

## Caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol *Phaseolus Vulgari Cranberry Group* generado como residuo de la industria alimentaria del Oriente Antioqueño

---

### Estefanía Castro Henao

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos*  
ecastro354@misena.edu.co

### Johanna Martínez Casallas

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos*  
jlmartinez444@misena.edu.co

### Luz Adriana Posada Jaramillo

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos*  
laposada21@misena.edu.co

### María Camila Uribe Agudelo

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Tecnólogo en Procesamiento de Alimentos*  
mcuribe40@misena.edu.co

### Claudia Patricia Jiménez Argumedo

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera de alimentos*  
cpjimenez356@misena.edu.co

### Lina María García Rivera

*Servicio Nacional de Aprendizaje, Semillero de investigación de Agropecuaria y Agroindustria-SIAGRO, Ingeniera agroindustrial*  
1503@misena.edu.co

---

## Resumen

Durante las labores de procesamiento en la industria alimentaria se generan residuos que ocasionan una problemática para las empresas por el alto contenido de materia orgánica y por los costos para la disposición final. Estos residuos, presentan alternativas de aprovechamiento: producción de biocombustible, productos cosméticos, nutricionales y farmacéuticos.

Es por esto, que el objetivo de esta investigación es la caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol por el potencial tecnológico que representa este residuo en la industria alimentaria. La extracción de la Fibra Dietaria Total (FDT) se realizó con método de hidrólisis acida-base, luego la muestra fue secada en estufa y mufla, se determinó la FDT, a esta se le realizaron pruebas de hinchamiento (CH), capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de grasas (CRG), obteniéndose como resultado: 19.7% de FDT, CRA del 87%, CRG del 1.16% y CH del 5%. Los datos anteriores indican que la muestra analizada absorbe agua con facilidad aumentado su volumen en exceso y por su baja capacidad de retención de grasa proporcionará a los productos una sensación menos grasosa. Al haber extraído la fibra por método químico, no se permite usarla en matrices alimentarias por lo que se sugiere emplear método enzimático gravimétrico de tal forma que pueda aplicarse en diversos productos como jugos, productos cárnicos y galletas

**Palabras clave:** *Vaina del frijol Phaseolus Vulgari Cranberry Group, caracterización de fibra, extracción por método ácido-base, fibra dietaria total, propiedades funcionales*

## Introducción

El frijol se considera como un producto básico de la economía de pequeños productores, es uno de los alimentos esenciales en la dieta alimenticia de la población mundial, debido al aporte de proteínas y su bajo costo. Los géneros más representativos para nombrar al frijol son *Phaseolus* y *Vigna*; no obstante, existen muchas especies (Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas [Fenalce], 2004). En Colombia, principalmente se cultivan variedades regionales y en menor grado las modificadas genéticamente. Las variedades del frijol varían dependiendo de la zona de cultivo, en Antioquia, por ejemplo, se produce la variedad de frijol cargamanto (color crema con tintes de rojo) (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

La producción mundial de frijol ha incrementado en los últimos años, alcanzando el 63% de la cosecha en Estados Unidos, Brasil, China, India, Myanmar, México, y Tanzania (Panorama Agroalimentario, 2016), siendo Brasil el principal productor (Magaña, Gaucín, y Flores, 2015). En Colombia los departamentos con mayor producción de frijol son Nariño (12.000 ha), Tolima (10.170 ha) Huila (9.100 ha) Antioquia (9.067 ha) Santander (8.500 ha) (Chiquillo, 2017). De manera particular Antioquia ha desarrollado emprendimientos de optimización a través de la investigación orientada al cultivo en los municipios del Carmen de Viboral, Marinilla, El Peñol y San Vicente, dado que en el Oriente Antioqueño se identifica un área de cultivo de 6859 hectáreas (Cornare, 2015). Asimismo, se conoce que este potencial de producción llega a generar un volumen impactante de residuos de material vegetal desde el cultivo hasta su expendio en centros de acopio mayoristas y minoristas. Generalmente estos residuos se destinan para consumo animal o son dispuestos en rellenos sanitarios, lo cual representa un impacto negativo a nivel ambiental por el alto contenido de materia orgánica (Chávez y Rodríguez, 2016). Por tanto, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales se propone como una alternativa base para su manejo, debido a la composición tan variada que presentan estos subproductos.

