

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

Efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara sobre las propiedades funcionales y consistencia

Presentado por:

Liz Nerly Aiquipa Torre

Para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

**EFFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS DEL ENDOSPERMO DE SEMILLAS DE TARA
SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y CONSISTENCIA**

Presentado por la **Bach. Liz Nerly Aiquipa Torre**, para optar el Título de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Sustentado y aprobado 13 de agosto de 2021, ante el jurado evaluador:

Presidente:

M. Sc. Luis Fernando Pérez Falcón

Primer Miembro:

Ing. Alex Ernesto Muñoz Cáceres

Segundo Miembro:

Ing. Jorge Beltrán Mendoza Cáceres

Asesor:

Ph.D. Fulgencio Vilcanqui Pérez

Agradecimientos

Agradezco infinitamente a Dios por permitirme llegar a concretar una de mis primeras metas de vida, a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por haberme acogido durante toda mi formación profesional, por haberme brindado todos los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Expreso mis más sinceros agradecimientos y estima personal al Ph.D Fulgencio Vilcanqui Pérez por brindarme su tiempo y sus conocimientos en la asesoría de esta investigación, del mismo modo agradezco a los miembros del jurado calificador por brindaron sus aportes y observaciones para la mejora constante de este trabajo de investigación.



Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querida familia, en especial a mis queridos padres quienes con su amor y esfuerzo hicieron posible para darme lo mejor de sí, a mi esposo y mi querida hija por ser el motor, motivo e inspiración para lograr todas mis metas, a mis hermanos quienes estuvieron siempre a mi lado brindándome su apoyo, a mi asesor de tesis Ph.D Fulgencio Vilcanqui Pérez por brindarme su tiempo y paciencia para lograr este anhelado trabajo y todos mis docentes que con sus conocimientos contribuyeron a mi formación profesional.

“Efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara sobre las propiedades funcionales y consistencia”

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo Licencia de Creative Commons



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Enunciado del problema.....	5
1.2.1. Problema general	5
1.2.2. Problemas específicos.....	5
1.2.3. Justificación de la investigación	5
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1. Objetivos del problema.....	7
2.1.1. Objetivo general	7
2.1.2. Objetivos específicos	7
2.2. Hipótesis de la investigación.....	7
2.2.1. Hipótesis general	7
2.2.2. Hipótesis específicas.....	7
2.3. Operacionalización de variables.....	7
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1. Antecedentes.....	9
3.2. Marco teórico.....	10
3.2.1. Tara.....	10
3.2.2. Conformación de la semilla de tara	12
3.2.3. Composición química de la semilla de tara	13
3.3. Marco conceptual.....	14



3.3.1.	Endospermo o goma de semillas de tara	14
3.3.2.	Características químicas de endospermo de semillas de tara	14
3.3.3.	Usos del endospermo de semilla de tara o goma de tara:	15
3.3.3.	Fibra dietética	17
3.3.4.	Usos e importancia de la fibra dietética.....	17
3.4.	Definición de términos.....	23
CAPÍTULO IV		24
METODOLOGÍA		24
4.1.	Tipo y nivel de investigación.....	24
4.2.	Diseño de investigación.....	24
4.3.	Descripción ética de la investigación.....	24
4.4.	Población y muestra.....	24
4.4.1.	Población	24
4.4.2.	Muestra	24
4.5.	Procedimientos.....	24
4.5.1.	Obtención del endospermo de semilla de tara	24
4.5.2.	Determinación de las propiedades funcionales	25
4.5.3.	Determinación de la consistencia del fluido.....	30
4.6.	Técnica e instrumentos.....	31
4.6.1.	Equipos, materiales, utensilios y reactivos.....	31
5.3.	Análisis estadístico.....	32
CAPÍTULO V		33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		33
5.1.	Análisis de resultados.....	33
5.1.1.	Resultados de las propiedades funcionales del EST.....	33
5.1.2.	Determinación de consistencia y comportamiento de fluido del EST.	37
5.2.	Contrastación de hipótesis.....	40
5.3.	Discusiones.....	41



CAPÍTULO VI	44
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
6.1. Conclusiones.....	44
6.2. Recomendaciones.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	49



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 — Operacionalización de variables	8
Tabla 2 — Clasificación taxonómica de la tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>)	10
Tabla 3 — Composición química proximal por 100 g de semilla.....	13
Tabla 4 — Propiedades Químicas de la Goma de Tara.....	14
Tabla 5 — Propiedades funcionales del endospermo de semilla de tara ¹	33
Tabla 6 — Resultados de consistencia del EST.	39
Tabla 7 — Resultados de la pendiente de la curva del comportamiento reológico de fluido dependiente del tiempo.	40
Tabla 8 — Análisis de varianza ANOVA de la solubilidad en agua.....	50
Tabla 9 — comparación múltiple de medias de Tukey para la solubilidad en agua ...	50
Tabla 10 —Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de absorción de agua	50
Tabla 11 — Ccomparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de absorción de agua	51
Tabla 12 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de retención de agua.....	51
Tabla 13 — Comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de retencion de agua	52
Tabla 14 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de hinchamiento	52
Tabla 15 — Comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de hinchamiento.....	53
Tabla 16 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de absorción de aceite ...	53
Tabla 17 — comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de absorción de aceite	54



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 — Vainas de la tara.	11
Figura 2 — Conformación de la semilla de tara	12
Figura 3 — Goma y semilla de Tara.....	13
Figura 4 — Curvas atípicas de los fluidos independientes del tiempo.	21
Figura 5 — Comportamiento de los fluidos dependientes del tiempo.....	23
Figura 6 — Procedimiento de para obtención de endospermo de semillas de tara (EST).....	25
Figura 7 — Procedimiento para determinar la solubilidad en agua.....	26
Figura 8 — procedimiento para la determinación de la Capacidad de absorción y retención de agua (CAA y CRA)	28
Figura 9 — Procedimiento para la determinación de Capacidad de hinchamiento (CH)	29
Figura 10 — procedimiento para determinar la capacidad de absorción de aceite (CAAc)	30
Figura 11 — Procedimiento para determinación de la consistencia de fluido.....	31
Figura 12 — Solubilidad en agua (SA) del EST según tamaño de partícula.....	34
Figura 13 — Capacidad de absorción de agua (CAA) del EST con respecto al tamaño de partículas	35
Figura 14 — Capacidad de retención de agua (CRA) del EST en relación al tamaño de partículas	36
Figura 15 — Capacidad de hinchamiento (CH) del EST según el tamaño de partículas	36
Figura 16 — Capacidad de absorción de aceite (CAAc) del EST en relación al tamaño de partículas.	37
Figura 17 — Curva de comportamiento del fluido.	38
Figura 18 — Curva de Comportamiento reológico de fluido dependiente del tiempo..	39
Figura 19 — árbol y vainas secas de la tara.....	55
Figura 20 — semillas de tara siendo preparadas para la hidratación.....	55
Figura 21 — endospermo de semillas de tara en hojuelas y polvo de endospermo de semillas de tara.....	56
Figura 22 — molino de fricción del laboratorio de tecnología de productos agroindustriales	56
Figura 23 — tamizado del polvo de endospermo de semillas de tara.....	57



Figura 24 — separación del polvo de endospermo de semillas de tara por tamaños de partícula.....	57
Figura 25 — agitación de la muestra y posterior centrifugación para el análisis de absorción de agua.....	58
Figura 26 — muestra centrifugada del endospermo de semillas de tara en el análisis de absorción de agua.....	58
Figura 27 — pesado de los tubos y preparación de las muestras para determinación de capacidad de retención de agua.....	59
Figura 28 — las muestras se colocaron en la estufa a 37° c durante 18 horas y luego fueron centrifugadas para la posterior centrifugación y pesado en el análisis de retención de agua	59
Figura 29 — preparación de muestra para el análisis de capacidad de absorción de aceite	60
Figura 30 — centrifugado y eliminación del sobre nadante de la capacidad de retención de aceite del endospermo de semillas de tara.....	60
Figura 31 — preparación de muestras para el análisis de solubilidad en agua.....	61
Figura 32 — pesado de placas y secado en estufa de las muestras para el análisis de solubilidad en agua.....	61
Figura 33 — evaluación de la capacidad de hinchamiento de los diferentes tamaños de partículas del endospermo de semillas de tara	62
Figura 34 — hidratación de muestras para el análisis de consistencia del polvo de endospermo de semillas de tara.....	62



INTRODUCCIÓN

La goma o endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*), se considera como un producto secundario de la agroindustria que se genera después del aprovechamiento agroindustrial de vainas secas de esta leguminosa. (Bastidas, 2013) La composición química de esta goma, consiste en una cadena lineal de unidades de (1→4)-1,3-D-manopiranosas con unidades de α-D-galactopiranosas con enlaces (1→6). Estos componentes no son digeribles por el sistema gastrointestinal humano, por lo que es considerado como una fibra dietética. Dentro de la industria alimentaria es potencialmente utilizado como un aditivo alimentario por sus buenas características de gelificación y espesante (Bastidas, 2013).

La fibra dietética tiene gran importancia en la prevención de algunas afecciones a la salud como: estreñimiento, enfermedades coronarias, cáncer de colon, arterioescleroides, hemorroides, diverticulosis, diabetes mellitus y obesidad (Vilcanqui y Vílchez, 2017). Estas enfermedades se manifiestan principalmente por los malos hábitos alimenticios como el consumo de productos altamente procesados, que contienen alto contenido de grasas, carbohidratos y mínimas cantidades de fibra dietética a esto se suman la falta de actividad física y llevar una vida cada vez más sedentaria. Por tal motivo, los alimentos con buen contenido en fibra dietética están relacionadas con un efecto benéfico para la salud (Vilcanqui y Vílchez, 2017).

El efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara sobre las propiedades funcionales y consistencia, son factores muy importantes dentro de aprovechamiento y utilización de la goma de tara, para la incorporación en los diferentes productos como jugos, zumos, panadería, lácteos, carnes y otros, al mismo tiempo, representan una buena alternativa para una alimentación saludable, debido a que está compuesta principalmente por fibra dietética.



RESUMEN

El endospermo o goma de semillas de tara (EST), compuesto por galactomanos, pertenece a la fibra dietética y en la industria alimentaria es ampliamente utilizado como aditivo alimentario por las propiedades de viscosidad, funcionales, las mismas que son influenciados por el tamaño de partículas. El objetivo del presente ha sido evaluar el efecto del tamaño de partículas del EST sobre las propiedades funcionales y consistencia. Bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), el tamaño de partículas de 90, 125, 150, 180, 600 y 1180 μm respectivamente, del EST, se evaluaron sobre la solubilidad en agua (SA), capacidad de absorción y retención de agua (CAA y CRA), capacidad de hinchamiento (CH) y la capacidad de absorción de aceite (CH); además, sobre las propiedades de consistencia mediante el uso del viscosímetro Brookfield. Las partículas de mejor tamaño son las que presentaron una mejor SA (87,98% y 95,73%), del mismo modo que la mejor CAAC (7,74 g/g y 7,83 g/g); en cambio, las partículas gruesas tuvieron mejores valores en la CAA (33,82 g/g) y CRA (34,19 g/g). Para todos los tamaños de partícula, la solución del EST presentó un fluido no newtoniano de tipo pseudoplástico, cuya viscosidad aparente más alta fue de 0,239 Pa.s (90 μm). También se pudo evidenciar que los tamaños de partículas de 90 a 600 μm , tuvieron un comportamiento tixotrópico; a excepción de 1180 μm que tuvo un comportamiento reopéctico. El tamaño de partículas del endospermo de semilla de tara, es un factor que influye sobre las propiedades funcionales y de consistencia.

Palabras Clave: *Tara, consistencia, propiedades funcionales, tamaño de partículas.*

ABSTRACT

The endosperm or tara seed gum (EST), composed of galactomans, belongs to dietary fiber and in the food industry is widely used as a food additive for viscosity properties, functional, the same ones that are influenced by particle size. The objective of this study was to evaluate the effect of EST particle size on functional and consistency properties. Under a completely randomized design (DCA), the particle sizes of 90, 125, 150, 180, 600 and 1180 μm respectively of the EST were evaluated on water solubility (SA), water absorption and retention capacity (CAA and CRA), swelling capacity (CH) and oil absorption capacity (CH); in addition, on consistency properties. Under a completely randomized design (DCA), the particle sizes of 90, 125, 150, 180, 600 and 1180 μm respectively of the EST were evaluated on water solubility (SA), water absorption and retention capacity (CAA and CRA), swelling capacity (CH) and oil absorption capacity (CH); in addition, on consistency properties by using the Brookfield viscometer. The smallest particles had the best SA (87.98% and 95.73%), as well as the best CAAC (7.74 g/g and 7.83 g/g); in contrast, coarse particles had the best values in the CAA (33.82 g/g) and CRA (34.19 g/g). or all particle sizes, the EST solution presented a non-Newtonian pseudoplastic fluid, whose highest apparent viscosity was 0.239 Pa. s (90 μm). It was also evident that the particle sizes of 90 to 600 μm , had a thixotropic behavior; except for 1180 μm that had a rheumatic behavior. The particle size of the tara seed endosperm is a factor that influences the functional and consistency properties. Keywords: Tara, consistency, functional properties, particle size.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Sobre el endospermo de semilla de tara (comercialmente conocido como la goma de tara), existe en la literatura científica información que describe las buenas propiedades de viscosidad, gelificantes, estabilizante, emulsionante y otros; además, es una fuente fibra de origen natural; sin embargo, por el alto costo que tiene en el mercado, obliga al empresario optar por el uso de estabilizantes de origen químico o sintéticos, tales como la carboximetilcelulosa y la pectina. En cuanto a las estadísticas de la producción de la tara, la región de Apurímac, durante el año 2015, alcanzó una producción de 27,666 TM, distribuidas en sus siete provincias (Ministerio de Agricultura Apurimac, 2015); siendo recolectadas y comercializadas como materia prima (presentaciones en vainas), y no se le ha dado un valor agregado a la goma o endospermo de las semillas de tara y por lo tanto no hubo un crecimiento económico en favor de los productores. Las causas podrían ser la escasa tecnología que existe para extraer el endospermo de las semillas de tara, que se manifiesta por falta de conocimientos sobre sus propiedades funcionales y consistencia en función al tamaño de partículas.

En la producción de diferentes productos como zumos, extractos, jugos, productos de panadería y pastelería, productos lácteos, productos cárnicos y otros, se tienen diferentes problemas debido a que estos productos al ser almacenados presentan la separación de fases o sedimentación de sólidos presentes en su composición y otros, lo que conlleva a una disminución de su calidad y aceptabilidad. Muchos de estos productos que se encuentran en el mercado contienen estabilizantes de origen químico, los mismos que aportan muy pocos beneficios al organismo e incluso algunos representan un peligro y atentan contra la salud de los consumidores. La goma de tara al poseer una alta solubilidad, capacidad de formación de geles, estabilidad inmediata, resistente a altas temperaturas y al poseer polisacáridos con alto peso molecular cuyo componente principal son los galactomananos, representa una buena alternativa para disminuir en gran medida estos problemas. En la literatura científica se ha encontrado estudios sobre el efecto del tamaño de partículas de las distintas fuentes de fibra dietética sobre las propiedades fisicoquímicas y funcionales y se ha concluido que estos influyen

significativamente; sin embargo, respecto al EST aún no se ha encontrado esta información.

1.2. Enunciado del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre las propiedades funcionales y consistencia?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influye el tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre las propiedades funcionales expresadas en: solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de aceite?
- ¿Cuál es el comportamiento de la consistencia expresada en la viscosidad y el tipo de fluido en función a los diferentes tamaños de partículas del endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*)?

