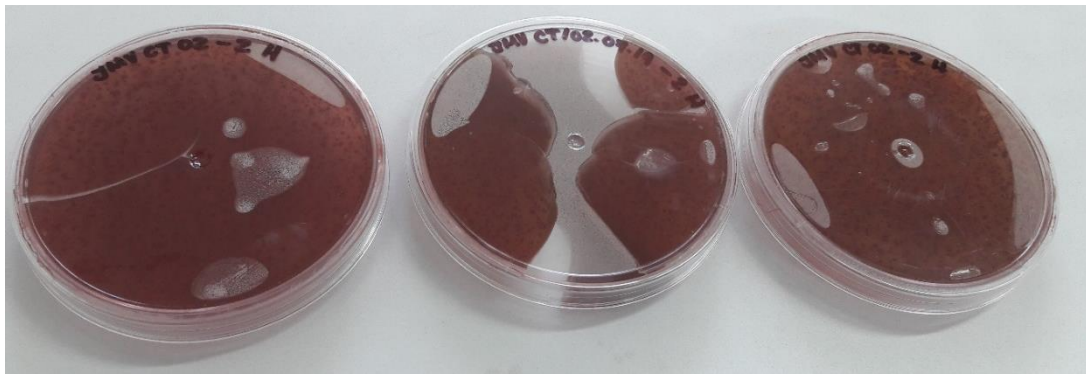
M) Placas Petri listas para incubarse de acuerdo a las condiciones requeridas para el desarrollo adecuado de los microorganismos.



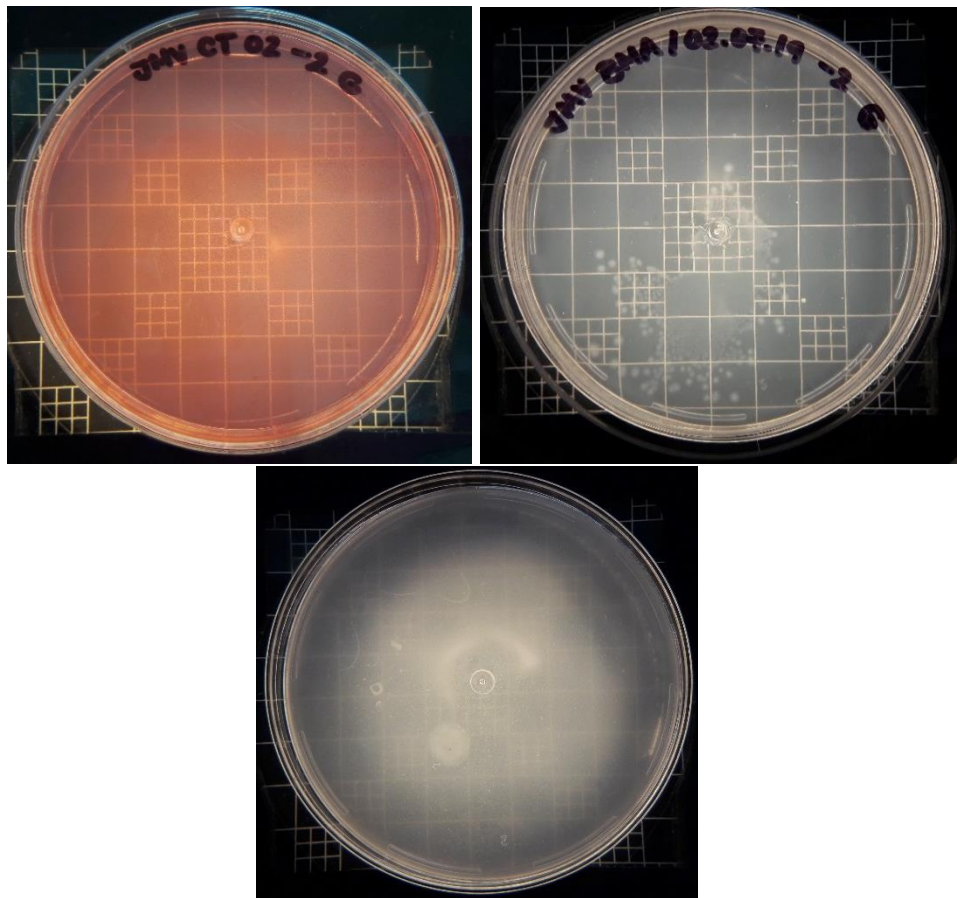
N) Equipo para realizar el conteo de microorganismos de las placas Petri (Contador de colonias).