Dentro de los principales usos que podrían darse a los residuos de la vaina de frijol se encuentra: 1) valorización biológica o química, permitiendo la obtención de celulosa y fibra dietaria (alimento para animales y humanos) 2) obtención de combustibles como el biogas que se emplea con diferentes fines y 3) la recuperación de energía a partir de los gases formados en procesos como la incineración y el pirólisis (Vargas y Pérez, 2018). En cuanto a los diversos usos que pueden dársele a la fibra obtenida de la vaina de frijol están: formulación de alimentos funcionales, en dulces frutales saludables permite estabilidad del producto final, en embutidos cárnicos, en productos de panadería (panes integrales y galletas) como sustitutiva de la grasa, en productos lácteos mejora cuerpo y sensación en la boca y reduce la sinéresis en el yogur y otros productos lácteos fermentados, en bebidas, la adición de fibra dietética aumenta su viscosidad y la estabilidad, también se emplea como humectante por su capacidad de retención de agua en ciertos productos para mascotas (Montúfar, 2014). Vislumbrando alternativas de solución frente a la problemática planteada

el objetivo de esta investigación fue la caracterización de fibra a partir de la vaina del frijol por el potencial tecnológico que representa este residuo en la industria alimentaria generando así mayor valor y competitividad en esta cadena productiva en el Oriente Antioqueño. Se evaluaron propiedades funcionales como capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de retención de grasas, teniendo como referencia los estudios en los cuales se extrae fibra a partir de cáscara de naranja (Cayo y Matos, 2009), asimismo se reportó la extracción de fibra cruda a partir de cáscara de cacao tostado para el consumo humano (Méndez, Miranda, y Rosales, 2011).

## Metodología

El tipo de investigación empleada es aplicada y experimental. Las fases para la ejecución del proyecto se describen a continuación:

### Recolección y acondicionamiento de la muestra

La materia prima en este caso, las vainas de frijol de la variedad *Phaseolus Vulgari Cranberry Group*, se obtuvieron del mercado local de Rionegro, Antioquia, siendo conservada en cadena de frío hasta el laboratorio de fisicoquímica del SENA (La Ceja). Allí, se realizó el acondicionamiento, descartando material con daños fisiológicos y microbiológicos, clasificando en función del tamaño (10-15 cm) y color (verde-amarillo a amarillo oscuro). Posteriormente, se llevó a limpieza mediante el mecanismo de inmersión y agitación en agua para retirar suciedad mayor (tierra, insectos, trozos de piedra, etc.), este proceso se realizó dos veces, luego se procedió a desinfectar en solución de hipoclorito de sodio a 50 ppm x 5 min. Las vainas de frijol fueron troceadas (3 cm) dando uniformidad para garantizar un secado homogéneo, se llevaron al horno de secado a 64 °C por 8 horas, finalmente se redujo el tamaño de partícula en un molino de impacto y se empacó en bolsas herméticas.

## Caracterización de parámetros químicos de la materia prima

A las vainas se le realizaron análisis para determinar porcentaje humedad por el método de secado en estufa según Association Official Analytical Chemist (AOAC, 2012), extracto etéreo método Soxhlet NTC 6240 (Icontec, 2017) y cenizas por calcinación AOAC (2012), Todos los análisis fueron realizados por triplicado y reportados en base seca.