1.2.3. Justificación de la investigación

La tara (*Caesalpinia spinosa*) es una planta que posee múltiples propiedades en toda su estructura, una de ellas es la fibra dietética (FD) que se encuentra en el endospermo de tara. La fibra dietética, es uno de los componentes más importantes de la alimentación humana, que sirve para prevenir ciertas enfermedades ocasionadas por una dieta pobre en fibra, que en la actualidad se han convertido de las protagonistas de las estadísticas mundiales, al mismo tiempo es de gran importancia diversificar las líneas de producción y darle un valor agregado a este producto ya que en actualidad en la región de Apurímac se vende como materia prima únicamente.

La goma de tara contiene moléculas de galactomananos, considerada como una fibra dietética, puesto que no es digerible en el sistema gastrointestinal humano. En esta tendencia, fibra dietética, gracias a sus propiedades funcionales, contribuye en la salud en diferentes aspectos y son indispensables para llevar una alimentación saludable. Por lo tanto, la identificación del efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara y la consistencia puede contribuir en la tecnología de los alimentos para el diseño de nuevos productos. De igual forma, puede contribuir en la prevención de algunas enfermedades no

transmisibles. Finalmente, estos nuevos conocimientos, contribuirá en el aprovechamiento e industrialización de la tara y los subproductos obtenidos de la misma en la región de Apurímac

Para la agroindustria es muy importante estudiar el tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara, debido a que ciertos comportamientos de la fibra dietética dentro del tracto digestivo como: el tiempo de tránsito, la fermentación y la excreción fecal, dependen del tamaño de partículas; las propiedades de funcionales del endospermo de semillas de tara (CRA, CAA, SA, CH y CAAC) proveen información útil para producción de alimentos suplementados y todo ello coadyuvará a lograr una mejor comprensión del comportamiento el endospermo de semillas de tara en los alimentos o en el tracto intestinal.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos del problema

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre las propiedades funcionales y consistencia.

2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre las propiedades funcionales expresadas en: solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de aceite.
- Evaluar la consistencia a través de la determinación de la viscosidad y tipo de fluido en función a los diferentes tamaños de partícula del endospermo de semillas de tara.

2.2. Hipótesis de la investigación

2.2.1. Hipótesis general

El tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara influye sobre las propiedades funcionales y la consistencia de la goma o endospermo de semillas de tara.

2.2.2. Hipótesis específicas

- El tamaño de partículas (1180 μm , 600 μm , 180 μm , 150 μm , 125 μm y 90 μm) influye sobre las propiedades como: solubilidad en agua, capacidad de absorción de agua, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y absorción de aceite.
- La consistencia del fluido del endospermo de semillas de tara varía significativamente de acuerdo al tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara (1180 μm , 600 μm , 180 μm , 150 μm , 125 μm y 90 μm).

2.3. Operacionalización de variables

En la tabla 1, Se presenta la operacionalización de variables del presente informe final de tesis.



Tabla 1— Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicador	Índice
Variable independiente			
Tamaño de partículas	Diferentes tamaños de partículas obtenidas en el tamizador de diferentes números de malla.	Diámetro	Nº de malla y μm
Variables dependientes			
Propiedades funcionales del endospermo de semillas de tara	Son aquellas propiedades que posee la fibra dietética que pueden ser medidas por diferentes métodos	Solubilidad en agua	g/g
		Capacidad de absorción de agua	g/g
		Capacidad de retención de agua	ml/g
		Capacidad de hinchamiento	%
		Capacidad de adsorción de aceite	g/g
Consistencia del fluido	Es la fuerza por unidad de superficie requerida para mover un fluido a una velocidad de corte dada	Viscosidad Índice de consistencia Índice de comportamiento	kg/m.s. Adimension al Pa.s ⁿ



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1. Antecedentes

- a) **Sotelo et al.** (2019), “evaluó la incorporación de la harina de quinua Altiplano sin cocción (HQA), fibra soluble del endospermo de semillas de tara (FST) y también fibra insoluble de hojas de agave (FIA) sobre las propiedades sensoriales de las galletas y su respuesta fisiológica en ratas Holtzman. En galletas elaboradas con la inclusión del 2,85% de la fibra soluble de la goma de tara y otros insumos como la harina de quinua, tuvo una alta aceptabilidad por los consumidores y una buena respuesta fisiológica en ratas” (Sotelo et al. 2019).
- b) **Vilcanqui et al.** (2018), “evaluó las propiedades funcionales, efectos fisiológicos y efectos en la absorción de minerales del endospermo de semillas de tara (EST) y polvo de las hojas de *Agave americana* (HAA); teniendo como control a alfa celulosa (CEL)” (Vilcanqui et al. 2018). La goma o endospermo de las semillas de tara (EST) tuvo un 32,18% de solubilidad, 44,99% g/g de capacidad de absorción de agua (CAA), 47086 g/g de capacidad de retención de agua (CRA), 45,99 ml/g de capacidad de hinchamiento (CH). Las dietas formuladas con 6 y 10% de endospermo de semillas de tara (EST), presentaron buenos efectos fisiológicos en ratas (Vilcanqui et al. 2018).
- c) **Ampuero** (2016), “determino el nivel de influencia de los porcentajes de incorporación de catorce mezclas de goma de tara, goma xantana y carragenina sobre el índice de consistencia, sinéresis, índice reológico, nivel de aceptabilidad y costos de la salsa de ají amarillo (*Capsicum baccatum var. pendulum*) con jugo de maracuyá (*Passiflora edulis*)” (Ampuero, 2016). Determino que los porcentajes óptimos, con mejor aceptabilidad y a un precio promedio aceptable, fueron de 1,38% de endospermo o goma de tara, 28,47% de carragenina, 70,16% de goma xantana (Ampuero, 2016).
- d) **Bastidas** (2013), “evaluó los parámetros o factores de extracción de goma de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*), utilizo muestras de semillas de tara procedentes de dos distritos diferentes, Soraya (A) y Vilcabamba (B); observo que la mejor interacción de los factores en función al rendimiento, propiedades fisicoquímicas y reológicas fue el del método de extracción con niveles de grado de dilución de 1/80, pH 7 y una temperatura de 85 °C” (Bastidas, 2013).
- e) **Sanabria** (2011), realizó estudios sobre distintas metodologías de extracción de goma o endospermo a partir de semillas de tara y logró determinar que el mejor método fue



el térmico-tostado con el que obtuvo un rendimiento de goma de 15,82%, incorporando soda a un 19,93%, H₂SO₄ a un 17,79% y con vapor de agua a 15,32%. Análisis del índice reológico de la goma de tara a una concentración de 0,1% a 0,5% p/v en el que reportó un registro de 0,178 a 0,393, tuvo un comportamiento característico de un fluido pseudoplástico (Sanabria, 2011).

- f) **Villarroel (2003)**, este autor realizó estudios acerca de las propiedades funcionales de la fibra dietética del musgo (*Sphagnum magellanicum*) como fuente importante de fibra dietética, en la que se “determinó la CAA y CRA, CAMO, CH y CIC. Utilizo fracciones de tamaño de partícula T1 (1400 µm); T2 (1000 µm); T3 (425 µm); T4 (180 µm), estas fueron analizadas para medir su efecto sobre estas propiedades. Las mejores respuestas de CAA, CRA, CAMO y CH se obtuvieron con T3, con la excepción de la CIC cuyo mejor resultado que obtuvo fue con T1” (Villarroel, 2003).

3.2. Marco teórico

3.2.1. Tara

3.2.1.1. Descripción del Producto

La tara (*Caesalpinia spinosa*), es un tipo de planta nativa de Perú, repartido en América Latina que también fue cultivada en países de Asia como: India, China y Marruecos. A continuación, se muestra la clasificación taxonómica que se puede apreciar en la Tabla 2 (Polo, 2016).

Tabla 2 — Clasificación taxonómica de la tara (*Caesalpinia spinosa*)

Reino	Planta
Subreino	Tracheobionta
Superdivisión	Spermatophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Caesalpinia
Especie	Caesalpinia spinosa
Sinónimos	Poinciana spinosa Molina

Extraído de Polo (2016)



Los frutos de la tara se caracterizan por producir vainas de color amarillo, anaranjado y rojizo, el largo de las vainas puede medir aproximadamente 10 cm, el ancho puede medir 2 cm aproximadamente y puede albergar en su interior hasta un promedio de 7 semillas de un diámetro de 5 a 7 mm (Masgo y Quispe, 2019) “Es conocido la tara como el algarrobo peruano en la industria alimentaria. Esta denominación se le atribuye por tener propiedades parecidas a las algarrobas y a la goma guar, las cuales son muy utilizadas en la Unión Europea” (Masgo y Quispe, 2019).

3.2.1.2. Características botánicas de la tara (*Caesalpinia Spinosa*)

Se caracteriza por ser un árbol que alcanza un promedio de cinco metros de altura, el tronco tiene de una corteza gris que posee espinas pequeñas de aprox. 4 mm de largo, con ramas abiertas profundamente pobladas. En muchos casos las ramas se inician desde la base dándole un aspecto de varios tallos. La copa de la tara suele ser irregular, con ramas ascendentes, sus flores tienen la forma de racimos color amarillo, su fruto es de color rojizo-naranja de aproximadamente 10 cm de largo por 3 de ancho. Cada vaina contiene de 4 a 7 semillas redondas y de color marrón (Bocanegra, 2012).



Figura 1 — Vainas de la tara

3.2.1.3. Distribución geográfica y zonas productoras de tara en el Perú

La tara se distribuye prácticamente en toda la costa peruana, en el norte (Piura) hasta el sur (Tacna), y en algunos departamentos de la sierra como Cusco y Apurímac.

La tara puede encontrarse en los flancos occidentales de la vertiente del pacífico (valles, laderas, riberas de ríos y lomas), desde una altitud de 800 msnm hasta 2800 msnm; sin embargo, también se encuentran en los valles de Apurímac hasta una altura de 3150 msnm. La tara tiene un mejor desarrollo en los suelos silíceos y arcillosos que predominan en la cuenca del Ayacucho (De La Cruz, 2004).

3.2.2. Conformación de la semilla de tara

Según Martínez (2016), la goma se encuentra dentro de una porción de la semilla de tara que se denomina endospermo. Ésta trabaja como la reserva de alimentos y energía para el desarrollo del embrión durante el proceso de germinación. Por ser de característica dicotiledónea, la semilla contiene dos endospermos, estos tienen la función de rodear al embrión y están protegidos por una cáscara de color marrón oscuro o pardo negruzco. Según Martínez (2016), las semillas de tara tienen un tamaño aprox. de 0,6 a 0,7 cm y están compuestas por las siguientes partes: aproximadamente el 39,5% representa la cascara, el 27% es de endospermo o goma; el 26% el germen y un total de 7,5% la humedad. En la Figura 2, se muestra la goma en el lado izquierdo y las semillas de tara en el lado derecho respectivamente (Basurto, 2009).

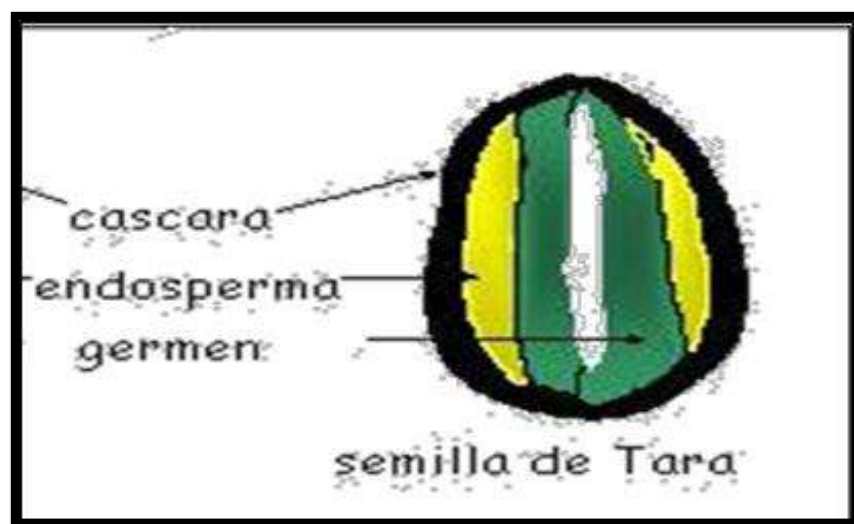


Figura 2 — Conformación de la semilla de tara

Extraído de Martínez (2016)



Figura 3 — Goma y semilla de Tara

3.2.3. Composición química de la semilla de tara

En la Tabla 3, presenta los datos obtenidos del análisis químico proximal realizado a la vaina de la tara, semilla, germen, goma o endospermo y cascara.

Tabla 3 — Composición química proximal por 100 g de semilla

	Vainas	Semillas	Goma	germen	cáscara
Humedad	11.70%	12.01%	13.76%	11.91%	10.44%
Proteínas	7.17%	19.62%	2.50%	40.22%	1.98%
Cenizas	6.24%	3.00%	0.53%	8.25%	3.03%
Fibra bruta	5.30%	4%	0.86%	1.05%	1.05%
Extracto etéreo	2.01%	5.20%	0.48%	12.91%	0.97%
Carbohidratos	67.58%	56.17%	81.87%	25.66%	83.56%
Azúcares	-	-	83.20%	-	-
Taninos	62.00%	-	-	-	-

Extraído de Sanabria (2011)

Según Sanabria (2011), como describe en la Tabla 3, la goma de tara posee un alto contenido de los carbohidratos (81,87 %) que sería un indicador del contenido de la fibra dietética principalmente la soluble, siendo esta su principal componente, al mismo tiempo se observa la presencia de 67,58% de carbohidratos a nivel de toda la semilla, de esto es posible deducir del por qué se encuentra un alto contenido de fibra en las semillas de la tara.

3.3. Marco conceptual

3.3.1. Endospermo o goma de semillas de tara

El endospermo o goma de semillas de la tara se obtiene de la separación y molienda de la cascara, germen y endospermo de las semillas de la tara (Ramírez, 2006). Las soluciones de endospermo de semillas de tara o goma de tara no se presentan como fluidos newtonianos y se clasifican como pseudoplasticas, estas se vuelven fluidas de forma reversible al someterlas a un aumento de temperatura, pero se degradan de forma irreversible al cuando se someten a altas temperaturas por un tiempo prolongado. Las soluciones de endospermo de semillas de tara poseen una alta resistencia a la degradación por esfuerzo cortante, y al ser comparadas por otros polímeros hidrosolubles, poseen un valor de inicial de resistencia y no son dependientes del tiempo (Ramírez, 2006).

3.3.2. Características químicas de endospermo de semillas de tara

Según Martínez (2016), la goma de tara, posee bifurcaciones únicas de galactosa en cada cuarta unidad de manosa. La bifurcación lateral mayor de las moléculas de goma de tara se hidrata mejor en agua fría, así como su mejor fijación de nitrógeno. El endospermo de semillas de tara o goma de tara está compuesto en promedio por: el 80% de galactomano, el 13,76% de agua, 2,5% de proteína, un 2% de residuo insoluble en ácidos o fibra cruda, 0,53% de ceniza y 0,7% de grasa aproximadamente, tal como se muestra en la Tabla 4 (Martínez, 2016).

Tabla 4 — Propiedades Químicas de la Goma de Tara

Propiedades	Goma de tara
Humedad	13,76%
Proteínas	2,5%
Cenizas	0,53%
Fibra bruta	0,86%
Extracto de etéreo	0,48%
Carbohidratos	81,87%
Azucares totales	83,2%

Extraído de Martínez (2016)

3.3.2.1. Solubilidad de la goma de tara

La goma de tara o endospermo de semillas de tara es considerada un polímero fácil de hidratar en agua fría (Vilcanqui y Vilches 2017). Al someter a un tratamiento térmico a una solución de goma de tara, es posible lograr disminuir el tiempo necesario para alcanzar su potencial absoluto de viscosidad. El agua es considerada hasta el momento como el único solvente común para la goma de tara, aunque tolera limitadas concentraciones de solventes miscibles al agua, como los alcoholes, es soluble en agua hasta un 60% a 25°C, alcanzando su total solubilidad a una temperatura de 98°C. (Vilcanqui y Vilches 2017).

