

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA GOMA DE  
SEMILLA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) PROVENIENTES  
DE LOS DISTRITOS DE SORAYA Y VILCABAMBA,  
APURÍMAC**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**RONALD MANUEL BASTIDAS PIMENTEL**

**Abancay, agosto del 2013**

**PERU**



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	
CÓDIGO	MFN
T 12G B 2013	
	BIBLIOTECA CENTRAL
FECHA DE INGRESO:	02 FNE. 2014
Nº DE INGRESO:	00347



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA GOMA DE  
SEMILLA DE TARA (*Caesalpinia spinosa*) PROVENIENTES  
DE LOS DISTRITOS DE SORAYA Y VILCABAMBA,  
APURÍMAC**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS  
DE APURÍMAC**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**

**Jurado calificador integrado por:**



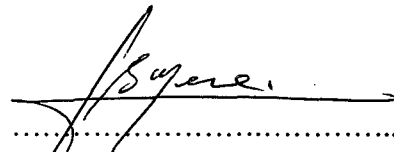
Mg. Ing. Juan Silver Barreto Carbajal

Presidente



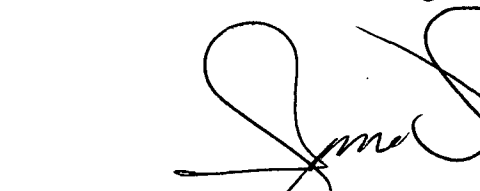
M. Sc. Ing. Guadalupe Chaquilla Quilca

Primer miembro



Ing. Jorge B. Mendoza Cáceres

Segundo miembro



M. Sc. Ing. Fulgencio Vilcanqui Pérez

Asesor

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a toda mi familia, en especial a mis queridos padres Leoncio Bastidas Damían y Basilia Pimentel Dávalos y mis queridos hermanos Héctor, Edgar, Rina, Micaela, María, Carlos; quienes me brindaron apoyo incondicional durante toda mi formación profesional.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por darme oportunidades en la vida, a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac (UNAMBA) por brindarme los medios necesarios para llevar a cabo esta investigación.

Expreso mi sinceros agradecimientos al Ing. Fulgencio Vilcanqui Pérez, por la asesoría de esta investigación, de igual modo al Ing. Silver Barreto Carbajal, Ing. Gualupe Chaquilla Quillca y al Ing. Jorge Beltran Mendoza Cáceres, miembros del jurado calificador, por sus valiosas observaciones y aportes.

Agradezco enormemente a mi compañera de siempre María Fuentes Allecahuamán por su valioso y constante apoyo incondicional durante el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros cotesistas Jhony Quispe, José Pillaca, Marina Hoyos, Edison Altamirano, Roger Barrios, Hector Basan, Franckin Merma, Junior Valderrama por brindarme información muy valiosa y consejos, que fueron importante para encaminar la investigación.

A todos los jefes de laboratorio de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAMBA, de igual modo a cada personal encargado de las mismas en especial al Ing. Justo Arias, por haberme brindado el espacio y los medios necesarios para los experimentos y análisis requeridos de este trabajo.

A mis amigos y compañeros Wilfredo Apaza, Washington Vargas, Cesar Huamani, Rubén Alarcón, Henry Taype, Guimel Alata, Maicohol Gamarra, Carlos Villegas, Marco Palomino, Fredy Canahuiri, Gregorio Nina, Gregorio Damían, Jesús Azurín, Noemi Cardenas, Maritza Fernandez, Claudia Gómez, Rocío Román y demás; por todo su gran amistad y apoyo moral. También de forma muy especial agradezco por el apoyo incondicional a Mario Damían Lancho y Vania Rimarachin.







<b>Sección</b>	<b>Página</b>
III. PARTE EXPERIMENTAL	43
3.1 Equipos, materiales y reactivos	43
3.1.1 Equipos	43
3.1.2 Materiales y utensilios	44
3.1.3 Reactivos	44
3.2 Metodología experimental	45
3.2.1 Materia prima	45
3.2.2 Obtención de goma en polvo de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	45
3.2.3 Evaluación de parámetros de extracción	50
3.3 Diseño experimental	50
3.4 Análisis estadístico de la extracción de goma de tara	51
3.5 Métodos de análisis	52
3.5.1 Determinación del rendimiento de goma en base a la semilla de tara	52
3.5.2 Caracterización fisicoquímica de la semilla de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	53
3.5.2.1 Determinación de los principales componentes de la semilla de tara.	53
3.5.2.2 Análisis proximal de semilla (muestras A, B) y goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	53
3.5.3 Caracterización fisicoquímica y reológica de la goma de tara obtenida al mejor rendimiento	54
3.5.3.1 Análisis proximal de la goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	54



<b>Sección</b>	<b>Página</b>
3.5.3.2 Capacidad de retención de agua (método centrífuga)	54
3.5.3.3 Capacidad de hinchamiento	55
3.5.3.4 Determinación de la viscosidad	56
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>57</b>
4.1 Características de la materia prima	57
a) Características de los principales componentes de la semilla de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	57
b) Análisis proximal de harina de semilla entera de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	58
4.2 Análisis estadístico del rendimiento como efecto de los tratamientos en la fase de extracción	59
4.2.1 Efecto de los tratamientos en el rendimiento de extracción de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	59
4.2.2 Efecto del factor de lugar de procedencia en el rendimiento de extracción de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	65
4.3 Análisis proximal de la goma de semilla de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) obtenido al mejor rendimiento	67
4.4 Características fisicoquímicos (funcionales) de la goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	69
4.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)	69
4.4.2 Capacidad de hinchamiento (CH)	71
4.5 Viscosidad de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	73
4.5.1 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de concentración	74



<b>Sección</b>	<b>Página</b>
4.5.2 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de temperatura (°C)	76
4.5.3 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de pH	78
4.5.4 Evaluación del comportamiento reológica del fluido de la solución de goma de tara	79
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1 CONCLUSIONES	83
5.2 RECOMENDACIONES	85
VI. BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	96



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
1	Composición química de frutos maduros secos de vaina de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	6
2	Composición química de la semilla de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	9
3	Producción de vainas secas de tara por región por año (en TM)	11
4	Parámetros de calidad de polvo de vaina seca de tara	13
5	Diseño experimental utilizado para la extracción de goma de semilla de tara (procedencia A y B)	51
6	Características de los componentes de semilla de tara provenientes de distrito de Soraya y Vilcabamba	57
7	Composición proximal de la semilla de tara provenientes de distrito de Soraya y Vilcabamba	58
8	Análisis de varianza en el rendimiento de goma	60
9	Comparación de medias del rendimiento obtenido en la etapa de extracción de goma de tara	64
10	Análisis de varianza del factor de procedencia en el rendimiento de goma	66
11	Rendimiento de la goma expresado en gramos	Anexo
12	Promedio de rendimiento para los factores de grado de dilución y temperatura; comparación de medias de columnas	Anexo
13	Promedio de rendimiento para los factores de grado de dilución, pH y temperatura, comparación de medias de columnas	Anexo
14	Datos en la evaluación reológica de la solución acuosa de goma de tara.	Anexo



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Representación gráfica de un árbol de tara y su fruto	4
2	Vaina entera y semilla de tara	7
3	Componentes de la semilla de tara	7
4	Estructura química parcial del tanino y galatos del ácido quínico de tara	8
5	Segmento representativo de una molécula de galactomanano	17
6	Estructura parcial de la goma de tara	18
7	Ilustración de la estructura química de los galactomanos (relación M/G)	19
8	Esquema de un viscosímetro de cilindros coaxiales	39
9	Diagrama de flujo para la obtención de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	49
10	Efectos principales de grado dilución, pH y temperatura para rendimiento	61
11	Interacción de efectos entre todos los factores para rendimiento	62
12	Efectos de interacción entre dilución * pH * temperatura para rendimiento.	62
13	Análisis proximal de goma de semilla de tara de distrito de Soraya (GA) y Vilcabamba (GB).	67
14	Capacidad de retención de agua de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) comparado con otros productos.	70
15	Capacidad de hinchamiento de goma de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> ) comparado con otros productos.	72
16	Viscosidad en función de la variación de concentración de goma de tara comparada con otros productos.	75
17	Viscosidad de goma de tara en función de la variación de incremento de temperatura	76
18	Viscosidad de goma de tara en función de la variación de pH	78
19	Carácter no newtoniano de la goma de semilla de tara ( <i>Caesalpinia spinosa</i> )	81



## ABREVIATURAS

Semilla de tara de distrito Soraya	A
Análisis de varianza	ANOVA
Association of Official Analytical Chemistry	AOAC
Semilla de tara de distrito Vilcabamba	B
Capacidad de hinchamiento	CH
Capacidad de retención de agua	CRA
Organización para la agricultura y alimentación	FAO
Grado de dilución	GD
Goma de semilla de tara de distrito de Soraya	GA
Goma de semilla de tara de distrito de Vilcabamba	GB
Norma técnica peruana	NTP
Potencial de hidrogeniones	pH



## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar los parámetros o factores de extracción de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) utilizando muestras de semilla de dos procedencias, distrito de Soraya (A) y Vilcabamba (B); a su vez la semilla y la goma obtenida al mejor rendimiento mediante la extracción, se determino sus características fisicoquímicas, reológicas.