## Determinación de fibra dietaria total

La fibra tota fue determinada empleando el método de hidrólisis ácido – base: Antes de la hidrólisis se eliminaron compuestos lipídicos con acetona en relación 1:40 (muestra: solvente) y se llevaron a maceración por 45 min a 56 °C en un vaso de precipitado (250 mL, garantizando un montaje de condensación, para evitar pérdida del solvente), posteriormente se realizaron tres lavados con agua caliente para eliminar el exceso de acetona. Luego, la muestra se filtró al vacío y se recuperó para incorporar nuevamente al vaso de precipitado. A continuación, se realizó la digestión ácida, adicionando  $H_2SO_4$  0,2N en relación 1:40 (muestra: ácido) y se llevó a ebullición por 45 min, conservando el montaje de condensación. Se filtró la muestra al vacío, realizando lavados con agua caliente para arrastrar el ácido remanente, concluyendo con un lavado con acetona. Seguidamente, se inició la digestión básica, adicionando NaOH 0,2N en relación 1:40 (muestra: base). Se llevó a ebullición por 45 min con el montaje de condensación, para luego filtrar al vacío en un crisol gosh previamente tarado, realizando lavados con agua caliente para arrasar la base remanente, concluyendo con un lavado con acetona. Los crisoles con la muestra se llevaron a estufa de secado a 100 °C por 3 h y se tomó el peso de la muestra seca. Finalmente, el crisol gosh con la muestra seca fue llevado a la mufla a 500 °C por 2h, se tomó el peso de las cenizas y la diferencia entre el peso de la muestra seca y las cenizas, permitieron determinar el contenido de fibra.

Para cada digestión y lavado, se realizó un montaje de filtrado con un Erlenmeyer con desprendimiento lateral, un embudo Bushner, bomba de vacío y papel filtro, el cual garantizo la filtración de los lavados.

## Evaluación de las características funcionales de la fibra dietaria total

Estas evaluaciones se realizaron a partir de la metodología propuesta por (Alarcón, López y Restrepo, 2013). A la muestra seca se le hicieron pruebas de hinchamiento (H), tomando una relación 50:1 (w:v) de muestra y agua, respectivamente, disponiendo en tubos de ensayo (25 mL), agitando suavemente al inicio y dejando a temperatura ambiente por 18 horas. Luego se midió el cambio de volumen en la muestra, expresando el resultado en mL/g de peso seco. También se determinó la Capacidad de Retención de Agua (CRA), tomando 500 mg de muestra y adicionando 30 ml de agua destilada, se agitó, se dejó en reposo a temperatura ambiente por 18 horas, se centrifugó a 3000g por 20 min, retirando posteriormente el sobrenadante y pesando el residuo, el cual se llevó a secado por 40 °C hasta peso constante; finalmente se tomó el peso, expresando el resultado en g de agua/g peso seco. Adicionalmente, se determinó la capacidad de retención de grasa (CRG), siguiendo el procedimiento anterior, sustituyendo el agua por aceite de oliva extra virgen (0,7 acidez), expresando en g aceite/g peso seco. Todos los análisis fueron realizados por triplicado

## Resultados y discusión

### Caracterización de parámetros químicos de la materia prima

Después de la adecuación de la materia prima (Figura 1) se procedió al secado y molienda de las vainas en donde se obtuvo un rendimiento del 21,4%, valor superior al citado por Alarcón et al.(2013), en donde obtuvieron un rendimiento de 12,6% a partir de cáscara de maracuyá y similar al citado por Cedeño y Zambrano (2014), en la deshidratación de cáscaras de mago 23.36%.



**Figura 1.** Adecuación de las vainas de frijol. SENA (2018).

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las vainas molidas y deshidratadas se pueden observar en la tabla 1. En primer lugar, se obtuvo que el contenido de cenizas fue 12.8% similar al reportado por Muñoz (2010), del 14.2% para la corteza de penca de tunas secas. Este valor determinado en las vainas de frijol es alto, lo que podría representar una desventaja si se considera su uso directo como materia prima en la elaboración de un producto alimenticio debido a que un contenido de cenizas superior al 5% sugiere la presencia de un adulterante inorgánico (Márquez, 2014).

El porcentaje de grasas fue bajo 0.011%, comparado con el 0,47% y 2,93% reportado por Cedeño y Zambrano (2014) para cáscara de piña y mango. Lo anterior significa que las vainas de frijol no son una fuente significativa de grasa.