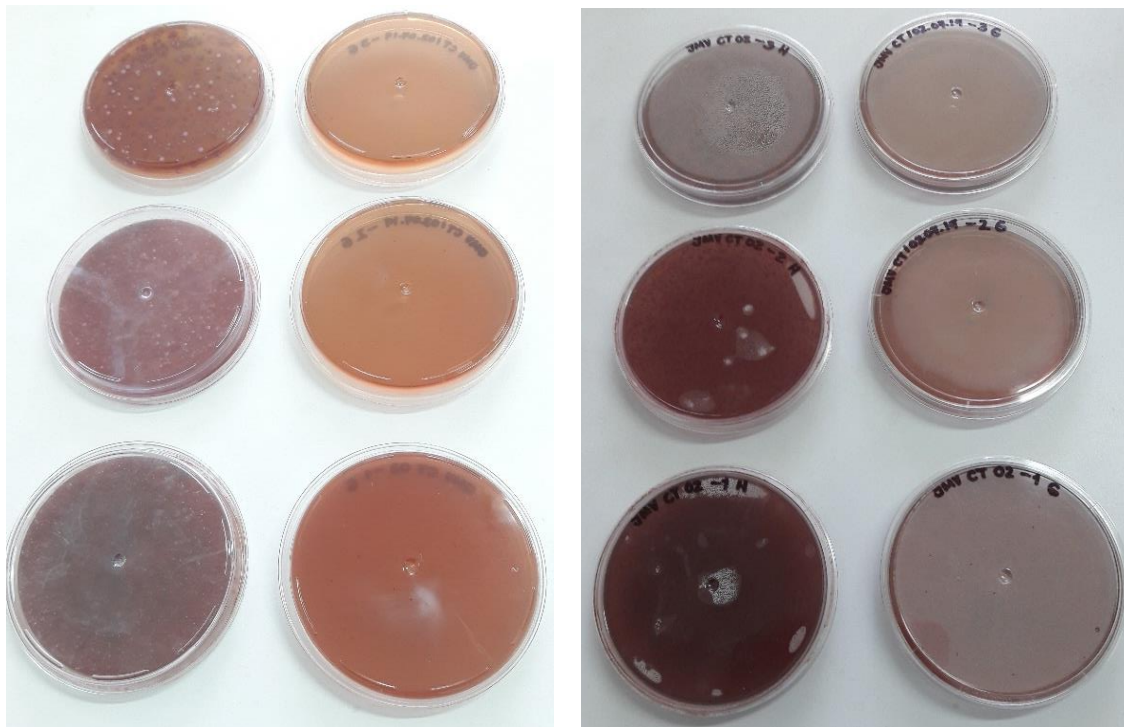
Ñ) Placas de Petri vistas en un contador de colonias de los medios de cultivo Agar Rojo Violeta Bilis, Agar Cuenta Estándar y Agar Papa – Dextrosa acidificado con desarrollo de los microorganismos característicos en cuestión, de la muestra de harina de cáscara de plátano (de izquierda a derecha parte superior e inferior respectivamente).



O) Medio de cultivo Agar Rojo Violeta Bilis con muestra de harina de cáscara de plátano; nótese las colonias fermentadoras de lactosa con su coloración rosada y con mucha producción de gas, proyectando el agar hasta la tapa de la placa Petri.



P) Placas de Petri vistas en un contador de colonias, de los medios de cultivo Agar Rojo Violeta Bilis, Agar Cuenta Estándar y Agar Papa – Dextrosa acidificado con desarrollo de los microorganismos característicos en cuestión, de la muestra de galleta horneada elaborada con harina de cáscara de plátano (de izquierda a derecha parte superior, e inferior respectivamente).



Q) Comparativa visual de placas Petri con medio de cultivo Rojo Violeta Bilis para la determinación de Bacterias Coliformes Totales; nótese la gran diferencia de crecimiento de microorganismos para las diferentes diluciones de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} (colocadas en columnas de arriba hacia abajo de forma descendente numéricamente) para la harina de cáscara de plátano (H), contra la galleta con harina de cáscara de plátano (G). Mostrando tanto el reverso como el anverso de las placas Petri por pares de columnas de izquierda a derecha respectivamente.

Esta tendencia notoria y bien diferenciada entre las determinaciones efectuadas en cuanto al desarrollo de microorganismos en la harina con cáscara de plátano sola y la galleta con harina de cáscara de plátano horneada; también presentó una tendencia similar con los otros medios de cultivo y sus respectivas determinaciones.