En la primera parte de investigación, se han evaluado los factores de extracción; grado de dilucion p/v con tres niveles (1:40, 1:60 y 1:80 p/v), dos niveles de pH (6 y 7), tres niveles de temperatura (75, 80 y 85°C) y dos lugares de procedencia (A y B) teniendo como variable de respuesta el rendimiento de goma de semilla de tara. Los factores de grado de dilución y temperatura tienen influencia altamente, seguido del pH con influencia significativa. Sin embargo, el lugar de procedencia es un factor que no tiene influencia significativa; todos ellos en función del rendimiento de goma de semilla de tara. Del mismo modo se ha encontrado que la mejor interacción de los factores en función al rendimiento es con niveles de: grado de dilución 1/80, pH de 7 y temperatura 85°C.

En la segunda parte del trabajo de investigación; de las semillas de tara de ambas procedencias se determinó composición porcentual de los principales componentes y análisis proximal. Asimismo gomas obtenidas al mejor rendimiento de los distritos de Soraya (GA) y goma de distrito de Vilcabamba (GB) se determinó el análisis proximal, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH), viscosidad en función de la variación de concentración (%), temperatura (°C) y pH. Además a la goma GA se evaluó y determino el tipo de fluido, el cual resulto ser un fluido de carácter reológico no newtoniano “dilatante”.



## ABSTRACT

Present investigation had like purpose to evaluate parameters or factors of extraction of gum of dead weight (*Caesalpinia spinosa*) utilizing signs of seed of two procedences, Soraya's district (A) and Vilcabamba (B); In turn the seed and the obtained gum to the best intervening performance extraction, himself I determine his physicochemical, rheological characteristics.

In the party of the first part of investigation, they have evaluated the factors of extraction; I harrow of dilution p/v with three levels (1:40, 1:60 and 1:80 p/v), two levels of pH (6 and 7), three levels of temperature (75, 80 and 85°C) and two birthplaces (A and B) having like variable of answer the performance of gum of seed of dead weight. The factors of grade of dilution and temperature have influence highly, followed of the pH with significant influence. However, the birthplace is a factor that it does not have significant influence; All of them in terms of the performance of gum of seed of dead weight. It has in the same way been found that the best interaction of the factors in show to the performance is with levels of: I harrow of dilution 1/80, pH of 7 and temperature 85°C.

In second part of research work; Proximal determined percentage composition of the principal components and analysis itself of the seeds of dead weight of both procedences. In like manner gums obtained to the best Vilcabamba's performance of the districts of Soraya (GA) and gum of district (GB) the analysis determined proximal, capability of retention of water (CRA), capability of swelling (CH), viscosity in terms of the variation of concentration (%), temperature (°C) and pH itself. Besides GA evaluated herself to the gum and I determine the kind of fluid, I turn out to be which one fluid of rheological character not dilatant newtoniano.



## I. INTRODUCCIÓN

La goma de semilla de Tara (*Caesalpinia spinosa*), es considerada como un subproducto agroindustrial a partir de la comercialización de vainas secas de esta leguminosa, cuyo componente principal consiste en una cadena lineal de unidades de (1->4)- $\beta$ -D-manopiranosas con unidades de  $\alpha$ -D-galactopiranosas con enlaces (1->6); con potencial utilización como aditivo en la industria alimentaria por poseer características de gelificación y espesante principalmente. Hasta el momento se han llevado a cabo estudios en cuanto al método de obtención de goma, el mismo que no cuenta con características fisicoquímicas bien definidas; para lo cual la necesidad de desarrollar tecnologías para su aprovechamiento en la industria alimentaria de manera eficiente resulta evidente.

Las tendencias en el ámbito internacional, nacional apuntan a la utilización de aditivos naturales para la industria de alimentos. Estos aditivos son sustancias naturales o químicas que se incorporan intencionalmente a comidas o bebidas, en concentraciones reducidas, para hacer más atractivas en sabor, color o consistencia, para preservar o facilitar su procesamiento.

Ante este nuevo panorama mundial de apertura de los consumidores a la utilización de gomas naturales, resulta oportuno impulsar el cultivo, transformación, uso y comercialización de la tara y sus productos derivados. Así mismo, es importante contar con un conocimiento técnico sobre los métodos de extracción de la goma y su contenido en las semillas. También es primordial poseer información sobre la caracterización fisicoquímica y/o tecnológica de la goma; es así que por razones ya mencionadas, en el presente trabajo de investigación se ha evaluado el método de extracción por vía acuosa



(parámetros de extracción: Grado de dilución, pH y temperatura), al mismo tiempo se ha realizado la caracterización fisicoquímica y reológica; Análisis proximal de las semillas y de goma obtenida de tara, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH), viscosidad y carácter reológico de goma, utilizando muestras de semilla de los distritos de Soraya (A) y Vilcabamba (B), Apurímac. Por consiguiente los objetivos del trabajo de investigación son:

- Determinar los parámetros de extracción de goma: grado de dilución semilla/agua, potencial de iones hidrogeno y la temperatura, utilizando semillas de tara provenientes de los distritos de Soraya y Vilcabamba, en función al rendimiento de la goma.
- Determinar si el lugar de procedencia de la goma de semilla de tara influye en el rendimiento.
- Caracterizar aspectos fisicoquímicos y reológico de goma de tara obtenida al mejor rendimiento de dos procedencias.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Origen de la tara (*Caesalpinia spinosa*)

La tara es un cultivo oriundo de Sudamérica que fue empleado por las culturas pre-incas e incas, en la elaboración de tintes para textilería, cerámica, curtido de pieles y medicina. Así mismo esta leguminosa se encuentra a lo largo de las zonas áridas y semiáridas de Venezuela, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, y el norte de Chile, teniendo la mayor extensión y productividad entre los 4° de latitud sur, principalmente en el Perú. Según las investigaciones realizadas en toda Sudamérica, se puede concluir que el Perú es una de las zonas de origen por la gran variabilidad genética que muestra (Villanueva, 2007).

La tara es producida en varias zonas del país, siendo cultivada en terrenos situados entre los 1000 y 2900 msnm, siendo sus principales productores los departamentos de Cajamarca, La Libertad, Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Ancash y Huánuco (De la Cruz, 2004).

En la actualidad a partir de la tara se obtiene dos derivados importantes que son los taninos de la vaina seca y la goma de la semilla de tara para uso industrial (Cabello, 2009; Villanueva, 2007; De la Cruz, 2004).

#### 2.1.1 Descripción de la tara (*Caesalpinia spinosa*)

##### 2.1.1.1 Descripción botánica

Es un arbusto que mide de 2 a 4 metros de altura, las hojas son compuestas, las flores son de color amarillo. Los frutos son vainas achatadas de color rojizo amarillento de un tamaño aproximado de 8 a 10 cm de largo por 1,5 a 2,5 cm de ancho, estas medidas pueden variar según la zona de cultivo (Figura1).

También los frutos de tara tienen la característica de ser vainas explanadas de color naranja, amarilla de 8 a 10 cm de largo y 2 cm de ancho aproximadamente, que contiene de 4 a 7 granos de semilla redondeadas de 0,6 a 0,7 cm de diámetro y son de color pardo negruzco cuando están maduros. Cada árbol de tara puede rendir un promedio de 20 a 40 kg de vaina secas, con 2 cosechas al año (De la Cruz, 2004).