3.3.2.2. Viscosidad del endospermo o goma de tara

Los sistemas acuosos en cuyo contenido poseen el endospermo de semillas de tara o goma, manifiestan viscosidades relativamente altas a concentraciones muy bajas. El grado de uso generalmente se recomienda a concentraciones mucho menores que el 1%, debido que a concentraciones superiores la viscosidad puede llegar a ser excesiva para la mayor parte de las aplicaciones o usos y no permite realizar las mediciones correspondientes. Para una solución típica, si se duplica la concentración del endospermo de semillas de tara, se obtiene un aumento de 10 veces en la viscosidad (Vilcanqui y Vilches 2017).

3.3.3. Usos del endospermo de semilla de tara o goma de tara:

Según Toribio (2016), la goma de tara se emplea en las siguientes:

3.3.3.1. Alimentos lácteos

Es ampliamente utilizada en los estabilizadores de helado, sobre todo cuando es necesario someter al producto a altas temperaturas por periodos de tiempo cortos (80°C a por 20 a 30 segundos). La goma de tara o endospermo es ampliamente utilizada en gran variedad de productos como: quesos suaves, en quesos crema procesados y pasteurizados, cuya finalidad principal es para incrementar el rendimiento de sólidos de la cuajada. Es capaz de producir cuajadas suaves, compactas, de textura excelente. Para la producción de quesos cremosos es posible mezclar 1 al 2 % de goma de tara con los otros ingredientes, fundiendo y enfriando la mezcla homogénea (Toribio, 2016).



3.3.3.2. Productos de panadería

La goma o el endospermo de semillas de tara es incorporada a varios tipos de masas durante la etapa del amasado, permitiendo obtener un mayor rendimiento, mayor elasticidad, textura más suave y una vida útil más larga, de esta forma, mejora las propiedades de manejo de la masa. En la producción de pasteles y masas de bizcocho, tienden a generar un producto con mayor suavidad que permite desmoldar fácilmente, evitar las adherencias a los moldes y rebanar con mayor facilidad sin desmenuzarse (Toribio, 2016).

3.3.3.3. Carnes

En la industria cárnica la goma o endospermo de semillas de tara actúa como aglutinante y lubricante, en el procesamiento de distintas variedades de productos a base de carne como: salchichas, productos de carne llenados y variedades de comidas para animales enlatados, la goma de tara permite que disminuya la pérdida de peso durante el almacenamiento (Toribio, 2016).

3.3.3.4. Bebidas

Según Toribio (2016), la goma de tara actúa como un espesante natural en el procesamiento de diferentes tipos de bebidas de frutas y bebidas dietéticas sin azúcar. El endospermo de semillas de tara puede ser mezclada con carragenato, y se utiliza para estabilizar diversos productos como: jarabes de chocolate, mezclas de chocolate en polvo, néctares de frutas, zumos y jugos (Toribio, 2016).

3.3.3.5. Aderezos y salsas

La goma de tara es ha sido ampliamente utilizada en la industria de los aderezos y salsas por sus propiedades espesantes y gelificantes, debido a que estas características son capaces de mantener y mejorar su apariencia y estabilidad, principalmente es incorporado en la producción de aderezos, salsas de encurtidos, aderezos condimentados y salsas de barbacoa. Muestra una gran compatibilidad con emulsiones muy agrias y es eficaz a porcentajes pequeños como de 0,2 a 0,8% del peso total (Toribio, 2016).

3.3.3.6. Productos de farmacéuticos y cosmetológicos

La goma de tara es ampliamente reconocida por sus propiedades funcionales, por tal motivo, en la industria farmacéutica es utilizada como un compuesto

capaz de inhibir el apetito, también se usa como desintegrador y agente aglutinador en tabletas comprimidas. En la industria cosmetológica, es incorporada a ciertos productos como cremas, lociones y otros productos por sus propiedades para estabilizar y mejorar sus propiedades. (Toribio, 2016).

3.3.3.7. Industria del papel

La goma de tara es en la industria del papel un componente muy importante y altamente utilizado, donde se adiciona como un agente conservador de la humedad en los procesos de manufactura, debido a que es capaz de proporcionar características, también es utilizado como corrector de irregularidades en las prensas y calandras (Toribio, 2016).

3.3.3. Fibra dietética

La fibra dietética está compuesta por lignina y polisacáridos no almidonados (celulosa, hemicelulosa, pectinas, gomas y mucilagos) de las plantas. Se encuentra en la fracción celular de las plantas, es flexible al hidrolisis por las enzimas digestivas del ser humano, pero son fermentadas por la microflora colónica y eliminados por las heces. (Chamorro, *et al.*, 2010).

3.3.4. Usos e importancia de la fibra dietética

La importancia de la fibra dietética radica en la prevención de enfermedades no transmisibles como: enfermedades coronarias, cáncer de colon, hemorroides, diverticulosis, arteriosclerosis, diabetes mellitus, obesidad y otros. La incidencia de la fibra dietética en la salud durante los últimos años y el consumo de la misma, han adquirido gran importancia, obligando a la industria alimentaria a desarrollar nuevos productos, saludables con alto contenido de fibra dietética, vitaminas y bajo contenido de colesterol (Vilcanqui y Vélchez, 2017).

3.3.5. Composición de la fibra dietética

Alrededor del 75% de la fibra dietética en los alimentos está presente en su insoluble o fibra insoluble, sin embargo, la mayoría de las fuentes de fibra en la actualidad son mezclas de fibras insolubles y solubles (Chamorro, *et al.*, 2010).

3.3.6. Propiedades funcionales y fisicoquímicas de la fibra dietética

La fibra dietética posee una variedad de propiedades fisicoquímicas y que han sido conferidas por distintos componentes que desempeñan efectos fisiológicos determinados. Todas estas propiedades permiten regular la motilidad intestinal y

reducir el tiempo de tránsito, regular la absorción de nutrientes y otros efectos positivos para la salud (Vilcanqui, *et al.*, 2018).

3.3.6.2. Volumen aparente global y tamaño de partícula

El motivo principal de realizar investigaciones sobre el tamaño de partículas se debe a que ese controla ciertos eventos que se manifiestan en el tracto digestivo. Algunos componentes que intervienen en la cohesión de la matriz de la fibra pueden ser solubilizados (Nieto, 2013). Es posible medir la distribución del tamaño de partículas a través de diferentes métodos como tamizado, cambio en la resistividad de un medio conductor o métodos ópticos como difracción láser, microscopía y análisis sistematizado de imágenes (Nieto, 2013).

3.3.6.3. Propiedades de hidratación

Las diversas propiedades de hidratación de la fibra se evalúan generalmente son: capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de absorción de agua (CAA), y capacidad de hinchamiento (CH). estas propiedades muestran una visión general de la hidratación de la fibra, brindando una información amplia y útil para la elaboración de alimentos suplementados. La absorción de agua de la fibra es también es capaz de brindar información acerca del volumen de poros que posee el sustrato. Todo ello contribuirá al entendimiento del comportamiento de la fibra dietética en los alimentos o durante el tránsito intestinal (Nieto, 2013).

- a) **Capacidad de Absorción de Agua (CAA).** Interpreta la máxima cantidad de agua que puede ser absorbida por cada gramo de fibra seca en presencia de un exceso de agua y posteriormente bajo la acción de una fuerza patrón (García, *et al.*, 2013).
- b) **Capacidad de Hinchamiento (CH).** Es la capacidad que un producto posee para incrementar su volumen en disposición de exceso de agua. En esta propiedad influye la cantidad de componentes, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Abarca, *et al.*, 2010).
- c) **Capacidad de Retención de Agua (CRA).** La fibra dietética posee la habilidad de atrapar agua dentro de su matriz, y esto se debe a los numerosos grupos polares libres de sus azúcares libres constituyentes. La CRA es fisiológicamente importante, debido a que la cantidad de agua atrapada en la fibra dietética proporcionará una función específica en el

organismo. Los principales factores que influyen sobre la capacidad de retención de agua son: su microestructura, tamaño de partícula, pH, fuerza iónica y la presencia de otros compuestos que también retienen agua, como los azúcares y el almidón (Vilcanqui et al., 2018).

3.3.6.4. Capacidad de Absorción de Aceite (CAAc)

La capacidad de absorción de aceite, es la habilidad que cada gramo de materia seca de fibra dietética posee para absorber aceite en presencia de un exceso de aceite (García, *et al.*, 2013). La capacidad de absorción de aceite está ampliamente relacionada con los compuestos químicos de la fibra dietética, el tamaño y el área de las partículas de la fibra; se logró observar que las fibras insolubles tienen la capacidad de absorber mayor cantidad de grasa que las fibras solubles (Vilcanqui y Vélchez, 2017).

3.3.6.5. Solubilidad

La solubilidad de la fibra es la capacidad de disolverse en un líquido de excedente, se caracteriza por poseer acentuados efectos sobre las propiedades funcionales de la fibra dietética. También se estableció que los polisacáridos solubles viscosos podrían ser un limitante en la digestión y absorción de algunos nutrientes del intestino (Nieto, 2013).

3.3.7. Reología en alimentos

Según Toribio (2016), “La reología es la ciencia que estudia los fenómenos de deformación y derrame o flujo de sólidos y fluidos, bajo la influencia de fuerzas mecánicas. Frecuentemente estos fenómenos determinan las propiedades funcionales de los alimentos e intervienen durante los tratamientos (comportamiento mecánico), almacenamiento (estabilidad física) e incluso al momento del consumo (textura). En la mayoría de los alimentos los fenómenos reológicos se desarrollan en sistemas coloidales múltiples y complejos, frecuentemente macro heterogéneos”.

Según Miranda (2014), se definen dos conceptos básicos para el estudio de reología; en primer lugar, se encuentra la tensión de cizalla o esfuerzo de corte (τ) que se define como la razón entre la fuerza aplicada y el área de la capa móvil, así como se aprecia en la siguiente fórmula:



Fórmula:
$$\tau = \frac{F}{A}$$

Dónde: τ , esfuerzo de corte (Pa); fuerza (N) y A, área (m^2)

Según Miranda (2014), en segundo lugar, es el gradiente de deformación (γ), definido como la variación de velocidad de un elemento de fluido con relación a la variación en distancia, como se manifiesta en la fórmula que se muestra a continuación:

Fórmula:
$$\gamma = \frac{dv}{dy}$$

Dónde: γ , es la velocidad de deformación (s^{-1}); dv , es la variación de la velocidad (m/s) y dy , variación de la distancia (m).

Se puede inferir que el esfuerzo de corte (τ) es directamente proporcional a la fuerza, en tanto que la velocidad de deformación (γ), depende del tipo de perfil de velocidad presente en el fluido (Miranda 2014).

3.3.7.2. Clasificación de alimentos según el comportamiento del flujo

La clasificación de los fluidos alimentarios según su comportamiento reológico puede establecerse en fluidos newtonianos y en fluidos no newtonianos, los cuales se muestra a continuación:

3.3.7.2.1. Fluidos newtonianos

“Los fluidos newtonianos son aquellos en los que la tensión tangencial es directamente proporcional a la velocidad de deformación, cumpliéndose la ley de la viscosidad de Newton” (Aguado, *et al.* 2005), que viene expresada por la siguiente:

Fórmula:
$$\tau = \mu \gamma$$

Dónde: τ , esfuerzo de corte (Pa); μ , viscosidad (Pa.s) y γ , velocidad de deformación (s^{-1}).

La representación gráfica de $\tau - \gamma$ para un fluido newtoniano es una línea recta que pasa por el origen de coordenadas y cuya pendiente es la viscosidad de fluido (Aguado, *et al.* 1999).



3.3.7.2.2. Fluidos no newtonianos

Los fluidos no newtonianos están relacionados de manera no lineal entre el esfuerzo de corte y la velocidad de corte. Asimismo, estos fluidos pueden ser dependientes del tiempo e independientes del tiempo (Ampuero, 2016).

a) Fluidos no Newtoniano independientes del tiempo

Según Ampuero (2016), Los fluidos independientes del tiempo han sido clasificados de la siguiente manera:

- **Fluidos pseudoplásticos:** Este tipo de fluidos se caracterizan por una disminución de su viscosidad y de su esfuerzo de corte, con la velocidad de deformación.
- **Fluidos plásticos:** Son aquellos que no fluyen hasta que se someten a un esfuerzo de corte límite determinado, al que se conoce como esfuerzo de deformación plástica, umbral de fluencia o límite de fluencia; al eliminar la tensión o ser menor que el valor umbral, la estructura se reconstituye o vuelve a su estado inicial.
- **Fluidos dilatantes:** Son aquellos cuya viscosidad aparente aumenta a medida que lo hace el gradiente de velocidad, es decir, $n > 1$. Son ejemplos de la goma arábiga y las suspensiones de almidón.

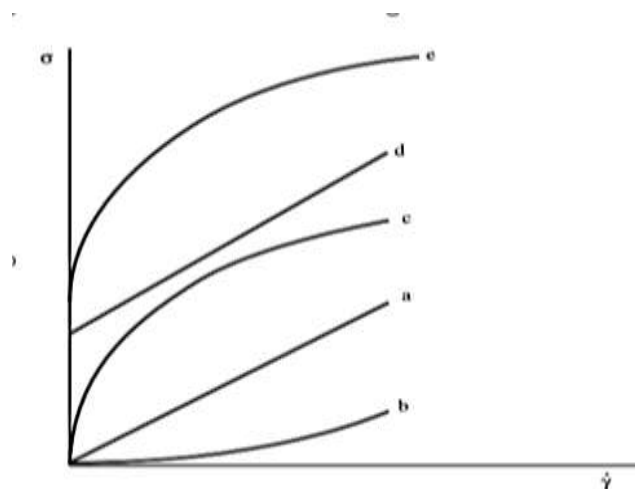


Figura 4 — Curvas atípicas de los fluidos independientes del tiempo.

Extraído de Aguado (1999)

Dónde: a, newtoniano; b, dilatante; c, pseudoplastico; d, plástico de bingham; e, pseudoplastico con umbral de fluencia.

b) Fluidos no newtoniano dependientes del tiempo

Algunos materiales exhiben características de flujo dependientes del tiempo. Así, al aumentar el tiempo de flujo bajo condiciones constantes, tales fluidos pueden desarrollar un aumento o disminución de la viscosidad. La reopexia y la tixotropía son atribuidos al cambio continuo de la estructura del material, que puede ser en cualquier caso reversible o irreversible. Los factores que contribuyen a la tixotropía también contribuyen a la pseudoplasticidad, y los factores causantes de la reopexia también causan la dilatancia (Ibarz y Barbosa, 2005).

- La **tixotropía** se debe a la dependencia del tiempo, semejante a la dependencia al esfuerzo de corte, y es el resultado de la reorganización estructural de la estructura, con una disminución a la resistencia al flujo (Ibarz y Barbosa, 2005).
- **La reopexia** involucra la elaboración o reorganización de estructura, que trae consigo un aumento de la resistencia al flujo (Ibarz y Barbosa, 2005).

En la Figura 5, se muestran las curvas del comportamiento de los fluidos dependientes del tiempo.