Con relación al porcentaje de humedad, se determinó que la vaina de frijol evaluada presenta un 22.9%, un valor alto comparado con el 9,84% y el 6,71% obtenidos por Cedeño y Zambrano (2014) para la cáscara de piña y mango respectivamente. Un contenido de humedad bajo es ideal ya que evita que cualquier producto sea susceptible al deterioro enzimático y el ataque microbiano (Carrillo y Reyes, 2013).

**Tabla 1**

Parámetros químicos de la vaina de frijol

| Análisis           | Resultados    | Método empleado   |
|--------------------|---------------|-------------------|
| <b>Humedad (%)</b> | 22,9 ± 0,153  | Secado en estufa  |
| <b>Grasas (%)</b>  | 0,011 ± 0,002 | Soxhlet           |
| <b>Cenizas (%)</b> | 12,8 ± 11,5   | Calcinación       |
| <b>Fibra (%)</b>   | 19,7 ± 1,40   | Método ácido-base |

Nota: Elaboración propia (2020)

### Determinación de fibra dietaria total

Luego del proceso de hidrolisis ácido -base (figura 2), el contenido de Fibra Dietaria Total (FDT) equivalente a 19.7% obtenida a partir de vainas de frijol resulta inferior a otras fuentes de fibra reportadas como la de fibra dietaria del bagazo de caña de azúcar, a la que se le atribuye un 63,79% (Llivicura, 2020), fibra dietaria obtenida a partir residuos de dátiles de 62,1% (Mohamed & Chang, 2008) al estudio reportado por González (2010) obtuvo un 52,07% de FDT en vainas de arvejas y 52,70% en corteza de semillas de dátiles (Fuentes et al.,2009). Las variaciones en los porcentajes de fibra dietaria total de las diversas investigaciones no dependen del método empleado (químico o enzimático) sino a que el material evaluado (vainas de frijol) es diferente a los materiales de los reportes de literatura citados (bagazo de caña de azúcar, vainas de arvejas, semillas de dátiles y subproductos de espárragos).

A pesar de que el contenido de fibra de la vaina de frijol es inferior al del bagazo de la caña de azúcar y al de la vaina de arveja, se puede considerar que contiene un aporte significativo de fibra total, pero para poder ser usado en la industria de alimentos se debe realizar la extracción con método enzimático gravimétrico en dónde se garantice que no quedan residuos químicos en el producto.



**Figura 2.** Proceso Hidrólisis ácido-base. SENA (2018)

## Evaluación de las características funcionales de la fibra dietaria total

Los resultados de la evaluación de las características funcionales de la fibra obtenida de la vaina del frijol se pueden observar en la tabla 2. La capacidad de retención de agua de la fibra arrojó un valor de 87 g de agua/g peso seco, muy alto si se compara con el obtenido en el estudio de las cáscaras de plátano 9,77 g de agua/g peso seco, Alarcón et al. (2013), el 3,99 g de agua/g peso seco reportado por Cedeño y Zambrano (2014) en cáscara de piña y 54,9% de la cascara de penca de sábila reportado por Muñoz (2010). El resultado obtenido indica que la fibra tiene la habilidad para retener el agua libre por capilaridad y fuerzas de tensión. Esta medida está directamente relacionada con la jugosidad.

La capacidad de retención de grasas de la fibra fue de 1,16 g aceite/g peso seco un valor similar al reportado por en la cascara de plátano que fue de 2,1 g aceite/g peso seco (Alarcón et al., 2013) y bajo respecto al obtenido por Cedeño y Zambrano (2014) que fue de 4,5 g aceite/g peso seco en la cascara de mango; por su baja capacidad de retención de grasa proporcionará a los productos una sensación menos grasosa.

La capacidad de hinchamiento de la fibra fue de 5 ml agua/g de peso seco, un valor significativo si se compara con el estudio de la fibra de cáscara

de mango que obtuvo un valor de 3 ml agua/g de peso seco (Cedeño y Zambrano, 2014) pero bajo con respecto al estudio de Muñoz (2010) que fue de 13 ml agua/g de peso seco. El resultado obtenido indica que la fibra total de las vainas de frijol posee afinidad por el agua aumentado su volumen en exceso, lo que significaría en el organismo una mayor saciedad y aumento del bolo.