Figura 1: Representación gráfica de un árbol de tara y su fruto (Proyecto Tara, Gobierno regional MINAG – Apurímac, 2009).

En la actualidad en el departamento de Apurímac los rendimientos de vaina seca de tara en estado silvestre en promedio varían de 1 a 5 Tm/Ha, sin embargo se ha visto campos manejados con rendimientos de hasta 15Tm/Ha (MINAG Apurímac, 2009). Generalmente el árbol de tara da fruto a los tres años y en su estado silvestre a partir de los 4 años con un promedio de 100 años de vida, pero dejando de producir a los 80 años (De la Cruz, 2004).

### 2.1.1.2 Clasificación taxonómica

División	: Fanerógamas
Subdivisión	: Angiospermas
Clase	: Dicotiledóneas
Subclase	: Arquielaideas
Familia	: Caesalpinaceae ( <i>leguminosae</i> ; <i>caesalpinodeae</i> )
Subfamilia	: Caesalpinoidea
Género	: Caesalpinia
Especie	: Espinosa
Nombre científico	: <i>Caesalpinia spinosa</i>
Nombre común	: Tara, taya (Perú)

Fuente: Rojas, 1991; De la Cruz, 2004.

### 2.1.1.3 Características generales de sus frutos

La composición porcentual obtenida del fruto de tara se considera de aquellos frutos maduros que han alcanzado su tamaño característico con semillas aptas para la reproducción, los que comienzan a desprenderse de sus pétalos para precipitarse al suelo, lo que significa que han llegado al estado de madurez fisiológica (Villanueva, 2007). En la siguiente tabla 1 abajo se tiene una aproximación porcentual se sus componentes de frutos de tara.

**Tabla 1:** Composición química de frutos maduros secos  
de vaina de tara (*Caesalpinia spinosa*)

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
<b>Humedad</b>	11,70
<b>Proteínas</b>	7,17
<b>Cenizas</b>	6,24
<b>Fibra bruta</b>	5,30
<b>Extracto etéreo</b>	2,01
<b>Carbohidratos</b>	67,58
<b>Taninos (vainas)</b>	62

Fuente: De la Cruz, 2004.

Según los reportes de la empresa exportadora (ALNICOLSA, 2009) los componentes de la tara obtenidas porcentualmente son semilla 33%, polvo 45% y fibra 22%. En otra reporte la vaina representa el 62% del peso de los frutos y es la que precisamente posee la mayor concentración de taninos que oscila entre 40% y 60%, y las semillas de uso forrajero tienen en su composición porcentual en peso el 28% de cáscara, 34% de gomas (uso alimentario) y 37.5% de germen (almendra) como altísimo contenido de proteínas de gran concentración de metionina y triptófano de buena calidad, grasas y aceites que podrían servir para el consumo humano (De la Cruz, 2004). De acuerdo a estos dos autores reportan datos que varían en alrededor de 3% en cuanto a su composición; se presume que la diferencia de datos puede ser por la procedencia de materia prima, ya que en el Perú la tara está distribuido en distintos territorios.

Las características más importantes de los frutos de la tara, se tiene que en peso los frutos es de 1 a 2.5 g, largo 8 a 10 cm, espesor de 0,5 a 0,8 cm y un color naranja rojizo (figura 2).



Figura 2: Vaina entera y semilla de tara (Cabello, 2009).

Por otro lado las partes principales de los frutos que compuesto por epicarpio (1.58%), mesocarpio (60.83%), endocarpio (3.98%), y semilla (33.62%); además de la composición de las semillas de tara, que presenta en germen 26%, goma (endospermo) 27%, cáscara 39.5% y humedad 7.5% (ALNICOLSA, 2009).

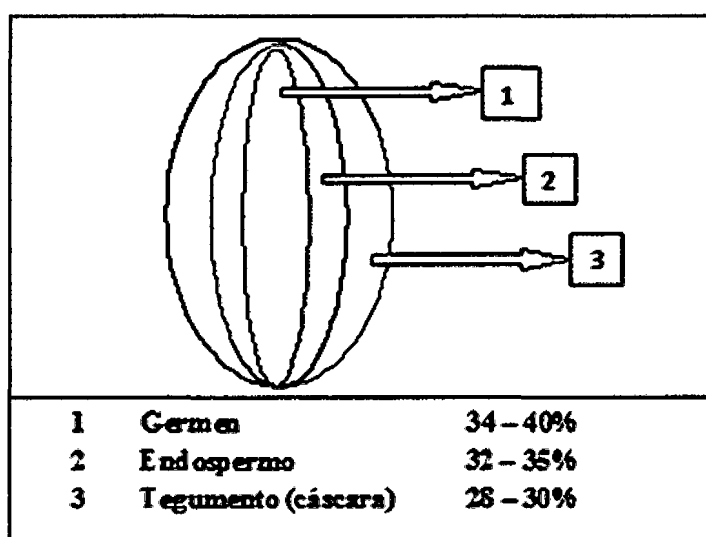
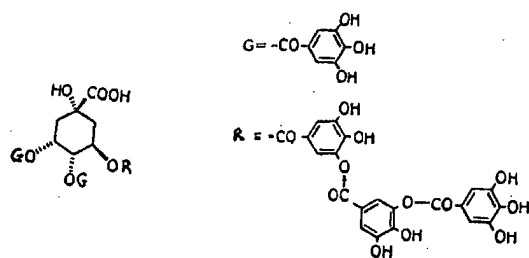


Figura 3: Componentes de la semilla de tara (INNDA, 1986, citado por Rojas, 1991).

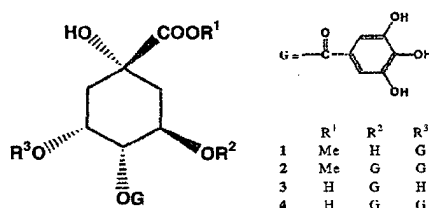
#### 2.1.1.3.1 Carácter químico y su aplicación de las vainas secas

A través de de proceso mecánicos de molienda y de purificación de las vainas secas se puede obtener polvo fino de tara de la cual, se obtiene taninos hidrolizables (galotaninos) en un rango de 40% a 60%; la hidrólisis de estos taninos conduce a la separación del ácido gálico; asimismo se pueden obtener aislado de galato de etilo y cuatro galatos del ácido quínico correspondiendo a

los ésteres metílicos de 4,5-di-O-galoilquínico y de 3,4,5 - tri-O-galoilquínico, y a los ácidos 3,4-di-O- galoilquínico y 3,4,5-tri-O-galoilquínico (figura 2), (Kondo *et al*, 2004, citado por Cabello, 2009; Evans, 2004 citado por Añanca, 2009).



a: Tanino de tara



b: Galatos del ácido quínico

Figura 4: Estructura química parcial del tanino y galatos del ácido quínico de tara

También los taninos son considerados como polímeros polifenólicos producidos en las plantas como compuestos secundarios y que tienen la propiedad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esféroides, alcaloides y saponinas (Tsitsa *et al.*, 1987, citado por Hidrobo, 2011).

Sus principales aplicaciones de los taninos de tara están destinadas en particular en las industrias en las cuales destaca la actividad peletera (curtiembre). En este caso se emplea para el curtido de cueros, por la propiedad que tienen estos

taninos para transformar las proteínas en productos resistentes a la descomposición (Villanueva, 2007).

En general de forma tradicional las vainas secas de tara es también muy utilizada para el tratamiento de infecciones vaginales y micóticas, para el lavado de ojos inflamados, para el dolor de estómago y diarreas, para el reumatismo y resfriado, para curar úlceras, como cicatrizante, la infusión de las vainas maduras secas para la amigdalitis en forma de gárgaras, entre otros (Valdizán, 1922, citado por Cabello 2009).

#### 2.1.1.3.2 Características fisicoquímicas de las semillas

Las semillas tienen en su composición porcentual en peso el 28% de cáscara, 34% de gomas y 37.5% de germen (almendra) como altísimo contenido de proteínas de gran concentración de metionina y triptófano de buena calidad, grasas y aceites que podrían servir para el consumo humano. De esta parte del fruto se obtiene aceite, goma (usada para dar consistencia a los helados), harina proteica y derivados (De la Cruz, 2004).