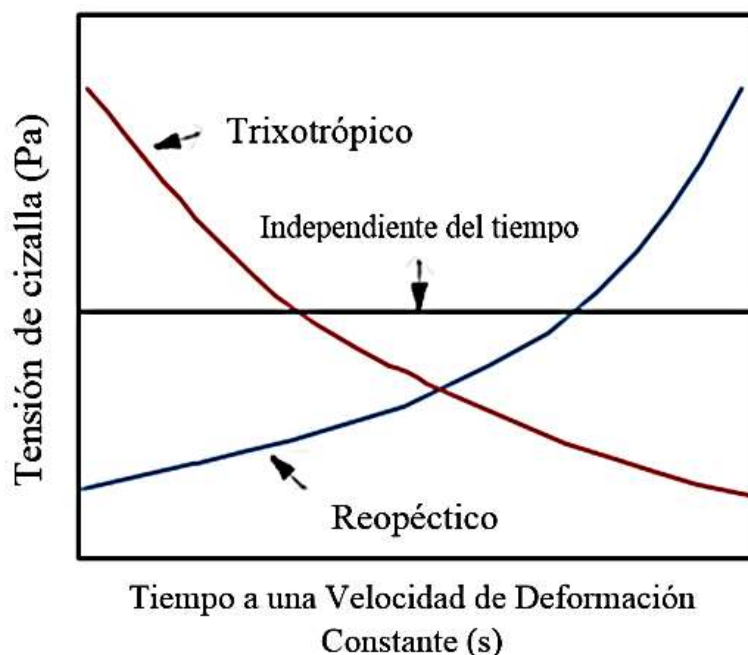


Figura 5 — Comportamiento de los fluidos dependientes del tiempo

Extraído de Toribio (2016)

3.4. Definición de términos

- **Fibra:** Filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales o que presentan en su textura algunos minerales.
- **Goma:** es una sustancia amorfa y pegajosa, rezumada por algunas plantas, que suele endurecerse al contacto con el aire, se solubiliza en agua y es insoluble en alcohol y ampliamente utilizado en las industrias alimentarias y no alimentarias.
- **Semilla:** Grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie.
- **Grados:** Estado, valor o calidad susceptible de variación dentro de una serie, un proceso o una escala ordenados de forma creciente o decreciente, que se pone en relación con otros estados, valores o calidades de la misma serie, escala o proceso.
- **Pulverización:** Acción de pulverizar.
- **Industrial:** De la industria o relacionado con esta actividad económica.
- **Solubilidad:** Capacidad de una sustancia o un cuerpo para disolverse al mezclarse con un líquido solvente.
- **Viscosidad:** es la resistencia que tienen ciertas sustancias para fluir, para sufrir deformaciones graduales producto de tensiones cortantes.
- **Absorción:** Acción de absorber.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación, según la naturaleza de los datos es cuantitativo y según los factores de estudio es de tipo experimental. Acorde a la profundidad de estudio, es de nivel explicativo.

4.2. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es completamente aleatorizado (DCA), donde el único factor en estudio es el tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara con seis niveles y tres repeticiones tanto para las propiedades funcionales y consistencia.

4.3. Descripción ética de la investigación

4.4. Población y muestra

4.4.1. Población

La materia prima tara se recolecto de las plantas silvestres localizadas en el distrito de Soraya, provincia de Aymaraes - Apurímac.

4.4.2. Muestra

4.4.2.1. Técnica de muestreo

Se aplicó el muestreo no probabilístico.

4.5. Procedimientos

4.5.1. Obtención del endospermo de semilla de tara

Se utilizaron 3 kg de semillas de tara (*Caesalpinia spinosa*), muestras obtenidas de forma no probabilística y en forma aleatoria de la localidad de Ahua, del distrito de Soraya, provincia de Aymaraes en la región de Apurímac. Las semillas fueron fisuradas y remojadas en agua durante dos días. La cáscara y el germen se retiraron de forma manual y obtuvo el endospermo en forma de hojuelas, se separaron en cantidades similares y se colocaron en placas Petri para secarlas de forma natural. Se pesaron y se colocaron en bolsas de polietileno (PE) para almacenarlas. Posteriormente se trituraron en un molino de fricción modelo BL-3000, para luego poder tamizarlo y separarlo de acuerdo con el tamaño de partículas de $t1,1180 \mu\text{m}$;

t2, 600 μm ; t3, 180 μm ; t4, 150 μm ; t5, 125 μm y t6, 90 μm , posteriormente se almacenaron en frascos y luego someterlas a los diferentes tratamientos. Todas las observaciones de las propiedades funcionales se realizaron por tres repeticiones (Figs. 14-18).

En la figura 6, se presenta el procedimiento para la obtención de muestra desde la obtención de la semilla de tara hasta el almacenamiento, todas estas etapas realizadas antes de la evaluación de las propiedades funcionales de EST.

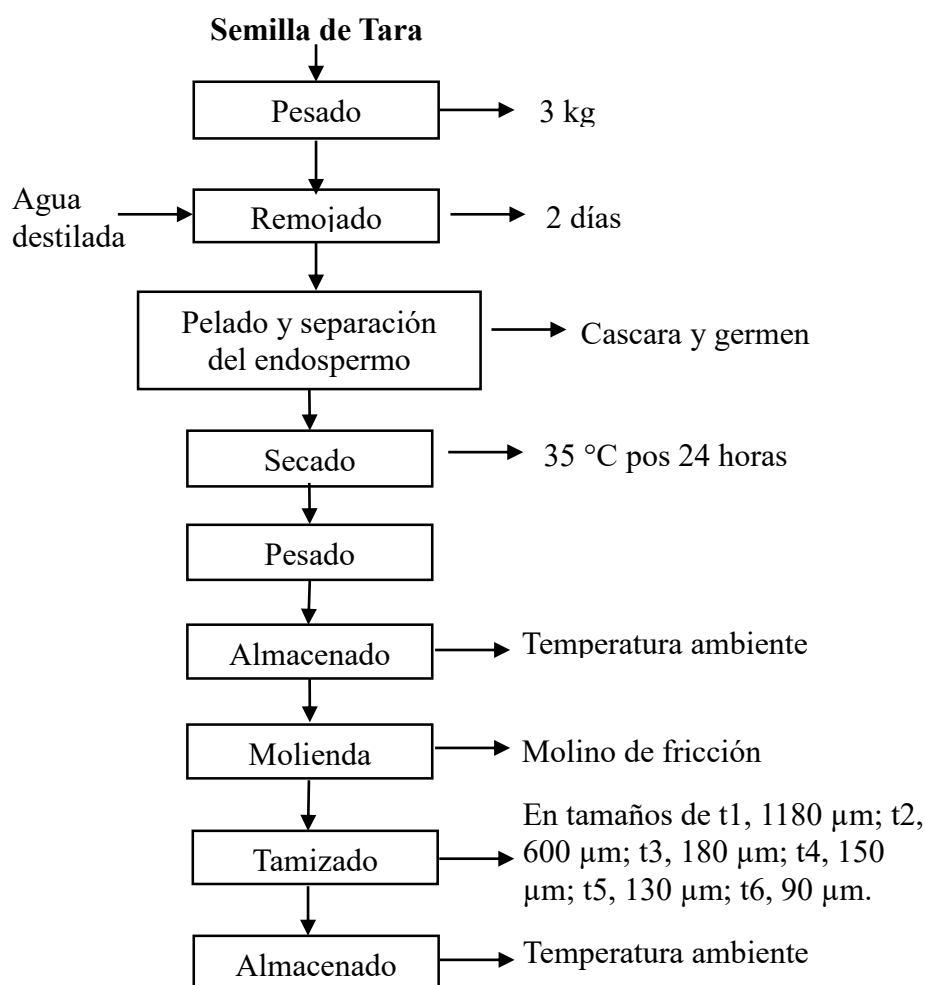


Figura 6 — Procedimiento de para obtención de endospermo de semillas de tara (EST).

4.5.2. Determinación de las propiedades funcionales

Para la identificación de las propiedades funcionales se realizaron con tres repeticiones (n = 3).

4.5.2.1. Solubilidad en agua (SA)

La solubilidad en agua (SA) se determinó conforme a las metodologías descritas por Vilcanqui *et. al.* (2018). Con modificaciones, la muestra de un determinado tamaño de partículas, se hidrató con agua destilada a una concentración de 0,5% (p/v) y calentada a 90°C por 30 minutos en un baño maría de agua con agitación constante. La solución pasó por un proceso de enfriamiento a T° ambiente y centrifugó a 3.000 rpm por un tiempo de 30 minutos. El sobrenadante se recuperó y ocupó en placas Petri y se realizó el secado en una estufa a 105 °C por 2 horas. Los resultados se calcularon haciendo uso de la ecuación (4) y los valores fueron expresados en porcentaje (%).

En la figura 7, se presentan los procedimientos a realizarse por cada etapa en la determinación de solubilidad en agua del endospermo de semillas de tara.

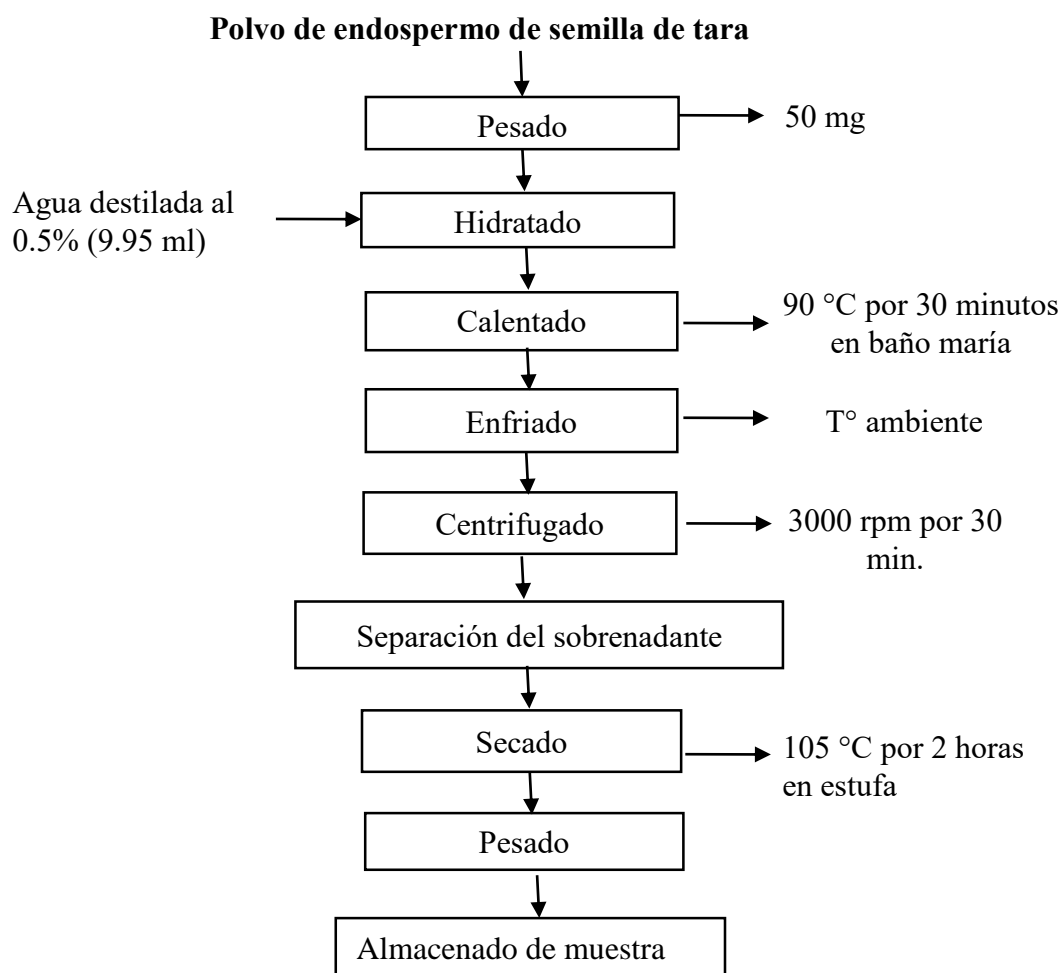


Figura 7 — Procedimiento para determinar la solubilidad en agua



Fórmula: $SA = (m2/m1) \times 100$

Dónde: masa 1 (m1), peso seco en gramos (g) inicial de la muestra y masa 2 (m2), peso seco en gramos (g) de la muestra después de la evaporación de agua (Zhang *et al.*, 2009)

4.5.2.2. Capacidad de absorción (CAA) y retención de agua (CRA)

La CAA y la CRA fueron determinadas de acuerdo al método descrito por Vilcanqui et, al. (2018); con modificaciones. Se tomó 50 mg de muestra de cada uno de los tamaños de partícula obtenidos luego del tamizado, para luego hidratarlos con un exceso de 10 ml de agua destilada en los tubos cónicos graduados y agitados con la ayuda del agitador VORTEX hasta lograr obtener una mezcla homogénea. Para la capacidad de absorción de agua (CAA) de agua, las muestras hidratadas se mantuvieron en reposo a temperatura ambiente durante una hora. Para la determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) se almacenaron a una temperatura de 37 °C durante 18 horas. Al culminar este tiempo, las muestras se centrifugaron a 3.000 rpm por 10 minutos y luego se eliminó el sobrenadante. Los resultados se calcularon haciendo uso de la ecuación (5) y fueron expresados en gramos (g) de agua absorbida o retenida por gramos (g) de materia seca (g/g).

En la figura 8, se presentan los procedimientos a realizarse por cada una de las etapas para la determinación de la capacidad de absorción y retención de agua del endospermo de semillas de tara.

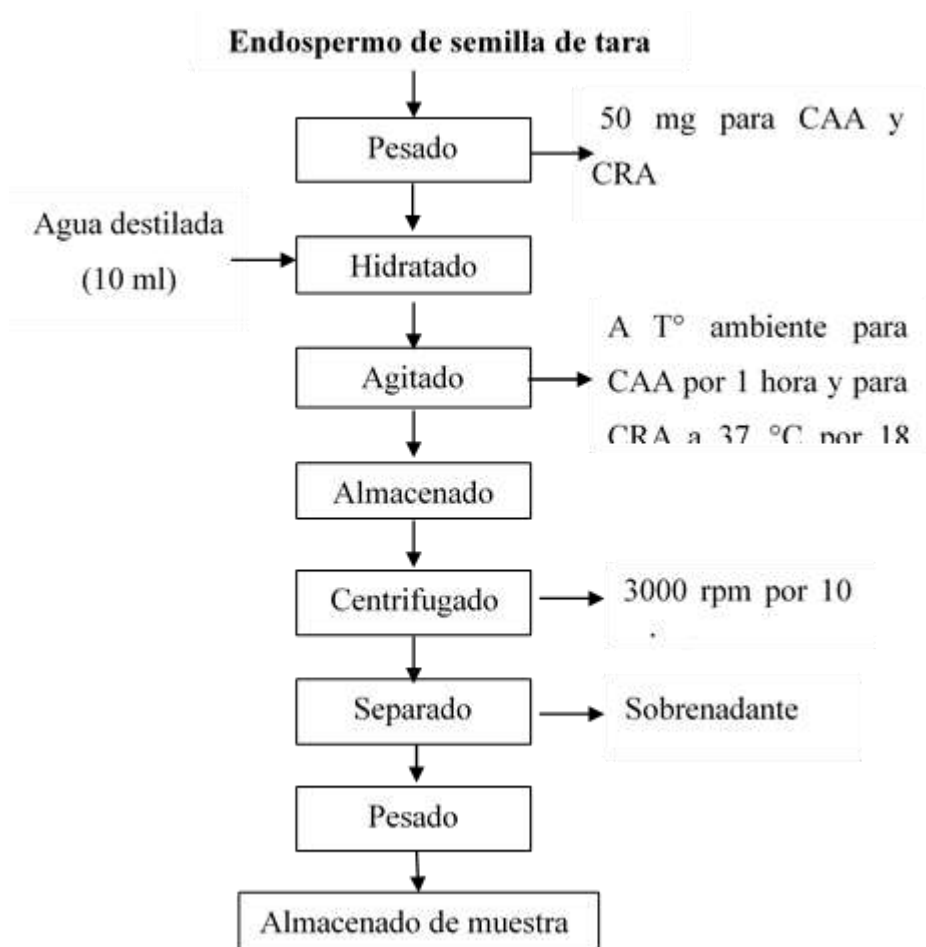


Figura 8 —

procedimiento para la determinación de la Capacidad de absorción y retención de agua (CAA y CRA)

Fórmula: $CAA \text{ y } CRA = (m2 - m1)/m$

Dónde: *m1*, peso seco (g) de la muestra y *m2*, peso (g) de la muestra húmeda (Ma y Mu,2016).