**Tabla 2**

Características funcionales de la fibra obtenida de la vaina del frijol.

| Análisis                                                | Resultados      | Método empleado          |
|---------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------|
| Capacidad de retención de agua (g de agua/g peso seco)  | $87 \pm 11,13$  | Método de centrifugación |
| Capacidad de hinchamiento (ml agua/g de peso seco)      | $5 \pm 0,94$    | Método de hinchamiento   |
| Capacidad de retención de grasas (g aceite/g peso seco) | $1,16 \pm 0,15$ | Método de centrifugación |

Nota: Elaboración propia (2020)

## Conclusiones

Se logró determinar el contenido de fibra de las vainas de frijol (19.7%) por método químico, pero este no permite usarla en matrices alimentarias por contener residuos químicos, pero sí se extrae por método enzimático gravimétrico podría aplicarse en diversos productos como jugos, productos cárnicos y galletas. La naturaleza de los componentes de las muestras analizadas indica que absorbe agua con facilidad y no presenta afinidad por los lípidos, ya que los valores de la capacidad de retención de grasa son bajos, sin embargo, presenta valores importantes de hinchamiento y capacidad de retención de agua. Gracias a las propiedades funcionales, las fibras que se obtienen de residuos agroindustriales tienen potencial tecnológico para su aplicación (según recomendaciones para ingesta

diaria de fibra) en formulación de alimentos funcionales, en dulces frutales saludables permitiendo estabilidad del producto final, en embutidos cárnicos, en productos de panadería (panes integrales y galletas) como sustitutiva de la grasa, en productos lácteos para mejorar cuerpo y sensación en la boca y reducción de sinéresis en el yogur y otros productos lácteos fermentados, en bebidas, la adición de fibra dietaria aumenta su viscosidad y la estabilidad, también se emplea como humectante por su capacidad de retención de agua en ciertos productos para mascotas.

## Referencias

- Alarcón, M., López, J. H., y Restrepo, D. (2013). Caracterización de la Funcionalidad Tecnológica de una Fuente Rica en Fibra Dietaria Obtenida a partir de Cáscara de Plátano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 66(1), 6959-6968. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v66n1/v66n1a13.pdf>
- Association of Official Analytical Chemist. 923-03 . (2012). *Ash of flour*. Recuperado de <http://www.aoacofficialmethod.org>
- Association of Official Analytical Chemist AOAC. 934-01. (2012). *Official Methods of Analysis. Loss on drying (Moisture) at 95°-100*. Recuperado de [www.aoacofficialmethod.org](http://www.aoacofficialmethod.org)
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Programa de apoyo agrícola y agroindustrial: manual frijol*. Recuperado de <https://www.ccb.org.co/content/download/13731/175123/file/Frijol.pdf>
- Carrillo, M.L. y Reyes, A. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias* , 2(3), 20-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5063620.pdf>