En el cuadro 2 se muestra la composición química de la semilla entera de tara expresado en porcentajes:

Tabla 2: Composición química de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*)

Componentes	Base húmeda (%)	Base seca (%)
<b>Humedad</b>	9.808	
<b>Proteínas</b>	15.960	19.698
<b>Grasa</b>	5.224	6.792
<b>Cenizas</b>	4.900	6.433
<b>Fibra</b>	1.125	4.247
<b>Carbohidratos</b>	62.98	62.830

Fuente: Miller, 1983; citado por Rojas, 1991.

El reporte por ALNICOLSA (2009), muestra que la goma de semilla de tara posee un contenido de humedad menor al 15%, cenizas menor al 2%, proteínas de 2.5 a 6%, carbohidratos 81.87%. Existe una variación en su composición porcentual de las semillas de tara con respecto entre las dos fuentes anteriores, esta diferencia en ocasiones puede dificultar su aplicación en la industria alimentaria, por ello en esta investigación además de la extracción se va a realizar la caracterización de la semilla.

### **2.1.2 Producción de vainas secas de tara**

La producción promedio de frutos secos de tara en el Perú es de 19,000 toneladas al año. Se presenta durante cuatro períodos al año. En condiciones de cultivo u ornamentales generalmente producen casi todo el año. Sin embargo, existen ciertas variaciones, según la localidad, altitud, estación, temperatura, precipitación y suelo.

La productividad entre árboles puede variar de 20 a 40kg de vainas por año, en dos cosechas de 4 meses cada una. Los meses de producción y el rendimiento por hectárea, varían de acuerdo a la zona y están en función a la densidad. Para el caso de plantas silvestres agrupadas en pequeñas áreas o aisladas su producción llega a 10 Kg. /planta, pudiendo incrementarse con un adecuado riego y fertilización. Para realizar cálculos económicos generalmente se infiere una producción promedio de 20 Kg por árbol (Chávez y Mendo, 2007).

El ciclo productivo es prolongado en terrenos con riego, llega en promedio hasta los 85 años. Comienza a producir entre los 3 a 4 años, alcanza su mayor producción a partir de los 15 años y empieza a disminuir a los 65 y resulta prácticamente improductiva a los 85 años. En terrenos de secano y, posiblemente, en bosques naturales, el promedio de vida es de 65 años, donde

inicia la producción a los 6 años y alcanza su mayor producción a los 20 años para disminuir a los 50 años y resultar prácticamente improductiva a los 65 años (Chávez y Mendo, 2007).

En la región de Apurímac en la actualidad los rendimientos de tara en estado silvestre en promedio varían desde 01 Tm/Ha hasta 5 Tm/Ha. Sin embargo se ha visto campos manejados con rendimientos de hasta 15 Tm/Ha. Actualmente en Apurímac se tiene más de 270 Has en producción en estado silvestre con un volumen promedio de producción comercial de 822 Toneladas, al mismo tiempo ya existen 281 Has instaladas en la diferentes provincias de la región (MINAG – Apurímac, 2009).

### 2.1.3 Regiones productoras de tara

Entre 1993 y 2003, la producción de tara en Perú aumentó de aproximadamente 6,000 toneladas a 13,264 toneladas de vainas secas de tara (SUNAD, 1995; Prompex, 2005). Las principales regiones productoras son Cajamarca (36%), La Libertad (22%), Lambayeque (21%), Ayacucho (7%), Huánuco (5%) (Prompex, 2005, citado por SIPPO por ProFound – Advisers In Development, 2008).

Tabla 03: Producción de vainas secas de tara por región por año (en TM)

<i>Región</i>	<i>Producción anual</i>							
	1998	1999	2000	2001	2002	20003	2004	2005
<i>Cajamarca</i>	2926.5	000.0	000.0	3745.9	3445.8	4746.3	623.3	4590.2
<i>La Libertad</i>	780.6	2064.6	264.7	1511.7	4081.4	2955.0	2240.5	1865.0
<i>Lambayeque</i>			64.2	377.6	814.2	2737.7	1972.0	719.3
<i>Huánuco</i>	664.5	816.0	579.5	763.5	264.4	693.2	835.0	
<i>Ayacucho</i>			589.1	364.5	264.2	892.89	421.0	2393.9
<i>Ancash</i>	50.2	3.0	0.0	11.0	258.2	520.0	804.5	756.2
<i>Apurímac</i>			102.5	64.8	655.0	490.1	354.8	
<i>Amazonas</i>			127.2	219.0	168.1	141.4	197.9	125.0

Fuente: Proyecto de instalación de tara, Jayanca-Lambayeque (Quispe, 2009).



#### **2.1.4 Valor comercial**

Gran parte de la producción vainas secas de tara en Perú se da a través de la recolección silvestre. Un problema serio con dicha producción son las diferencias de calidad entre la tara recogida de forma silvestre y la tara cultivada (ProFound – Advisers in development, 2008).

En cuanto a la comercialización de los derivados de tara se tiene que, para el año 2006 las exportaciones que alcanzaron en cuanto al polvo de tara fue de acuerdo al orden siguiente: Italia 19.49%; Brasil 17.82%; Argentina 16.6%; China 7.17%; EE.UU. 4,77%; Uruguay 4.94% y Alemania 4.63%. Por otro lado para el polvo de goma de tara para el año 2006 las exportaciones se dieron de la siguiente manera: EE.UU 12.63%; Alemania 11.34%; Italia 9.87%; Argentina 9.29%; Suiza 7,17% y otros 49.7%, (Villanueva, 2007).

#### **2.1.5 Calidad de frutos de tara**

La calidad es un aspecto fundamental demandado por los consumidores o el mercado objetivo en el comercio internacional. La calidad de la vaina seca de tara está basada en evaluación y control mediante la detección en la forma e integridad física de los frutos que no presenten signos de infestación, magulladuras o golpes (Villanueva, 2007).

##### **a) Calidad de polvo de tara**

A través de la molienda de vaina seca de tara previamente despepitada se obtiene un polvo fino de color amarillo claro, con un contenido aproximado mayor o igual al 68% de taninos. El mercado exige como parámetros de calidad para exportación de acuerdo al siguiente Tabla 04.

Tabla 04: Parámetros de calidad de polvo de vaina seca de tara

Componente	Características	
	Límite mínimo aprox.	Límite máximo aprox.
Contenido tánico	48%	68%
Humedad	-	12%
Tamaño de partícula (general)	5mm	18mm
Tamaño de partícula (industria de curtiembre)	100mesh	200 mesh
Tamaño de partícula (industria química)	-	100 mesh

Fuente: Villanueva, 2007.

#### b) Calidad de goma de tara

La FAO/WHO, 1996; menciona que las especificaciones de pureza de los galactomanos para la goma de tara son:

- Humedad – máximo 15%
- Ceniza – máximo 1.5%
- Materia insoluble en ácido (fibra) – máximo 2%
- Proteína – máximo 3.5%

Característica comercial estándar de la goma de tara para la industria, que está dentro de lo permitido por las especificaciones de pureza.

- Sabor : insípido
- Color : crema claro
- Viscosidad : al 1% de solución
- Ceniza : < 2%
- Humedad : < 15%
- Granulometría: 250 micrones (60 mesh) al 100% - 100 micrones (150 mesh) al 90%.

## 2.2 Aditivo alimentario

Legalmente, se ha definido un aditivo alimentario como: "una sustancia o mezcla de sustancias, distintas de los componentes básicos de los alimentos, que se encuentran en un alimento como resultado de un aspecto de la producción, procesado, almacenamiento o envasado" (Vaclavik, 2002). Los aditivos mejoran factores de calidad y apariencia como aroma, color, sabor y textura o ayudan en la conservación y estabilidad. Sin embargo, su uso no debe estar encaminado al enmascaramiento de defectos o mala calidad de los alimentos (Badui, 2006). Dentro de la tecnología alimenticia, los aditivos cumplen una función importante, pues permiten la preparación de productos adaptados a las exigencias de la vida moderna, por ejemplo: pan de larga duración, margarinas con grasas insaturadas, postres, salsas, conservas, etc (Dorán, 2008).

La fabricación de aditivos alimenticios está regulada por una comisión de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización para la Agricultura y Alimentación (FAO). Esta comisión es la encargada de emitir la autorización oficial para el uso de un aditivo específico, tras comprobar que su consumo es inofensivo para la salud y es técnicamente necesario (Matissek, Schnepel y Steiner, 1998).