4.5.2.3.Capacidad de hinchamiento (CH)

La capacidad de hinchamiento (CH) fue determinada de acuerdo al método descrito por Vilcanqui *et, al.* 2018, con modificaciones. Se utilizaron 200 mg de muestra de cada uno de los tamaños de partículas que fueron añadidos en tubos con graduados volumétricamente por cada de 0,5 ml y se añadieron 15 ml de agua destilada. Las muestras se mantuvieron en agitación constante y suave hasta llegar a obtener una mezcla homogénea y luego se almacenaron durante 18 horas a temperatura de ambiente. Los resultados se calcularon haciendo uso de la ecuación (6) y expresados en ml de agua por g de materia seca (ml/g).



En la figura 9, se muestra cada una de las etapas de la determinación de la capacidad de hinchamiento del endospermo de semillas de tara.

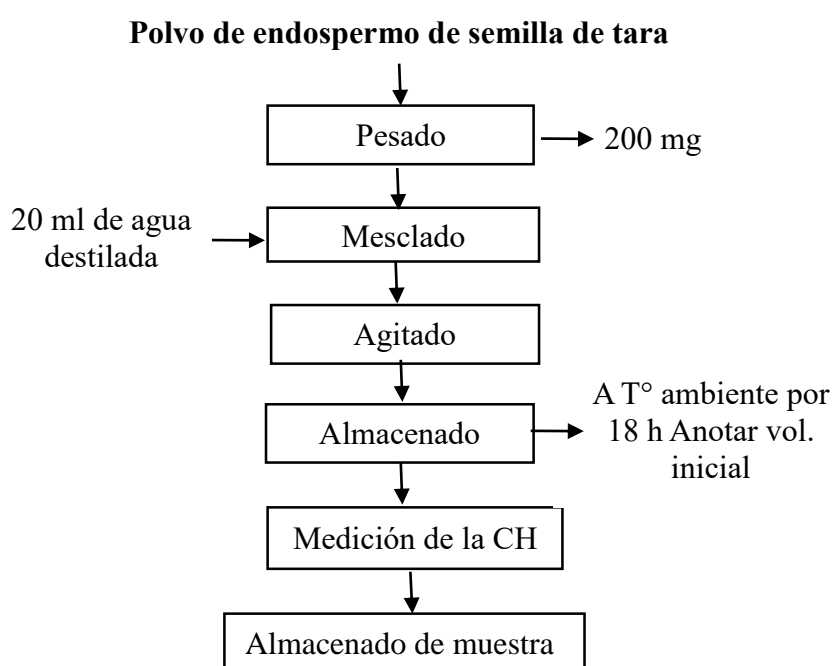


Figura 9 —

Procedimiento para la determinación de Capacidad de hinchamiento (CH)

Fórmula: $CH = (v2 - v1)/mI$

Dónde: V_1 , volumen (ml) de la muestra seca; V_2 , volumen de la muestra hidratada (ml) y m , es el peso de la muestra seca (g)(Ma y Mu, 2016)

4.5.2.4. Capacidad de absorción de aceite (CAAc)

La capacidad de absorción de aceite (CAAc) se determinó conforme al método descrito por Vilcanqui *et. al.* 2018; con modificaciones. Se pesó 100 mg de muestra para cada tamaño de partícula, se colocaron en tubos cónicos y luego se incorporaron 10 ml de aceite de oliva. Las muestras se agitaron con ayuda del agitador VORTEX hasta llegar a obtener una mezcla homogénea y se almacenaron durante 18 horas a temperatura ambiente. Al completar este tiempo se centrifugó a 3.000 rpm durante 20 minutos y posteriormente el aceite sobrenadante de cada uno de los tubos fue removido. Los resultados obtenidos se calcularon haciendo uso de la ecuación (7) y finalmente se expresaron en gramos (g) de aceite absorbido por gramos (g) de materia seca (g/g).

la figura 10, se observa el procedimiento para la determinación de la capacidad de absorción de aceite por cada una de las etapas.

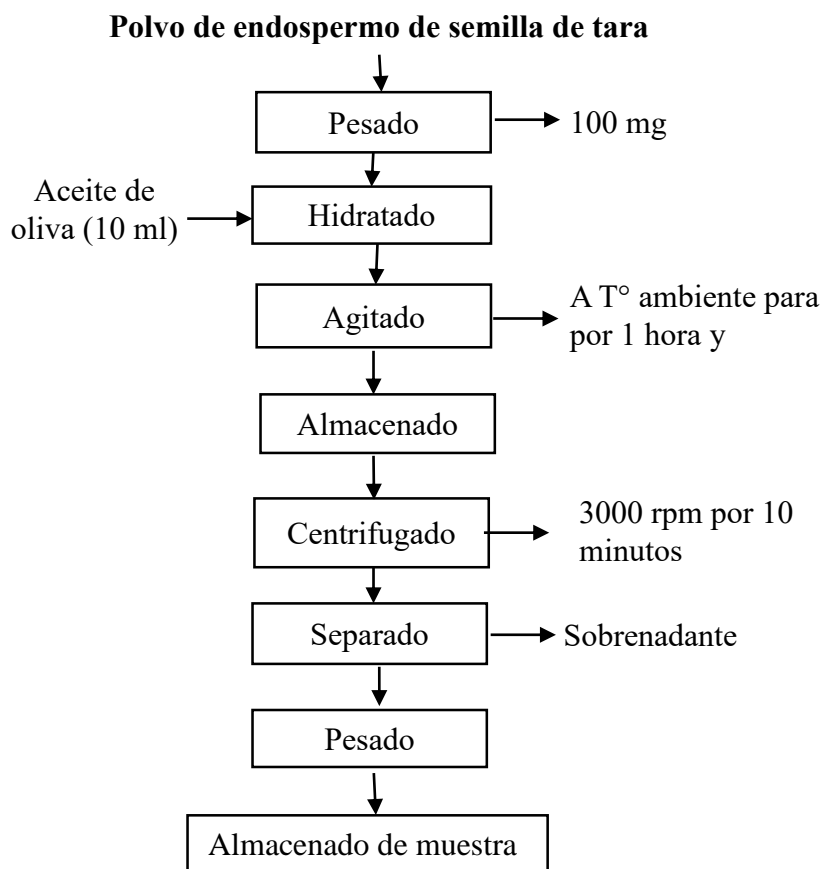


Figura 10 — procedimiento para determinar la capacidad de absorción de aceite (CAAc)

Fórmula: $CAAc = (m2 - m1) / ml$

Dónde: $m1$, peso seco (g) de la muestra y $m2$, peso (g) de la muestra húmeda (Ma y Mu, 2016)

4.5.3. Determinación de la consistencia del fluido

4.5.3.1. Viscosidad y tipo de fluido:

La determinación de la viscosidad para los diferentes tamaños de partículas de EST se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNAMBA, haciendo uso del viscosímetro rotacional Brookfield según el método descrito por Mudgil et, al. (2012), con variaciones. Se prepararon muestras al 0,5%. es decir, 250 mg del EST fueron hidratadas en 50 ml de agua destilada durante 12 a 18 horas antes de la medida de las propiedades de viscosidad.



En la figura 11, se muestra el procedimiento para la determinación de la consistencia y tipo de fluido del endospermo de semillas de tara.

Polvo de endospermo de semillas de tara

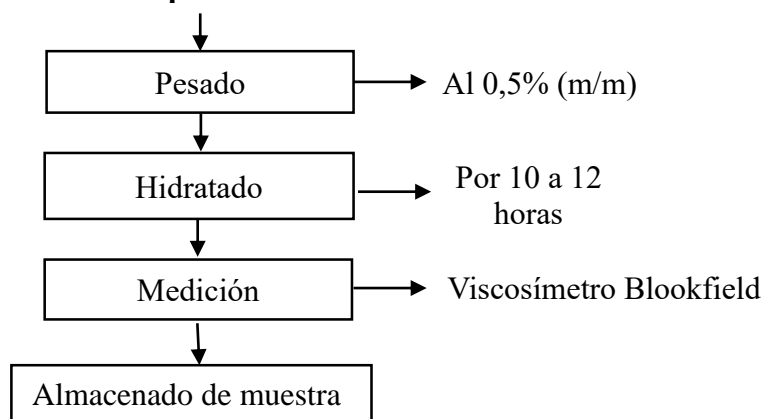


Figura 11 — Procedimiento para determinación de la consistencia de fluido

Fórmula: $\tau = k\gamma^n$

Donde: τ , es el esfuerzo de corte (N/m^2); k , es el índice de consistencia ($\text{pa}\cdot\text{s}^n$); γ , es la velocidad de deformación ($1/\text{s}$) y n , es el índice de comportamiento adimensional

4.6. Técnica e instrumentos

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Análisis de Productos Agroindustriales, Laboratorio de Procesamiento de Productos Agroindustriales y laboratorio de Operaciones Unitarias. Utilizando la técnica de centrifuga, técnica de diferencia de peso y otros.

4.6.1. Equipos, materiales, utensilios y reactivos

4.6.1.1. Materia prima

Se utilizó semillas de tara procedente de la localidad de Ahua, del distrito de Soraya, de la provincia de Aymaraes.

4.6.1.2. Equipos

Fueron utilizados los siguientes equipos y materiales:

- Estufa eléctrica, marca: MEMMERT, MODELO 200 - 800. Rango de $30 - 250\text{ C}^\circ$.
- Balanza analítica, marca OHAUS PIONEER con sensibilidad de $0,0001\text{ g}$.

- Maño maría, con agitación regulable, marca: MEMMERT, modelo: WNE22.
- Centrifuga, marca PRO-ANALITYCAL, modelo: C11A multifuncional.
- Viscosímetro rotatorio BROOFIELD RHOMETER, modelo: DV3TRVTJO.
- Molino de fricción modelo BL-3000.
- Tamizador eléctrico, marca: RETSCH GERMANY, modelo: AS200.
- Agitador vortex marca: VW VORTEXER MINI, modelo: análogo.

4.6.1.3. Materiales y utensilios

Fueron utilizados los siguientes utensilios y materiales:

- Vasos precipitados de 100 y 250 ml
- Placas Petri
- Pipetas graduadas de 10 ml
- Probetas volumétricas de 50 ml
- Pendones cónicos de capacidad de 15 ml (tubos para centrífuga)
- Jeringas de 20 ml

4.6.1.4. Reactivos

Se utilizaron los siguientes reactivos:

- Alcohol comercial 96° de pureza
- Agua destilada
- Aceite de oliva

5.3. Análisis estadístico

Para medir el efecto del tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara EST, sobre las medias de las variables de respuesta, se efectuaron el análisis de varianza (ANOVA) y la comparación múltiple de medias de Tukey, con un nivel de confianza de 95% y nivel de significancia al 5% ($p=0,05$), los datos obtenidos fueron obtenidos en el software estadístico SPSS, versión 20,0 y Microsoft Excel 2013.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de resultados

5.1.1. Resultados de las propiedades funcionales del EST

En la Tabla de 5, se presenta los resultados obtenidos de los tratamientos realizados a cada uno de los tamaños de partículas del endospermo de semillas de tara.

Tabla 5 — Propiedades funcionales del endospermo de semilla de tara¹

Tamaño de partículas (µm)	SA (%)	CAA (g/g m.s.)	CRA (g/g m.s.)	CH (ml/g m.s.)	CAAc (g/g m.s.)
90	95,59±0,37 ^{2c}	17,00±3,59 ^a	19,34±2,40 ^a	97,38±0,64 ^b	7,74±0,60 ^b
125	95,73±6,68 ^c	20,90±0,92 ^{ab}	19,85±0,36 ^a	84,59±15,38 ^b	7,87±1,08 ^b
150	87,98±2,03 ^c	24,04±2,53 ^{bc}	18,83±4,31 ^a	77,63±12,25 ^b	5,90±1,33 ^{ab}
180	88,86±2,60 ^c	27,84±0,88 ^{cd}	24,85±1,92 ^a	81,71±7,67 ^b	5,34±0,48 ^a
600	58,8±5,83 ^b	33,82±2,94 ^d	33,96±2,52 ^b	43,76±1,15 ^a	4,70±0,36 ^a
1180	38,43±2,32 ^a	21,00±1,46 ^a ^b	34,19±0,80 ^b	22,94±1,37 ^a	5,29±0,12 ^a

¹SA, solubilidad en agua; CAA, capacidad de absorción de agua; CRA, capacidad de retención de agua; CH, capacidad de hinchamiento; CAAc, capacidad de absorción de aceite.

² promedio ± desviación estándar (n=3), los superíndices con letras diferentes en vertical “a, b, c, d, ab, bc, y cd” representan diferencias significativas (p< 0,05).

³m.s., materia seca.

En la Tabla 5, se muestran los resultados obtenidos de la determinación de las propiedades funcionales de los seis tratamientos. El EST con 90 y 125 µm de tamaño de partícula, presentaron 95,59% y 95,73% de solubilidad en agua (SA), siendo los tratamientos con mayor porcentaje de solubilidad en agua; sin embargo, estos valores no difieren significativamente en relación a los tamaños de 150 y 180 µm, respectivamente. Por otro lado, para el tamaño de partículas de 600 y 1180 µm, el valor de la solubilidad en agua (SA) redujo significativamente (58,8 y 38,43%, respectivamente) con respecto al tratamiento de 90 µm (95,59%). También se observan los resultados obtenidos en la determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA), el en cual EST con tamaño de partícula de 600 µm presentó un 33,28 g/g m.s, siendo el tamaño que tuvo mayor capacidad de absorción de agua (CAA), este valor no presenta diferencia significativa con el tamaño de 180 µm, pero si

difiere significativamente con los tamaños de 90, 125, 150 y 1180 μm , los cuales no presentan diferencias significativas entre sí. El tamaño de partículas que tuvo mayor capacidad de retención de agua (CRA) es el de 1180 μm , con un valor de 34,19 g/g m.s., este valor no presenta diferencias significativas con el tamaño de 600 μm , sin embargo, difiere significativamente con los tamaños de 90, 125, 150 y 180 μm . Por otro lado, los valores obtenidos para estos tamaños de partícula no presentan diferencias significativas entre sí.

De acuerdo a los análisis realizados, el tamaño de partícula que tuvo una mayor capacidad de hinchamiento (CH), fue el de 90 μm , que alcanzó un valor de 97,38 ml/g m.s., el cual no se diferencia significativamente de los tamaños 125 μm , 150 μm y 180 μm , sin embargo, los valores de hinchamiento disminuyeron significativamente en los tamaños de 600 μm y 1180 μm que alcanzaron valores de 43,76 y 22,94 ml/g m.s. respectivamente. En la capacidad de absorción de aceite (CAAc) se determinó que el tamaño de partícula que tuvo mayor valor fue en de 90 μm que se diferenció significativamente de los tamaños de 180 μm , 600 μm y 1180 μm , pero no existe diferencia significativa con los valores de los tamaños de 125 μm y 150 μm .

En la Figura 12, se expresa la curva de comportamiento del tamaño de partículas en relación a la solubilidad (SA).