- Cayo, E., y Matos, A. (2009). Obtención de Fibra Insoluble a Partir de Cáscaras de Naranja (*Citrus sinensis*). *Revista de investigación Universitaria*, 1(1). Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Alfredo-Matos-Chamorro/publication/216640308\\_Obtencion\\_de\\_Fibra\\_Insoluble\\_a\\_Partir\\_de\\_Cascaras\\_de\\_Naranja\\_Citrus\\_sinensis/links/03f2f21cd9ad64f0e3093601/Obtencion-de-Fibra-Insoluble-a-Partir-de-Cascaras-de-Nara](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Alfredo-Matos-Chamorro/publication/216640308_Obtencion_de_Fibra_Insoluble_a_Partir_de_Cascaras_de_Naranja_Citrus_sinensis/links/03f2f21cd9ad64f0e3093601/Obtencion-de-Fibra-Insoluble-a-Partir-de-Cascaras-de-Nara)
- Chávez, Á., y Rodríguez, A. (2016). Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, 9(2), 90-107. doi: <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Chiquillo, S. (2017). *Producción y comercialización de frijol caupí (Vigna unguiculata) tecnificado como modelo demostrativo en el municipio de Guaranda Sucre* (Tesis de pregrado). Universidad de La Salle, Yopal, Colombia. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=ingenieria\\_agronomica](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1012&context=ingenieria_agronomica)
- Cedeño, J., y Zambrano, J. (2014). *Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en producción de galletas* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/439/1/TESIS%20GALLETAS.pdf>
- Cornare. (2015). *Plan de Crecimiento Verde y Desarrollo Compatible con el Clima para el Oriente Antioqueño*. Recuperado de <https://www.cornare.gov.co/Plan-crecimiento-verde/Anexo1.Analisis-Socioeconomico-Oriente-Antioqueno.pdf>
- Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas. (2004). *Sensibilidades del sector cerealista y de leguminosas: frijol*. Bogotá. Recuperado de <http://fenalce.org/archivos/frijoldmlm.pdf>
- Fuentes, J.M., Rodríguez, G., Jaramillo, C., Espejo, J.A., Rodríguez, R., Fernandez, J.,... Jiménez, A. (2009). Effect of the extraction method on the chemical composition and functional characteristics of powders with a high content of dietary fiber obtained from asparagus by-products. *Food Chemistry*, 113(2), 665-671. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.075>

- González, S.A. (2010). Sacarificación enzimática de la vaina de arveja fresca ( *Pisum sativum* L. ) variedad sabanera para obtención de azúcares reductores. *Revista Publicaciones e investigación*, 4(1). doi: <https://doi.org/10.22490/25394088.579>
- Icotec. (2017). *Determinación del contenido porcentual de grasa o aceite. Método Soxhlet*. Recuperado de <https://e-collection-icotec-org.bdigital.sena.edu.co/pdfview/viewer.aspx?locale=es-ES&Q=70F1B2CB8D2D0D02CFB1E6A5A5131F84&Req=>
- Llivicura, F. (2020). *Extracción de fibra dietética a partir de bagazo de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la elaboración de hojuelas* (Tesis de Pregrado). Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/888/1/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%20%202125.pdf>
- Magaña, D., Gaucín, S., y Flores, L. (2015). Análisis sectorial y de la dinámica de los precios del frijol en México. *Compendium*, 2(3), 1-21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5803779.pdf>
- Márquez, B.M. (2014). “Cenizas y Grasas” “teoría del muestreo” “Refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones” (Tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, K.L., Miranda, E., y Rosales, L.C. (2011). *Modelo de empresa procesadora de cacao para la obtención de productos con mayor valor agregado* (Tesis de Pregrado). Universidad de el Salvador, San Salvador, Salvador. Recuperado de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1971/1/Modelo\\_de\\_empresa\\_procesadorade\\_cacao\\_para\\_la\\_obtenci%C3%B3n\\_de\\_productos\\_con\\_mayor\\_valor\\_agregado.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1971/1/Modelo_de_empresa_procesadorade_cacao_para_la_obtenci%C3%B3n_de_productos_con_mayor_valor_agregado.pdf)
- Mohamed, A., & Chang, L. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extration from date seeds. *Food Chemistry*, 108(3), 977-985. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.009>

- Montúfar, K. (2014). *Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Recuperado de <http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/14492/421062.pdf?sequence=1>
- Muñoz, J.J. (2010). *Identificación de fibra dietaria en la cáscara, pulpa y en el residuo de la extracción de gel de penca de tuna (Opuntia ficus indica), variedades amarilla y blanca* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/1766/3/Mu%C3%B1oz%20Gonz%C3%A1lez%20Juan%20Jos%C3%A9.pdf>
- Panorama Agroalimentario.(2016). *Frijol 2016*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama\\_Agroalimentario\\_Frijol\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf)
- Vargas, Y. A., y Pérez, L.I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1). Recuperado de <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>