El estricto control por parte de las autoridades sanitarias permite asegurar que una vez que un aditivo ha sido aprobado y se han especificado las condiciones para su utilización, no existen riesgos de salud para el consumidor. Además, es obligación del fabricante especificar la lista de ingredientes en la etiqueta de cada producto alimentario (Valle, 2000).

Entre las ventajas que se obtienen del uso correcto de aditivos, se pueden mencionar algunas como: conservar la calidad nutricional, proporcionar



ingredientes necesarios para grupos con necesidades dietéticas especiales, aumentar la estabilidad o mejorar propiedades sensoriales y ayudar en la fabricación, transporte y/o almacenamiento de los alimentos (Dorán, 2008).

Uno de los grupos de aditivos que mejoran las propiedades sensoriales de los alimentos es el de los estabilizantes, espesantes y gelificantes que modifican o conservan la consistencia y textura de un alimento (Matissek, Schnepel y Steiner, 1998).

### **2.3 Goma (hidrocoloide)**

Las gomas o hidrocoloides son macromoléculas polisacáridos que tienen gran capacidad de retener agua y formar suspensiones coloidales, se usan en la formulación de muchos alimentos principalmente por su capacidad texturizante, de viscosidad o espesamiento (Glicksman, 1991, citado por Dziezack, 1991). También las gomas llamados biopolímeros, son moléculas polisacáridos, frecuentemente asociadas con metálicos como Ca, K o Mg. Estas se clasifican como gomas naturales, modificadas o sintéticas; producen a bajas concentraciones (menor al 1%), efectos gelificantes o suspensiones viscosas por lo que se usan adhesivos, inhibidores de cristales, agentes gelificantes y estabilizantes (De la Cruz, 2004).

Según (Whistler y Daniel, 1985; citado por Pasquel, 2001), la goma es definida en sentido amplio, como cualquier polisacárido soluble en agua, que puede ser extraído a partir de vegetales terrestres o marinos, o de microorganismos, que poseen, en solución, de incrementar la viscosidad y/o de formar geles. Las gomas vegetales de uso generalizado son las galactomanas de las semillas de guar y locuste (*Seratonia siliqua*), los exudados como la goma arábiga y el tragacanto, y las de las algas como las carragenanas y los alginatos.

Las gomas naturales, a su vez, son definidas como carbohidratos altamente polimerizados, insolubles en alcohol y otros solventes orgánicos, pero altamente solubles en agua. Las gomas naturales son polisacáridos altamente hidrofílicos, compuestos de monosacáridos que se unen por enlaces glucosídicos (Hawley y Lewis, 1993; citado por Pasquel, 2001).

Las gomas poseen la ventaja de no impartir aroma ni sabor a los productos en que se añaden, pero inciden en su aceptabilidad ya que mejoran su textura y/o consistencia; su complejidad les impide ser metabolizadas por seres humanos, por lo cual no aportan calorías a la dieta (Glicksman, 1991, citado por Dziezack, 1991).

Las gomas de Guar y algarrobo son polisacáridos espesantes de gran interés, para uso tanto alimentario como no alimentario. Las dos gomas se obtienen moliendo el endospermo de semillas, y el mayor componente de ambos endospermos es un galactomano. Los galactomanos consisten en una cadena principal de unidades  $\beta$ -D-manopiranosilo unidas por enlaces (1  $\rightarrow$  4) con ramificaciones de una sola unidad de  $\alpha$ -D galactopiranosilo unidas en la posición O-6 (Fig. 06) (Herald *et al*, 1984; Maier *et al*, 1993; citado por Fennema, 1995).

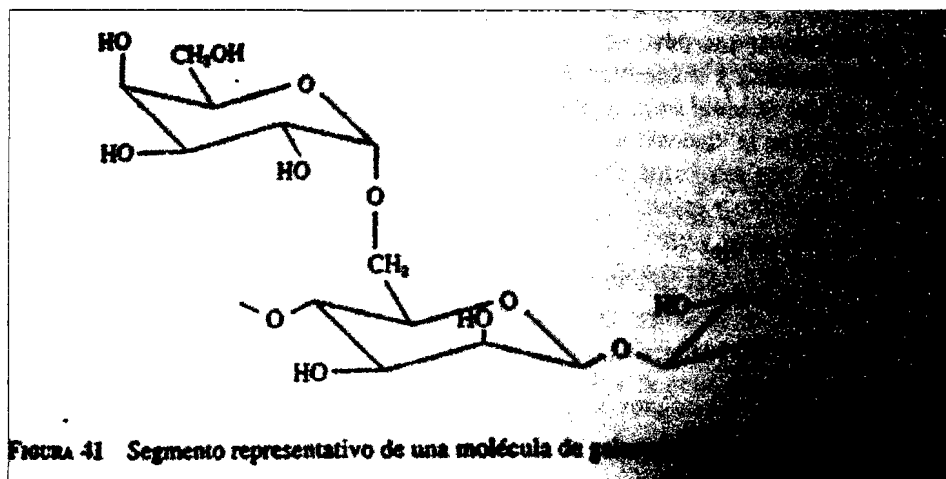


Figura 5: Segmento representativo de una molécula de galactomannano  
(Maier *et al*, 1993).

Los hidrocoloides, denominados también como gomas, pertenecen al grupo de estabilizantes, espesantes y gelificantes y proceden de fuentes naturales, aunque otros se sintetizan en laboratorio o se obtienen por fermentación a través de técnicas biotecnológicas. Las gomas son sustancias poliméricas solubles o dispersables en agua, por lo que se asemejan o pueden considerarse como fibra soluble (Fennema, 2000).

Dentro de los hidrocoloides ampliamente utilizados en alimentos, se encuentran almidones, gelatina, pectina, goma guar, goma garrofin, alginas, carragenatos, goma arábica, derivados de celulosa y en menor cantidad agar y gomas ghatti, karaya y tragacanto (Rosenthal, 2001).

Estructuralmente, los hidrocoloides son moléculas que forman redes tridimensionales, en cuyos espacios se pueden retener moléculas de agua o soluciones acuosas (Coenders, 1996). La interacción entre esta red tridimensional y el medio acuoso determinan el comportamiento mecánico del sistema y por consiguiente aumentan la viscosidad o forman geles (Rosenthal, 2001).

### 2.3.1 Estructura química de las gomas (hidrocoloides)

Las gomas producidas por las semillas de las leguminosas algarrobo y tara, están formadas principalmente de polisacáridos hidrocoloidales de alto peso molecular, compuesto de unidades de galactosa y manosa combinados a través de enlaces glicosídicos, que químicamente son descritos como galactomanos (Mason y Charles, 1970; citado por Rojas, 1991).

El componente principal consiste en una cadena lineal de unidades de (1->4)- $\beta$ -D-manopiranososa con unidades de  $\alpha$ -D-galactopiranososa con enlaces (1->6). La proporción entre manosa y galactosa en la goma de tara es de 3:1, (Alnicolsa, 2009). En consecuencia la goma de tara o hidrocoloide galactomanánico en la que los componentes monoméricos galactosa y manosa se encuentran en una relación de 24,41:70,90 (1:2,9), (figura 5), (Siccha, 1993, citado por Cabello, 2009).

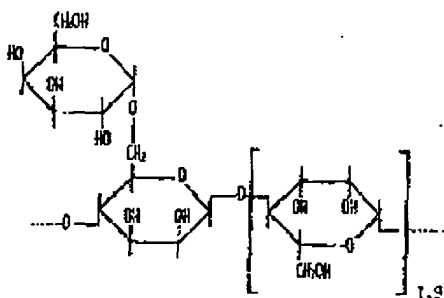


Figura 6. Estructura parcial de la goma de tara (Cabello, 2009)

Los galactomananos son formados por una cadena principal de manosas unidas entre sí por enlaces  $\alpha$ (1-4), la cual se encuentra ramificada por unidades de galactosa unidas al carbono 6 de las manosas por un enlace  $\beta$ (1-6) (Figura 2). El grado de sustitución de estos polímeros varía de acuerdo a la fuente vegetal y método de extracción de los mismos, presentando así distintos grados de

ramificación, lo cual influye de forma esencial sobre su solubilidad y propiedades reológicas entre otras propiedades fisicoquímicas (Mikkonen y col. 2007 citado por AQM, 2010).