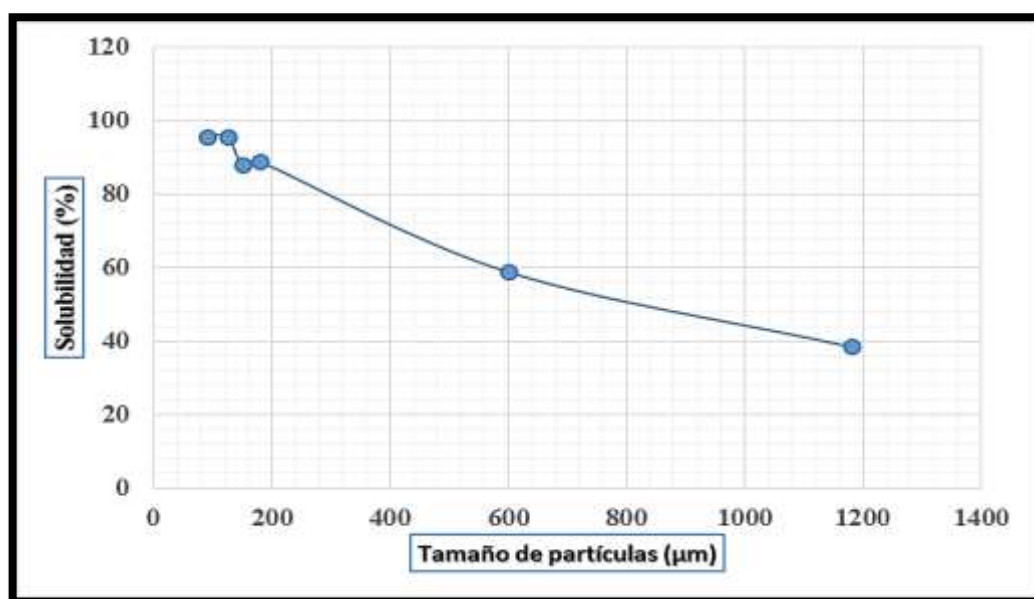


Figura 12 — Solubilidad en agua (SA) del EST según tamaño de partícula

En la Figura 12, podemos observar el comportamiento de la solubilidad en agua (SA) del EST en relación al tamaño de partícula, según los resultados se puede manifestar que existe una mayor solubilidad en agua al disminuir el tamaño de partículas, al mismo tiempo podemos observar que los tamaños de menor diámetro que son los de 90 μm , 125 μm , 150 μm y 180 μm presentan un aumento y luego una disminución de solubilidad en agua.

La Figura 13 representa la curva de comportamiento del tamaño de partículas en relación a capacidad de absorción de agua del endospermo de semillas de tara.

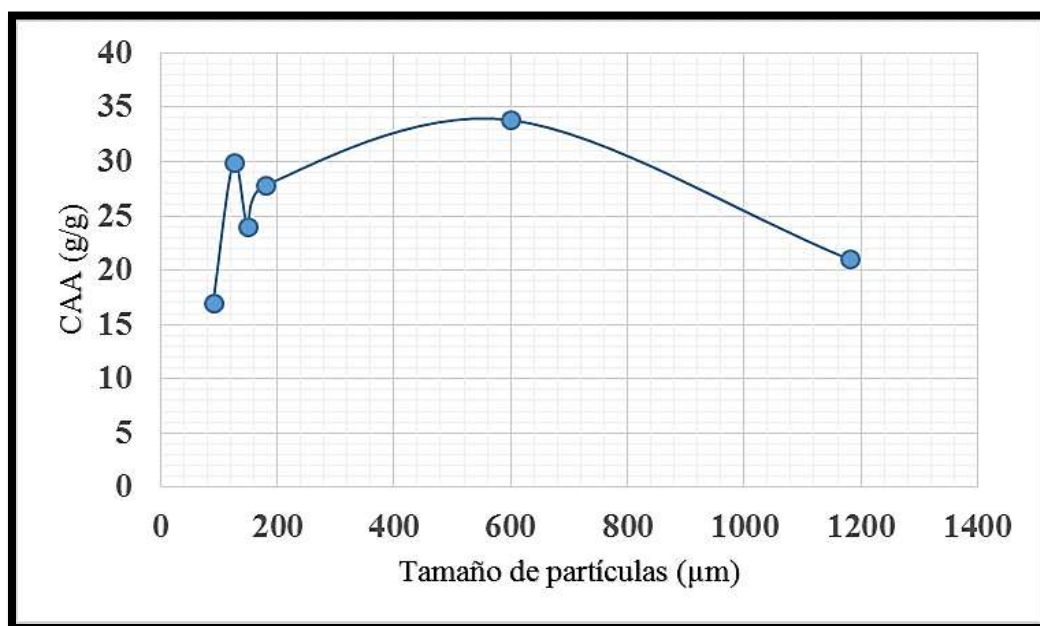


Figura 13 — Capacidad de absorción de agua (CAA) del EST con respecto al tamaño de partículas

En la Figura 13, es posible observar que la CAA del EST es mayor en los tamaños de 600 μm , 180 μm y 125 μm , mientras que los tamaños de 90 μm , 150 μm y 1180 μm presentaron menor capacidad de retención de agua (CRA).

En la Figura 14, se presenta la variación de resultados de tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara en relación a la CRA.

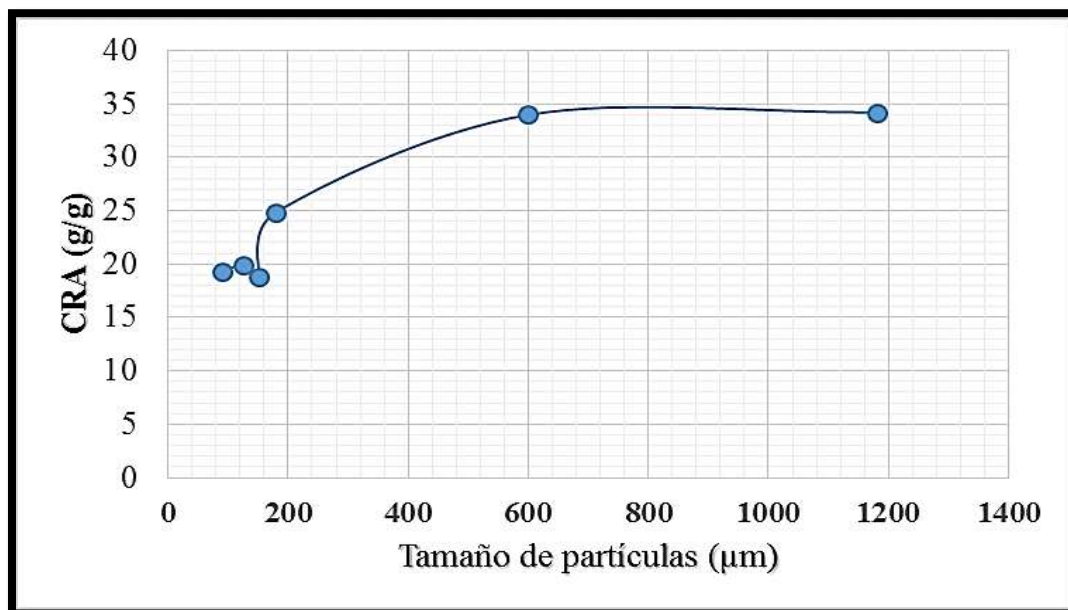


Figura 14 — Capacidad de retención de agua (CRA) del EST en relación al tamaño de partículas

En la Figura 14, la CRA muestra un comportamiento ascendente, sin embargo, podemos observar que hay una menor capacidad de retención de agua (CRA) en los tamaños 90 µm, 125 µm y 150 µm, luego podemos observar un aumento de progresivo en los tamaños de 180 µm, 600 µm y 1180 µm.

La Figura 15, representa a la curva de la capacidad de hinchamiento de los diferentes tamaños de partículas del endospermo de semillas de tara.

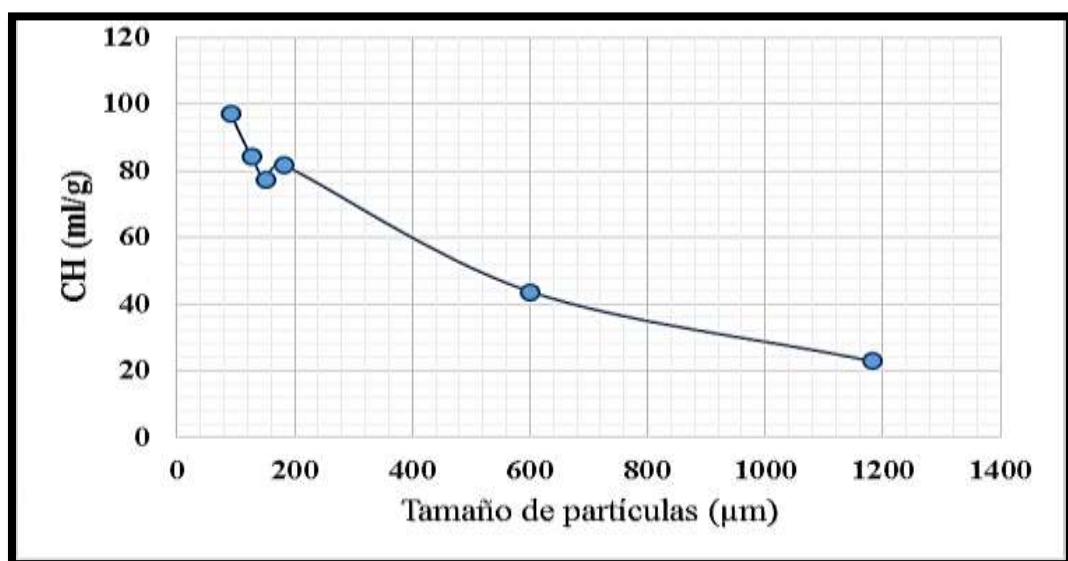


Figura 15 — Capacidad de hinchamiento (CH) del EST según el tamaño de partículas

En la Figura 15, podemos observar el comportamiento de la capacidad de hinchamiento de EST donde hay una clara disminución de la capacidad de hinchamiento (CH) de acuerdo al incremento del tamaño de partículas, a excepción de 150 μm , que presenta un valor menor al de 180 μm .

La Figura 16, presenta la curva de capacidad de absorción de aceite en relación al tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara.

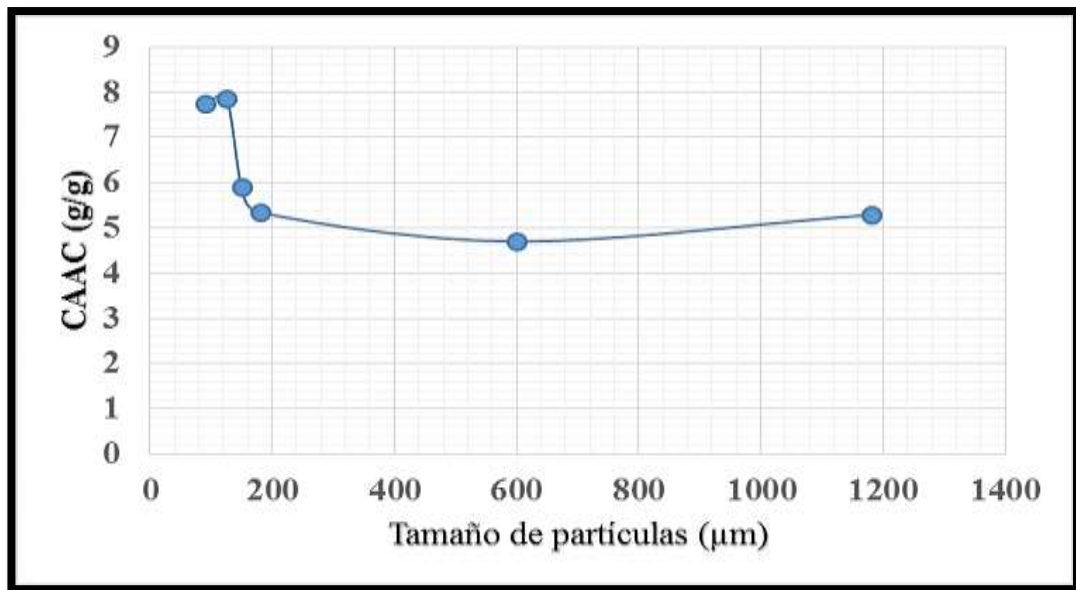


Figura 16 — Capacidad de absorción de aceite (CAAc) del EST en relación al tamaño de partículas.

De acuerdo a lo observado en la Figura 16, se puede deducir que la capacidad de absorción de aceite (CAAc) es mayor en los tamaños de 90 y 125 μm , a diferencia de los demás tamaños que tuvieron una menor capacidad de absorción de aceite (CAAc).

5.1.2. Determinación de consistencia y comportamiento de fluido del EST.

La Figura 17 presenta las curvas de comportamiento del fluido independiente del tiempo en relación a los diferentes tamaños de partículas.

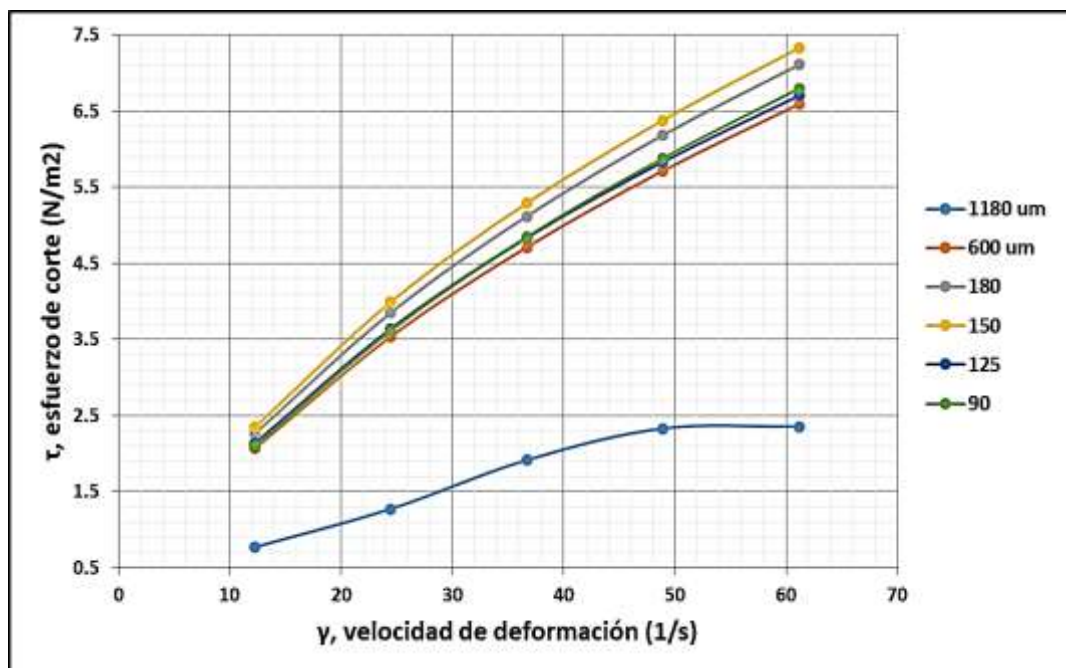


Figura 17 — Curva de comportamiento del fluido.

La Figura 17, representa el comportamiento de fluido (solución acuosa de endospermo o goma de semilla de tara) no newtoniano independiente del tiempo de cada tamaño de partícula en estudio, estas curvas se encuentran diferenciadas por distintos colores en las que podemos observar que el fluido presenta un comportamiento pseudoplástico. Al mismo tiempo, podemos observar que la viscosidad aparente de acuerdo al tamaño de partículas tiene una relación inversamente proporcional en los tamaños de 1180, 600, 180 y 150 μm , en los cuales se visualizó un aumento de la viscosidad aparente a medida que el tamaño de partículas disminuye; sin embargo, en el caso de los tamaños de 125 y 90 μm de observa una relación directamente proporcional, ya que la viscosidad aparente tuvo un menor valor a medida que el tamaño de partículas disminuye.

En la Tabla 6, se presentan los resultados de la consistencia del endospermo de semillas de tara, expresando las ecuaciones de reológicas y la viscosidad aparente de cada uno de los tamaños de partícula.

Tabla 6 — Resultados de consistencia del EST.

Tamaño (µm)	n	K (Pa.s ⁿ)	R ²	Ecuación reológica	Viscosidad aparente (Pa.s) a 30 rpm
90	0,732	0,627	0,999	$\tau=0,627\gamma^{0,732}$	0,239
125	0,712	0,646	0,998	$\tau=0,646\gamma^{0,712}$	0,229
150	0,709	0,676	0,998	$\tau=0,676\gamma^{0,709}$	0,237
180	0,713	0,662	0,998	$\tau=0,662\gamma^{0,713}$	0,235
600	0,722	0,629	0,999	$\tau=0,629\gamma^{0,722}$	0,231
1180	0,739	0,404	0,978	$\tau=0,404\gamma^{0,739}$	0,158

En la Tabla 6, se observan los resultados de la consistencia del EST cuyo análisis fue realizado utilizando un espacio de tiempo de 5 segundos para cada punto, el aumento de la velocidad fue de 10 rpm, las mediciones de realizaron en 5 puntos para cada tamaño de partícula.

En la Figura 18 se presentan las curvas del comportamiento de fluido dependiente del tiempo del endospermo de semillas de tara en relación a cada tamaño de partículas, las cuales se presentan a continuación:

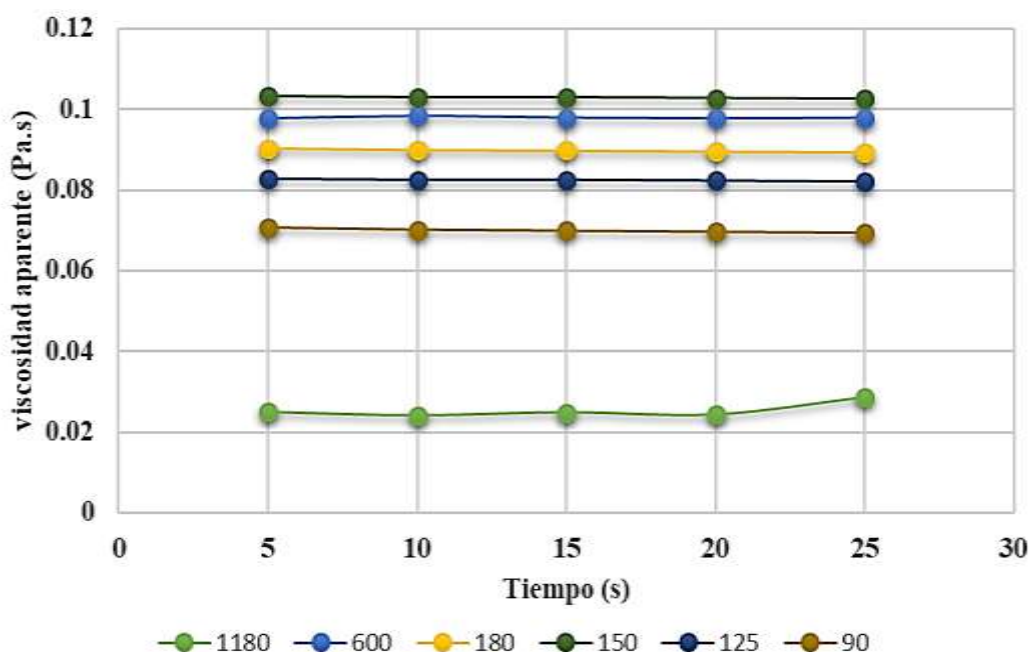


Figura 18 — Curva de Comportamiento reológico de fluido dependiente del tiempo.

En la Figura 18, es posible visualizar el comportamiento del fluido reológico dependiente del tiempo, en el que se analizaron los datos de 6 tamaños de partículas



(90, 125, 150, 180, 600 y 1180 μm) en 5 puntos, el tiempo establecido para las mediciones fueron de 5 segundos cada uno, haciendo un total de 25 segundos a una velocidad constante de 30 rpm para cada tamaño de partícula.

La Tabla 7, presenta las ecuaciones reológicas de las curvas presentadas en la Figura 18 y también se muestra la pendiente que cada una de las curvas.

Tabla 7 — Resultados de la pendiente de la curva del comportamiento reológico de fluido dependiente del tiempo.

Tamaño de partículas (μm)	R ²	Ecuación de la Figura 12
90	R ² = 0,9735	y = -5E-05x + 0,0708
125	R ² = 0,9735	y = -3E-05x + 0,0829
150	R ² = 0,9412	y = -3E-05x + 0,1034
180	R ² = 0,9735	y = -5E-05x + 0,0906
600	R ² = 0,0177	y = -4E-06x + 0,098
1180	R ² = 0,4147	y = 0,0001x + 0,0231

La Tabla 7, representa la determinación de la pendiente de las curvas de la Figura 18, en la que se ha observado que las curvas de los tamaños 90, 125, 150, 180 y 600 μm , tienen una pendiente negativa la cual indica que el comportamiento de este fluido es tixotrópico, este tipo de fluido dependiente del tiempo se caracteriza por disminuir la consistencia con el paso del tiempo a una velocidad constante, mientras que el tamaño 1180 μm posee una pendiente positiva la cual representa a un comportamiento reopéctico y este otro tipo de fluido dependiente del tiempo se caracteriza por aumentar la consistencia con el paso del tiempo a una velocidad constante.

5.2. Contrastación de hipótesis

Ho: El tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara no influye significativamente sobre las propiedades funcionales como: solubilidad en agua, capacidad de absorción en agua, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de aceite.

Ha: El tamaño de partículas del endospermo de semillas de tara influye significativamente sobre las propiedades funcionales como: solubilidad en agua, capacidad de absorción en agua, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento y capacidad de absorción de aceite



- Se acepta la hipótesis alterna y se descarta la hipótesis nula, debido a que sí existe el efecto de los del tamaño de partículas sobre las propiedades funcionales como solubilidad (SA), capacidad de absorción de agua (CAA), capacidad de absorción de aceite (CAAc), capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de hinchamiento (CH).

5.3. Discusiones

Según la investigación realizada por Vilcanqui, *et al.* (2018), la solubilidad en agua (SA) del EST alcanzó un valor de 32,18%, en la capacidad de absorción de agua (CAA) y capacidad de retención de agua (CRA) alcanzaron valores de 44,99 g/g y 47,86 g/g respectivamente, en la capacidad de hinchamiento (CH) 45,99 ml/g. Sin embargo, en la presente investigación de acuerdo a los estudios realizados en el laboratorio de operaciones unitarias, el tamaño de partículas de 125 μm alcanzó a tener una solubilidad en agua de 95,73% y el tamaño de 90 μm alcanzo a solubilizarse al 95,59 %, siendo estos los valores de solubilidad en agua más altos, a partir de estos datos los siguientes valores obtenidos de solubilidad en agua disminuyeron a medida que los tamaños de partículas aumenta, el tamaño de 1180 μm siendo este el de mayor diámetro llego a solubilizarse solo al 38,43%, en donde se observó que en los seis tratamientos, los valores obtenidos fueron superiores a lo afirmado por Vilcanqui, *et al.* (2018). Al evaluar la capacidad de absorción de agua (CAA) se determinó que el tamaño partícula de 600 μm reportó un valor de 33,82 g/g y en la capacidad de retención de agua (CRA) el tamaño de partículas de 1180 μm reportó un valor de 34,19 g/g, lo cuales se encuentran por debajo de lo estudiado por Vilcanqui, *et al.* (2018); para en análisis de la capacidad de hinchamiento (CH) se determinó que el mayor valor encontrado es de 97,38 ml/g correspondiente al tamaño de 90 μm , cuya dife con lo encontrado por los autores antes mencionados es bastante amplia. Según la Figura 7, se observa un comportamiento de múltiple factor que no relaciona el tamaño de partículas y la CAA; Figura 8, se puede observar que se cumple un comportamiento directamente proporcional en relación al tamaño de partículas y la CRA y en la Figura 9, se observa que existe una relación inversamente proporcional respecto al tamaño de partículas y la CH, este comportamiento también se manifestó en la investigación realizada por Villarroel (2003), quien realizo estudios las acerca de las propiedades funcionales del musgo (*Sphagnum magellanicum*) en las que se observa un comportamiento similar en las figuras antes mencionadas. Según explica Villarroel (2003), este comportamiento se debe a múltiples factores que dejan un efecto a estas características como la disminución del tamaño de partícula, porosidad y tipo de estructura de las fibras que permiten incrementar

los valores de la CAA y CRA, debido al aumento del área superficial de las partículas lo que proporciona mayor facilidad de hidratación de las fibras, mientras que la disminución lenta pero progresiva en la CH del musgo. Para tamaños de partículas con diámetros mayores a los 0,42 mm puede ser explicada por la menor superficie activa de contacto entre la muestra y el solvente que se obtiene al incrementar el tamaño de la partícula, mientras que la disminución de la capacidad de hinchamiento (CH) para tamaños de partícula inferiores, puede ser ocasionada por la ruptura de sus estructuras.

Según Vilcanqui, *et al.* (2018), la capacidad de absorción de aceite (CAAc) del endospermo de semillas de tara (EST) alcanzó un valor de 3,13 g/g, lo cual difiere ampliamente con lo encontrado en la presente investigación donde se determinó que el mayor valor alcanzado por el tamaño de partícula de 125 μm reportó un valor de 7,087 g/g de capacidad de absorción de aceite (CAAc). Según Villarroel (2003), esta propiedad funcional está relacionada con el tamaño y área superficial, así como con la composición química, y de las partículas de fibra. Se determinó que las fibras insolubles presentan mayores valores en la absorción de moléculas orgánicas que las solubles, tanto por su contenido en lignina como por su mayor tamaño de partícula. Sin embargo, en algunas ocasiones puede obtenerse un incremento de la capacidad de absorción de aceite (CAAc), al reducir el tamaño de partículas. En esta última afirmación se ha coincidido con el autor debido a que es posible observar en la Figura 10, el aumento progresivo de la CAAc del EST de acuerdo a la disminución del tamaño de partículas, a excepción del tamaño de 90 μm en el que se puede observar que hay una ligera disminución de la capacidad de absorción de aceite (CAAc).

Según Sanabria (2011), evaluó las particularidades reológicas de la goma de tara distintas concentraciones, en los que pudo determinar que el endospermo de semillas de tara o goma de tara presenta una conducta no newtoniana, debido a que no cumple con la relación simple que existe entre la tensión tangencial y la velocidad de deformación que fue dada por la ecuación de Newton. Al mismo tiempo, identifica que la viscosidad aparente disminuye cuando se incrementa la tensión tangencial aplicada o la velocidad de deformación, por lo tanto, determina que este es un fluido pseudoplástico, también logra identificar que a medida que se incrementa la concentración la viscosidad aparente es mayor. En la presente investigación se evaluó el comportamiento reológico del fluido en diferentes tamaños de partículas del EST, en la que pudimos observar que en todos los tamaños de partículas presentan un comportamiento no newtoniano y por la forma de las



curvas representadas en la Figura 11, podemos observar el comportamiento de un fluido pseudoplástico, del mismo modo se identificó que a medida que se disminuye el tamaño de partícula, la viscosidad aparente aumenta, pero en el tamaño de 125 μm la viscosidad aparente disminuye y luego vuelve a subir. Al determinar que el EST de tara posee un comportamiento no newtoniano pseudoplástico, es un aditivo importante para la elaboración y envasado de productos industrializados como: jugos, néctares, yogurt y otros productos, ya que al incorporar a los diferentes productos en pequeñas cantidades de EST en (0,5 a 1%), dependiendo del tipo de producto y sus características, por su comportamiento reológico proporcionará al producto una mejor consistencia, mejor el rendimiento, al mismo tiempo, reduce los problemas de transporte del producto y evita que ocurra la separación de fases o sinéresis, de acuerdo a los ensayos realizados se determinó que el tamaño de partículas que presento mejores resultados y es recomendable para su uso en alimentos y bebidas es el 90 μm .

Según Toribio (2016), existen fluidos cuya viscosidad aparente varía con el tiempo a una misma velocidad de corte. Se distinguen dos tipos de fluidos dependientes del tiempo: fluidos tixotrópicos en el cual el valor de η disminuye con el tiempo y reopéticos donde el valor de η aumenta con el tiempo, hasta el momento este tipo de fluidos no han sido encontrados en alimentos. La interacción entre los componentes en un fluido tixotrópico tiene la misma naturaleza que en fluidos pseudoplásticos. En la presente investigación se realizó la evaluación de tipo de fluido dependiente del tiempo en el que pudimos observar un comportamiento tixotrópico en 5 de los tamaños de partículas del EST debido a que las curvas presentan una pendiente negativa, la cual indica que existe una disminución de la viscosidad aparente con respecto al tiempo como se muestra en la Figura 12, a excepción del tamaño 1180 μm que muestra un aumento de la viscosidad aparente con respecto al tiempo, esto indica que esta muestra presenta un comportamiento reopético.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

De los resultados obtenidos en el presente trabajo, se tienen las siguientes conclusiones:

- El tamaño de partículas del EST influye sobre las propiedades funcionales, siendo las partículas de menor tamaño con mejor solubilidad en agua (87,98% hasta 95,73%) y con mejor capacidad de absorción de aceite (CAAc) desde (7,74 g/g hasta 7,83 g/g); en cambio, las partículas gruesas tuvieron mejores valores en la capacidad de absorción de agua (CAA) (33,82 g/g) y retención de agua (34,19 g/g).
- Para todos los tamaños de partícula, la consistencia de la solución del EST, es un fluido no newtoniano y de tipo pseudoplástico cuya viscosidad aparente más alta (0,239 Pa.s) es para 90 μm .
- En todos los tamaños de partículas en estudio (90 a 600 μm), la solución del EST, tiene un comportamiento tixotrópico a excepción para 1180 μm , con comportamiento reopéctico.