Los galactomananos adoptan una conformación helicoidal ligeramente extendida y flexible, dicha conformación deja al carbohidrato en estado sólido. La estabilidad natural de esa estructura está dada por los hidrógenos de las cadenas laterales de galactosas que se ligan a la cadena principal de manosa intermolecularmente.

Entre los galactomananos más conocidos y de mayor disponibilidad comercial para aplicaciones industriales se encuentran: goma guar (GG), goma locust bean (GLB) y goma tara (GT), las cuales difieren principalmente en la relación manosa/galactosa (M/G), donde la relación de M/G para GG es de 2:1, para GLB es de 3:1 y finalmente para GT es de 4:1 (Parvathya y col. 2005 citado por AQM, 2010).

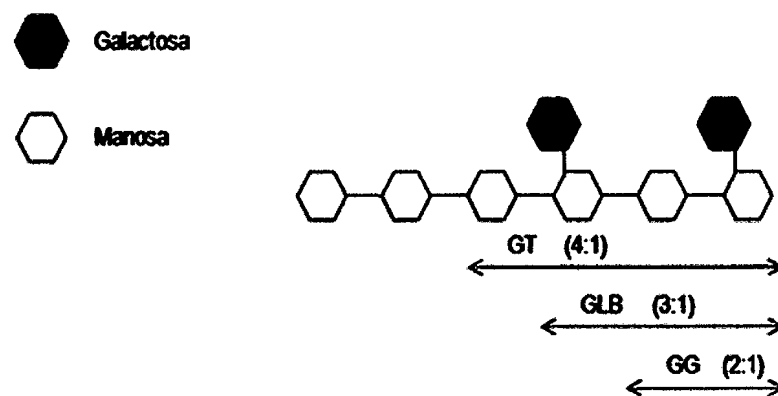


Figura 7: Ilustración de la estructura química de los galactomananos (relación M/G), (AQM, 2010).

## **2.3.2 Características fisicoquímicas de gomas (hidrocoloides)**

### **2.3.2.1 Sustancias coloides**

La existencia del estado coloide fue primeramente reconocido por (Thomas Graham en 1950 citado por Whytney y Robert, 1981) llamado el padre de la química coloidal, el estableció la diferencia entre el estado coloidal y cristaloides, debido a su grado de difusión. Las sustancias cristaloides como las sales y azúcar se difunden rápidamente, en cambio los coloides como las proteínas y polisacáridos se difunden más lentamente. El atribuyo tal diferencia al tamaño de partícula. Por muchos años se asumió que las sustancias muestran diferente estado coloidal, hasta que Ostwald en 1907 (citado por Robert, 1981) demostró que los coloides son sistemas bifásicos en el que la coloidalidad es una función del grado de subdivisión de una sustancia en otra de igual o parecida naturaleza química.

Von Weimarn en 1908 (citado por Whistler, 1959) demostró que los cristaloides como el sulfato de bario pueden existir en ambos estados, en solución verdadera, en suspensión coloidal, en estado amorfo o precipitado cristalino, dependiendo sobre todo de las condiciones tales como: concentración, temperatura, grado de nucleación, y grado de cristalización.

Entre las propiedades que son característicos del estado coloidal son: la lenta difusión de la fase dispersa, una mayor relación de área a volumen, movimiento Browniano, debilidad para dispersar la luz, alta energía interfacial y alta capacidad de absorción.

La conducta de las macromoléculas y agregados moleculares, están íntimamente relacionados a la estructura primaria, a su configuración estructural de las



moléculas, a las condiciones de tratamiento y condiciones medio ambientales a las que se encuentran sometidas (Whytney y Robert R., 1981 citado por Rojas, 1991).

#### **a) Capacidad de hidratación de una sustancia coloidal**

Casi todas las sustancias coloidales tienen gran afinidad por la estructura química del agua y su mayor o menor atracción a fijarse, depende de la estructura y configuración química del coloidal (Whytney y Robert R., 1981 citado por Rojas, 1991).

El agua se liga a los coloides a través de fuerzas intermoleculares existentes en los puentes de hidrogeno, dando un agregado molecular en tránsito, con una estructura abierta debido a la dirección natural del enlace del hidrogeno. Cuando las macromoléculas del coloide que poseen grupos no polares son dispersadas en un sistema acuoso, se forma una estructura parecida a la del hielo alrededor de los grupos no polares en la superficie de la macromolécula (Whistler, 1959).

#### **b) Propiedades eléctricas de los coloides**

Las cargas eléctricas en las soluciones coloidales, proceden de la ionización de sus grupos ionizables en la partícula o macromolécula, o debido a la absorción de iones cargados desde la solución, debido a la presencia de un dipolo en la macromolécula, tal como sucede en la unión de la amilosa con el yodo.

Los grupos ionizables en alimentos coloidales, consisten de grupos carboxil en algunas proteínas y polisacáridos, el grupo sulfhidrido y torisina hidroxil en proteínas, el grupo fosfato en fosfoproteínas, así como los grupos histidina y guanina en proteínas (Whytney y Robert, 1981 citado por Rojas, 1991).

Químicamente los coloides vegetales están formados por polisacáridos agrupados en largas cadenas de polímeros o también por monosacáridos y sus derivados tales como la D-glucosa en el almidón (Krumel y Sarkas, 1975; citado por Rojas, 1991).

### **2.3.2.2 Solubilidad**

Las propiedades de hidratación y solubilización de las gomas están vinculadas con la capacidad de sus macromoléculas para retener en su estructura una cierta cantidad de moléculas de agua (Bello, 2000).

Estas macromoléculas pueden presentar en su conformación estructural diversos tipos de grupos capaces de intervenir en interacciones con el medio acuoso que los rodea, como: grupos hidroxilo, grupos ionizados (como sulfatos), grupos carboxilo y macromoléculas ramificadas, que favorecen la solubilización e hidratación, puesto que separan las cadenas principales. Por otra parte la capacidad de solubilización puede verse modificada por factores relacionados con la granulometría, la porosidad, la superficie específica o presencia de impurezas u otras sustancias más o menos solubles (Cubero *et al.*, 2002).

Los polisacáridos y otros polímeros solubles en agua, pueden coagularse por adición de sustancias inorgánicas (cloruros, sulfatos) y compuestos orgánicos especialmente electrolitos.

Existe una fuerte relación entre solubilidad de hidratación de los coloides hidrofílicos. La habilidad a la hidratación de los coloides depende de la estructura negativa, del peso molecular, del pH, presencia de grupos funcionales en la cadena y presencia de sales circundantes en el medio.



Las soluciones de gomas (coloides), pueden mostrar una alta viscosidad, la misma que depende del grado de polimerización de los galactomananos, del pH de la solución, de la temperatura, presencia de electrolitos, concentración de la goma y velocidad de corte (Whytney y Robert, 1981 citado por Rojas, 1991).

Las propiedades de hidratación y solubilización de las gomas están vinculadas con la capacidad de sus macromoléculas para retener en su estructura una cierta cantidad de moléculas de agua (Bello, 2000).

Estas macromoléculas pueden presentar en su conformación estructural diversos tipos de grupos capaces de intervenir en interacciones con el medio acuoso que los rodea, como: grupos hidroxilo, grupos ionizados (como sulfatos), grupos carboxilo y macromoléculas ramificadas, que favorecen la solubilización e hidratación, puesto que separan las cadenas principales. Por otra parte la capacidad de solubilización puede verse modificada por factores relacionados con la granulometría, la porosidad, la superficie específica o presencia de impurezas u otras sustancias más o menos solubles (Cubero *et al.*, 2002).

La estructura molecular de las gomas desempeña un rol esencial en la solubilización de sus moléculas. Es así, que las sustancias con configuraciones lineales son muy difíciles de disolver, debido a las fuertes interacciones moleculares en su cadena, que impiden la entrada de moléculas de agua. Por el contrario, sustancias que incorporan ramificaciones en su cadena principal y están dotadas de mayor flexibilidad en los enlaces, son fácilmente solubles en agua (Bello, 2000). Por su parte ALNICOLSA (2009), afirma que la goma de tara alcanza una solubilidad total a 98 °C, viscosidades de 2000 a 5000 cps y su pH de una solución 1% está entre 5-7.

### **2.3.2.3 Viscosidad**

La viscosidad es la propiedad que más afecta al comportamiento del flujo de un fluido. La viscosidad está relacionada con la resistencia que ejerce el fluido al movimiento (Dorán, 2008).

La viscosidad como propiedad reológica representa la fricción o fuerza de rozamiento entre las capas de un líquido cuando se le aplica una fuerza de cizalla o esfuerzo cortante, que impide que fluya libremente (Dorán, 2008). La medición de la viscosidad se utiliza principalmente en el cálculo de parámetros de fenómenos de transporte, así como para el control de calidad de ciertos productos (Ibarz y Barbosa, 2005); esto quiere decir que las sustancias líquidas ya sean productos alimentarios y no alimentarios tienen como propiedad una viscosidad que le atribuye una característica que le determina su calidad o aspecto tecnológico que permita su utilización adecuadamente. Los fluidos viscosos se deforman continuamente bajo el efecto de un esfuerzo aplicado. Pueden ser fluidos Newtonianos y no-Newtonianos (Sahin y Gülüm, 2009). La solubilidad, viscosidad y habilidad de formar geles de una goma, depende de las características químicas de la misma, contenido de galactomananos, grado de esterificación y peso molecular de los galactomananos (Krumel y Sarkas, 1975 citado por Rojas, 1991).

### **2.3.2.4 Propiedades funcionales de los hidrocoloides**

Las propiedades funcionales más representativas son propiedades globales que asocian simultáneamente propiedades fisicoquímicas diferentes pero independientes. Estas dependen estrechamente de la estructura espacial de las moléculas y de su estado de asociación (entre sí mismas o con otras moléculas). Los factores que intervienen son principalmente: la composición del medio:

agua, presencia de otras moléculas, pH, fuerza iónica. Tratamientos físicos y químicos que modifican el medio (concentración, secado, tratamientos mecánicos), (Linden y Lorient, 1996).

La característica funcional de los hidrocoloides está relacionada con su capacidad de incrementar la viscosidad de los sistemas acuosos, a sus propiedades para formar geles y capacidad para estabilizar partículas coloidales diversas (1-100 nm) a las que dispersan o emulsifican.

Las propiedades de hidratación de la fibra se refieren a la capacidad de retener agua dentro de su matriz, las fibras con fuertes propiedades de hidratación pueden incrementar la absorción de nutrientes en el intestino, como también pueden aumentar la viscosidad de los alimentos ingeridos, trayendo con esto sin número de beneficios a la salud (Figuerola, *et al.*, 2008; Redondo, *et al.*, 2008; Guzmán, 2008). Las propiedades de hidratación de la fibra dietaria determinan su nivel óptimo de incorporación de alimentos en función de mantener una textura deseable en los mismos. Usualmente, las propiedades de hidratación son descritas en medida de los parámetros: Capacidad de retención de agua y Capacidad de hinchamiento (Dreher, 2001; Raghavendra *et al.*, 2006). Por otro lado la formación de geles, se produce debido a la presencia de diversos polisacáridos hidrofílicos que a su vez poseen numerosos grupos hidroxilos libres, que tienen la capacidad de retener agua (Dreher, 2001).

La capacidad de adsorción de grasa está relacionada directamente con el tamaño, área de superficie de partícula, composición química de la fibra, propiedades superficiales, la densidad y las características de las partículas de la fibra. Esta mide de forma directa la capacidad de retención de aceite de una fibra (Femenia y Lefebvre, 1997).

### 2.3.3 Tipos de gomas

Las gomas alimenticias son obtenidas a partir de una variedad de fuentes: exudados y semillas de plantas terrestres, algas, productos de la biosíntesis de microorganismos y la modificación química de polisacáridos naturales.

#### 2.3.3.1 Gomas extraídas de plantas marinas

Los alginatos, la goma agar y la goma carragenana son extractos de algas rojas y marrones, que en conjunto, en inglés, son conocidas como seaweeds.

##### a) Alginatos

Son descritos como compuestos que incluyen una variedad de productos constituidos por los ácidos D-manurónico y L-gulurónico; y que son extraídos de algas marrones conocidas como Phaeophyceae, siendo que las más importantes para la producción comercial de los alginatos incluye *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria digitata* y *Ascophyllum nodosum*, que son encontradas en el mundo entero (Dziedzic, 1991). La importancia de los alginatos radica en su capacidad de modificar las propiedades reológicas de los sistemas acuosos (López-Munguía, *et al.*, 1993).

##### b) Goma agar

Es obtenida a partir de algas rojas de la clase Rhodophyceae, siendo las más importantes la *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria confervoides* y *Pteroclaia capillacea*. Considerada como uno de los agentes gelificantes más importantes, esta goma constituida de galactosa y anhidrogalactosa parcialmente esterificada con ácido sulfúrico, produce una gelificación perceptible en concentraciones tan bajas como 0.04% (Dziedzic, 1991).

### **c) Goma carragenana**

Es un polímero sulfatado, constituido de unidades de galactosa y anhidrogalactosa, extraída de algas rojas donde destaca la *Chondrus crispus*, también conocida como “musgo irlandés”. Towle, 1973; citado por (Dziezak, 1991) indica que el extracto del “musgo irlandés”, es usado casi 600 años en la elaboración de alimentos, remedios y fertilizantes, en el municipio de Carragheen que da origen al nombre de esta goma.

#### **2.3.3.2 Gomas extraídas de semillas de plantas terrestres**

Un segundo grupo importante de gomas son las galactomanas obtenidas de las semillas de ciertas plantas: goma locuste y goma guar.

##### **a) Goma locuste**

Es un polisacárido neutro constituido de manosa y galactosa en la proporción de 4:1. Esta goma es extraída de las semillas de la *Ceratonia siliqua*, que es un árbol nativo de los países de la cuenca del mediterráneo.

Es insoluble en agua fría y soluble en agua caliente, siendo que su viscosidad máxima se alcanza cuando es calentada a 95°C y después enfriada (Dziezak, 1991).

##### **b) Goma aguar**

Es obtenida del endospermo de la semilla de la planta guar *Cyamopsis tetragonolobus*, oriunda de la India y Pakistán. Se disuelve completamente en agua fría, produciendo alta viscosidad; sin embargo no gelifica, y su principal

uso es como formador de cuerpo, estabilizante y ligador de agua (Dziezak, 1991).

### **2.3.3.3 Gomas obtenidas como exudados de plantas terrestres**

Un tercer grupo importante de gomas usadas en la industria de los alimentos es el grupo de las gomas exudadas por arboles: goma arabica, goma ghatti, goma karaya y goma tragacanto.

#### **a) Goma arabica**

También llamado goma acacia, considerada la más vieja y la mejor conocida de las gomas, es la savia exudada de varias especies de árboles de la Acacia para prevenir el resecamiento de sus tejidos cuando son heridos. Químicamente la goma arabica es una sal neutra o levemente acida de un polisacárido complejo que contiene iones calcio, magnesio y potasio en su molécula; y está formada por 6 carbohidratos: galactosa, ramnosa, arabinopiranososa, arabinofuranosa, ácido glucouronico y ácido 4-o-metilglucouronico (Prakash y Mangino, 1990).

#### **b) Goma ghathi**

Es un exudado amorfo y translucido del árbol del *Anogeissus latifolia* de la familia Combretaceae oriunda de la India. Es un polisacárido complejo, soluble en agua formado por arabinosa, galactosa, manosa, xilosa y ácido glucoronico. Esta constituida de una fracción soluble y de una insoluble, pero gelificable (Dziezak, 1991).

#### **c) Goma karaya**

Es un exudado seco del árbol *Sterculia* producido en el norte y en el centro de la India, es un polisacárido complejo parcialmente acetilado, constituido de una

cadena principal de unidades de ácido D-galactourónico, L-ramnosa y D-galactosa, de cadenas laterales de ácido D-glucourónico (Glicksman, 1983).

#### **d) Goma tragacanto**

Es un exudado producido por algunas especies de un arbusto del género *Astragalus*, una leguminosa perenne oriunda del Asia menor y de las regiones montañosas y semidesérticas del Irán, Siria y Turquía. Está formada de una mezcla de polisacáridos: el ácido tragacántico, insoluble en agua y responsable por la propiedad absorbente de agua de la goma, y la arabinogalactana que es un polímero soluble en agua y responde por la solubilidad de la goma. La goma tragacanto produce la más alta viscosidad de todos los hidrocoloides extraídos de plantas y produce soles coloidales viscosos con textura similar a geles blandos. Es soluble en agua fría, estable al calor y al ácido (debajo de pH 2) y muy emulsionante (Dziezak, 1991).