6.2. Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, se sugiere las siguientes recomendaciones:

- Efectuar pruebas con la incorporación del EST en productos procesados tales como jugos, almíbar, mermeladas, yogurt y otros.
- Es recomendable también realizar estudios de la goma de tara tomando como referencia el tamaño más óptimo encontrado en el presente estudio, para poder analizarlo en diversas soluciones de azúcar, sal, aceites y otros, para determinar el comportamiento de las propiedades funcionales y consistencia.
- Es necesario dar a conocer a la población la importancia y los beneficios de consumir alimentos ricos en fibra dietaria así para poder prevenir y mejorar ciertas enfermedades no transmisibles. También es importante dar a conocer el valor que tiene las vainas de tara y las plantas para darle un mayor valor a la producción de la tara que actualmente solo se comercializa como materia prima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUADO, A., et al., Ingeniería de la Industria Alimentaria, Reología. *Editorial Sintesis. Madrid-España*, 1999. Vol. 1

ABARCA, Diego, et al. Residuos de café, cacao y cladodio de tuna: Fuentes promisorias de fibra dietaria. *Revista Tecnologica-EPSOL*, 2010, vol. 23, no 2

AMPUERO Buendia, Javier Jhonatan. Efecto de la concentración de tres gomas sobre el índice de consistencia y la síntesis de la salsa de Ají. 2016

CALAMPA, Bocanegra; ISAACS, Jorge. Dinamica de poblaciones de insectos plagas y beneficio en el cultivo de la tara (*Caesalpinia spinosa*) bajo un sistema de riego por goteo con aguas residuales en el distrito de Lurin.Lima. 2012

BASTIDAS Pimentel, Ronald Manuel. Extracción y caracterización de la goma de semilla de tara (*Caesalpinia soirosa*) provenientes de los distritos de Soraya y Vilcabamba, Apurimac. 2013

DE LA CRUZ Lapa, Primo. Aprovechamiento integral y racional de la tara *Caesalpinia spinosa-Caesalpinia tinctoria*. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 2004, vol. 7 no 14, p. 64-73

GARCIA, Miguel Ángel Alarcón; VARGAS, Jairo Humberto López; MOLINA, diego Alonso Restrepo. Caracterización de la funcionalidad tecnológica de una fuente rica en fibra dietaria obtenida a partir de la cáscara de plátano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 2013, vol. 66. 66, no 1, p. 6959-6968



GOYCOCHEA Ricci, Roberto Anibal. Evaluación de taninos y goma del fruto de la tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze provenientes de las lomas de Atiquipa, Arequipa-Perú-2010

IBARZ, Alberto y BARBOSA, Gustavo. Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Mundi-Prensa Libros, 2005

JURO Bazán; Junior Héctor. Influencia de los métodos de extracción y tamaño de partículas, sobre las propiedades fisicoquímicas y capacidad curtiente de taninos de tara (*Caesalpinia spinosa*). 2012

NIETO Calvache, Edinson jhon. Fibra dietaria de durazno (*Prunus persica L.*): influencia de la técnica de obtención en las propiedades químicas, físicas y funcionales. 2013. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires

MARTINEZ Rivas, Sarita. Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones. 2016

MASGO Acha, Cynthia Geraldine; QUISPE Yalli, Christian Leonardo. Optimización del proceso de secador por atomización del extracto tánico obtenido de las vainas de tara (*Caesalpinia spinosa*) aplicando los métodos taguchi y superficie de respuesta. 2014

MINISTERIO DE AGRICULTURA APURIMAC. 2015. Producción de tara. 2015

MIRANDA Zanardi, Luis Felipe. Evaluación de efectos sinérgicos en la reología de soluciones acuosas de goma de Tara y goma de Xantán. 2014



MUDGIL, Deepak; Barak, Sheweta; Khatkar, B. S. Effect of enzymatic depolymerization on physicochemical and rheological properties of guar gum. *Carbohydrate polymers*, 2012, vol. 90, no 1, p. 224-228

POLO Villanueva, Freddy David. Insectos y Acaros perjudiciales de una plntación de Tara (*Caesalpinia spinosa*) durante la primavera en Lurín. 2016

RAMIREZ Aravena, Miguel Alejandro. Elaboración de un postre lácteo con incorporación de gomas de Algarrobo (*Prosopis chilensis (Mol) Stuntz*) y Tara (*Cesalpinia spinosa*).2006

BASURTO Rodríguez, Lorenzo. 2009. ALNICOLSA del Perú S.A.C. ALNICOLSA del Perú S.A.C. [En línea] 2009. [Citado el: 13 de abril de 2018.] <http://taninos.stripod.com/goma.htm>

SANABRIA Pérez, Noemí Roxana. Extracción de goma a partir de semillas de Tara (*caesalpinia spinosa*) y evaluación de sus propiedades reológicas. 2011

SOTELO Méndez, Alejandrina, et al. Galleta elaborada con harina de quinua, fibras e endospermo de tara y hojas de agave: Valor biológico y aceptabilidad global. *Scientia Agropecuaria*, 2019, vol. 10, no 1, p. 73-78

TORIBIO Romero, Ketty Nerida. Evaluación de los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y reológicos de la mermelada de maracuyá (*Passiflora edulis*) y papaya (*Carica papaya L.*) con stevia, goma de tara y alginato de sodio. 2016

VALDERRAMA, Judith y JAUREGUI, Gabriela Del Carmen. Efecto de pH y concentración de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) sobre la clarificación del jugo de caña (*Saccharum officinarum*). *PUEBLO CONTINENTE*, 2016, vol. 17, no 1, p. 27-32

VALERIANO Mamani, Jappsem J.; CHAMORRO Matos, Rodrigo A. Influencia de la Goma de Tara (*Caesalpinia spinosa*) como ayudante en el proceso de Coagulación



Floculación para la remoción de Turbidez de una Suspensión Artificial de Bentonita. *Información tecnológica*, 2019, vol. 30, no 5, p. 299-308

CHAMORRO Matos, Rodrigo Alfredo; MAMANI Chambilla, Elmer. Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de investigación en ciencia y tecnología de alimentos*, 2010, vol. 1, no 1

VILCAQUI Pérez, Fulgencio; VÍLCHEZ Perales, Carlos. Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2017, vol. 67, no 2, p. 146-156

VILCAQUI Pérez, Fulgencio; VILLANUEVA Espinoza, María Elena; VÍLVHEZ, perales Carlos. Propiedades funcionales in-vitro y efectos fisiológicos en-vitro sobre ratas Holtzman de dietas con nuevas fuentes de fibra. *Revista chilena de nutrición*, 2018, vol. 45, no 3, p. 223-231

VILLAROEL, Mario, at al. Propiedades funcionales de la fibra de musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2003, vol. 53, no 4, p. 400-407

ANEXOS



a) Prueba de hipótesis

Tabla 8 — Análisis de varianza ANOVA de la solubilidad en agua

ANOVA					
SA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8321,004	5	1664,201	104,980	000
Dentro de grupos	190,231	12	15,853		
Total	8511,236	17			

Tabla 9 — comparación múltiple de medias de Tukey para la solubilidad en agua

SA				
HSD Tukey ^a				
Tamano	Subconjunto para alfa = 0.05			
	1	2	3	
1180,00	38,4267			
600,00		58,8400		
150,00			87,9800	
180,00			88,8633	
90,00			95,5933	
130,00			95,7333	
Sig.	1,000	1,000	,235	
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.				
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.				

Tabla 10 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de absorción de agua

ANOVA					
CAA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	536,210	5	107,242	20,318	,000
Dentro de grupos	63,338	12	5,278		
Total	599,548	17			



Tabla 11— Ccomparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de absorción de agua

CAA					
HSD Tukey ^a					
Tamano		Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
90,00		16,9967			
130,00		20,9000	20,9000		
1180,00		21,0000	21,0000		
150,00			24,0433	24,0433	
180,00				27,8433	27,8433
600,00					33,8167
Sig.		333	,570	,383	,067
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.					
Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.					

Tabla 12 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de retención de agua

ANOVA					
CRA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	783,343	5	156,669	26,693	,000
Dentro de grupos	70,430	12	5,869		
Total	853,773	17			



Tabla 13 — Comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de retención de agua

CRA			
HSD Tukey ^a			
Tamaño	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
150,00	3	18,8333	
90,00	3	19,3367	
130,00	3	19,8533	
180,00	3	24,8533	
600,00	3		33,9567
1180,00	3		34,1900
Sig.		,084	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

Tabla 14 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de hinchamiento

ANOVA					
CH					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	12110,465	5	2422,093	32,381	,000
Dentro de grupos	897,610	12	74,801		
Total	13008,075	17			



Tabla 15 — Comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de hinchamiento

CH			
HSD Tukey ^a			
Tamano	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1180,00	3	22,9433	
600,00	3	43,7600	
150,00	3		77,6267
180,00	3		81,7133
130,00	3		84,5900
90,00	3		97,3800
Sig.		,099	,125
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.			

Tabla 16 — Análisis de varianza ANOVA de la capacidad de absorción de aceite

ANOVA					
CAAc					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	27,212	5	5,442	z,876	,001
Dentro de grupos	7,358	12	,613		
Total	34,570	17			



Tabla 17 — comparación múltiple de medias de Tukey para la capacidad de absorción de aceite

CAAc			
HSD Tukey ^a			
Tamano	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
600,00	3	4,6967	
1180,00	3	5,2900	
180,00	3	5,3367	
150,00	3	5,9033	5,9033
90,00	3		7,7433
130,00	3		7,8700
Sig.		,453	,080
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.			

b) Panel fotográfico

Panel fotográfico del proceso de la ejecución de la tesis, desde la obtención de la muestra hasta la determinación de las propiedades funcionales y consistencia de EST.



Figura 19 — árbol y vainas secas de la tara



Figura 20 — semillas de tara siendo preparadas para la hidratación



Figura 21 — endospermo de semillas de tara en hojuelas y polvo de endospermo de semillas de tara



Figura 22 — molino de fricción del laboratorio de tecnología de productos agroindustriales

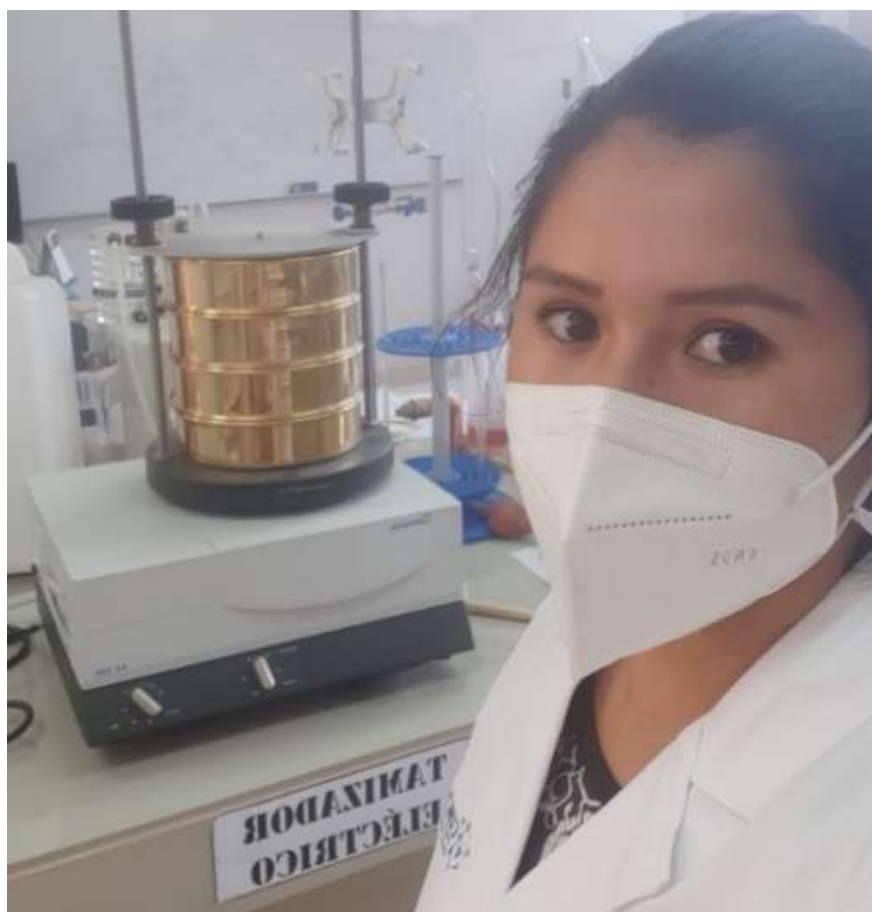


Figura 23 — tamizado del polvo de endospermo de semillas de tara



Figura 24 — separación del polvo de endospermo de semillas de tara por tamaños de partícula



Figura 25 — agitación de la muestra y posterior centrifugación para el análisis de absorción de agua



Figura 26 — muestra centrifugada del endospermo de semillas de tara en el análisis de absorción de agua

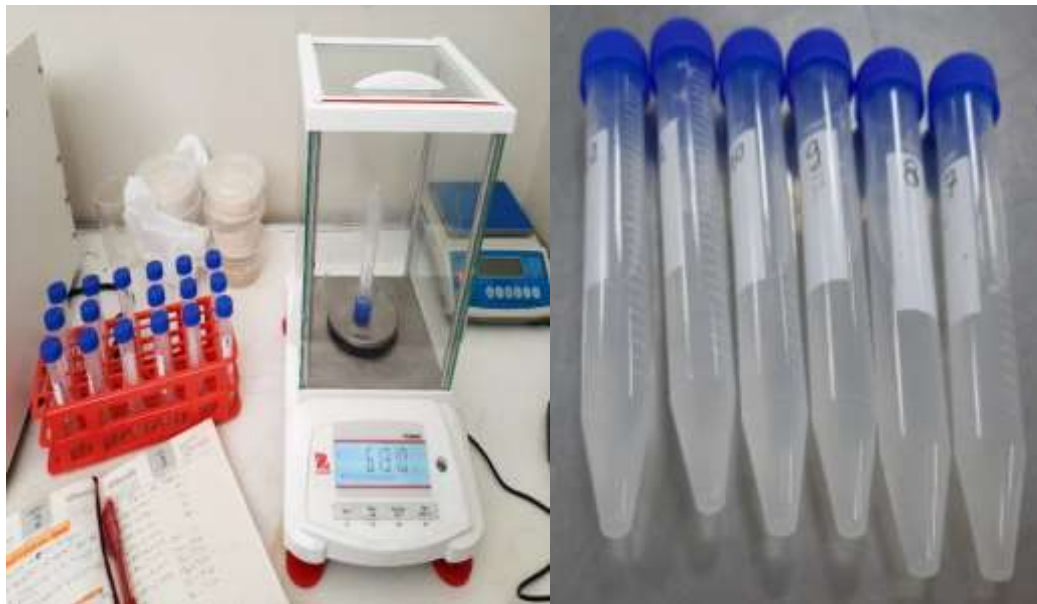


Figura 27 — pesado de los tubos y preparación de las muestras para determinación de capacidad de retención de agua



Figura 28 — las muestras se colocaron en la estufa a 37° c durante 18 horas y luego fueron centrifugadas para la posterior centrifugación y pesado en el análisis de retención de agua

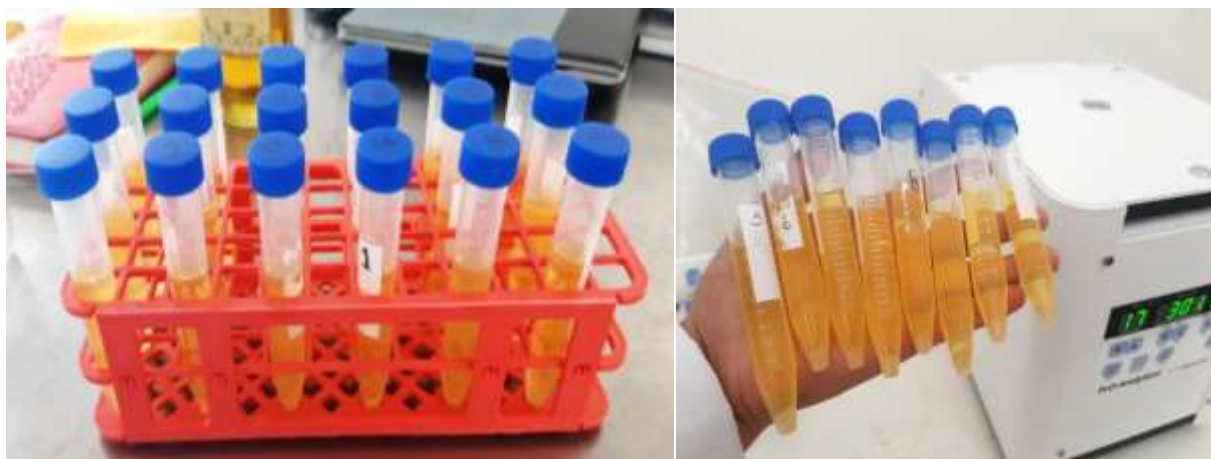


Figura 29 — preparación de muestra para el análisis de capacidad de absorción de aceite



Figura 30 — centrifugado y eliminación del sobre nadante de la capacidad de retención de aceite del endospermo de semillas de tara



Figura 31 — preparación de muestras para el análisis de solubilidad en agua



Figura 32 — pesado de placas y secado en estufa de las muestras para el análisis de solubilidad en agua



Figura 33 — evaluación de la capacidad de hinchamiento de los diferentes tamaños de partículas del endospermo de semillas de tara



Figura 34 — hidratación de muestras para el análisis de consistencia del polvo de endospermo de semillas de tara