#### **2.3.3.4 Gomas obtenidas a partir de procesos microbiológicos**

Son importantes las gomas producidas por algunas especies de *Xantomonas* y *Pseudomonas*, que presentan propiedades poco comunes en lo que respecta a textura.

#### **a) Goma xantana**

Es producida por la fermentación de carbohidratos con la bacteria *Xantomonas campestris*. Está constituida por una estructura básica celulósica con ramificaciones de trisacáridos, y aun cuando no sea un agente gelificante, en combinación con la goma locuste puede formar geles elásticos y termorreversibles. Es completamente soluble en agua fría o caliente y produce



elevadas viscosidades en bajas concentraciones, además de poseer una excelente estabilidad al calor y pH, pues la viscosidad de sus soluciones no cambia entre 0 y 100°C y 1 a 13 de pH; y, es utilizada en muchos productos como espesante, estabilizante y agente para mantener suspensiones (Sanderson, 1981; Glicksman, 1983).

#### **b) Goma gellan**

Es un agente gelificante relativamente nuevo. Es un polisacárido extracelular producido por la fermentación de carbohidratos utilizando *Sphingomonas elodea*. Es un hidrocoloide multifuncional con potencial para ser usado en una gran variedad de alimentos como gelificante, texturizante, estabilizante, formador de películas, y agente estructurante y de suspensión (Sworm *et al.*, 1995); posee una estructura principal lineal formada por cuatro unidades de sacáridos: glucosa, ácido glucurónico y ramnosa. Forma geles muy fuertes en concentraciones tan bajas como 0.05% (Dziezak, 1991).

#### **2.3.3.5 Gomas obtenidas por modificación química de productos vegetales**

Destacan en este grupo las modificaciones químicas de la celulosa y de la pectina, conducentes a la obtención de hidrocoloides con propiedades gelificantes.

#### **a) Gomas celulósicas**

Son las más usadas de este grupo, y forman una familia de productos obtenidos por modificación química de la celulosa, siendo sus ejemplos más importantes compuestos tales como carboximetilcelulosa, metilcelulosa e hidroxipropilmetilcelulosa (Dziezak, 1991).

## **b) Pectinas**

Funcionan como agentes gelificantes y espesantes en una gran variedad de productos. Las pectinas comerciales son galactouranoglicanos con varios contenidos de grupos ester metilo, mientras que las pectinas naturales se encuentran en las paredes celulares y capas intercelulares de todas las plantas terrestres y son moléculas más complejas que se convierten en productos comerciales vía la extracción ácida (BeMiller y Whistler, 1996).

### **2.3.4 Principales funciones y aplicaciones de la goma de tara**

La goma de guarango está clasificada dentro del Codex Alimentarius (2010), con el número 417 del SIN (Sistema Internacional de Numeración).

En Europa aparece como E-417. La goma de guarango es un hidocoloide, derivado del endospermo de las semillas de esta especie. Se presenta como un polvo de color blanco o blanco-amarillento, sin olor y sin sabor (ALNICOLSA, 2009).

#### **2.3.4.1 Funciones**

Según Barreda, Miranda y Cárdenas (2002), la goma de tara, así como otras gomas de origen vegetal, puede ser usada como estabilizante en la industria de alimentos, en la farmacopea y la industria de cosméticos, y sus funciones de estos estabilizantes son las siguientes:

- Retener agua
- Reducir la evaporación de agua
- Alterar la velocidad de congelación
- Modificar la formación cristalina del hielo

- Regular las propiedades reológicas
- Participar en las transformaciones químicas
- Suspender partículas insolubles
- Estabilizar espumas y emulsiones.

La goma de tara mantiene su funcionalidad a valores bajos de pH y con concentraciones elevadas de sal. El pH de una solución al 1 % de goma está entre 5,0 y 7,0. Las soluciones de goma de guarango tienen acción buffer y son estables a pH de 4,0 a 10,5. Las soluciones de goma de guarango, como la de otros hidrocoloides vegetales, están sujetas al ataque bacteriano, por lo que se puede usar una mezcla de 0,15 % y 0,02 % de p-hidroxi benzoato de metilo y propilo, respectivamente, para conservar las soluciones de esta goma (ALNICOLSA, 2009).

La goma de tara posee características propias de las gomas vegetales, por lo que se utiliza de manera intensiva en la industria de alimentos, como espesante, gelificante, estabilizante, emulsionante, aglomerante o encapsulante. En general, este hidrocoloide cumple la función de mejorar la receptividad del producto, al mejorar su textura y consistencia (Villanueva, 2007).

Según ALNICOLSA (2009), la goma de tara se puede utilizar ampliamente en la industria alimentaria de acuerdo al siguiente:

#### **2.3.4.2 Uso en alimentos lácteos**

La característica de goma de Tara como fijador de agua la hace ideal como agente de hidratación rápida en la formación de soluciones coloidales viscosas. Es versátil como espesante o modificador de viscosidad. La Goma de Tara se usa en los estabilizadores de helado, sobre todo a temperatura alta, en procesos

de tiempo corto dónde las condiciones requieren 80 °C durante 20 a 30 segundos. La Goma de Tara también se usa en la estabilización de sorbetes. Se usa en una variedad de productos de queso suaves, en quesos crema procesados y pasteurizados y en la producción para aumentar el rendimiento de sólidos de la cuajada. Produce cuajadas suaves, compactas, de textura excelente.

#### **2.3.4.3 Uso en productos de panadería**

Goma de Tara, cuando es agregada a diferentes tipos de masas durante el amasado, aumenta el rendimiento, da mayor elasticidad, y produce una textura más suave, vida de estante más larga y mejores propiedades de manejo. En pasteles y masas de bizcocho, la goma de Tara produce un producto más suave que se saca fácilmente de los moldes y se rebana fácilmente sin desmenuzarse.

#### **2.3.4.4 Uso en productos cárnicos**

Goma de Tara actúa como un aglutinante y lubricante en la fabricación de una variedad de productos de carne como salchichas, productos de carne llenados y comida animal enlatada. La Goma de Tara disminuye la pérdida de peso durante el almacenamiento.

#### **2.3.4.5 Uso en bebidas**

La Goma de Tara es útil espesando diferentes bebidas de fruta y bebidas dietéticas sin azúcar. La Goma de Tara más carragenato se usa para estabilizar jarabes de chocolate y mezclas de chocolate en polvo. Néctares de frutas que consisten de puré de fruta, jugo de fruta, azúcar, ácido ascórbico y ácido cítrico obtienen una textura buena y una viscosidad estable mediante la adición de 0,2 a 0,8% goma de Tara.

#### **2.3.4.6 Uso en aderezos y salsas**

La propiedad para espesar de la goma de Tara se usa para mantener la estabilidad y apariencia de aderezos, salsas de encurtidos, aderezos condimentados y salsas de barbacoa. La Goma de Tara es compatible con las emulsiones muy agrias y eficaces a porcentajes de 0,2 a 0,8% del peso total.

#### **2.3.4.7 Uso en tratamiento de agua**

La goma de Tara es aprobada por el Servicio de Salud Pública europeo para su uso en el tratamiento de agua potable, junto con otros coagulantes como alumbre (potasio de sulfato aluminio) hierro (III) sulfato, y cal (óxido de calcio). La Goma de Tara aumenta el tamaño de los flóculos formados por el coagulante inicialmente, incrementando la sedimentación de impurezas sólidas, reduciendo el paso de sólidos a los filtros y el tiempo entre retro-lavados. En aguas industriales, la goma de Tara forma flóculos con arcilla, sílice, carbonatos e hidróxidos cuando es usado solo o junto con coagulantes inorgánico.

#### **2.3.4.8 Uso en productos farmacéuticos y cosméticos**

La Goma de Tara se usa como un depresor del apetito y como desintegrador y agente aglutinador en tabletas comprimidas. También se usa para espesar diferentes cosméticos como lociones y cremas.

### **2.4 Conceptos básicos de reología**

#### **2.4.1 Definición**

La reología estudia la deformación y el flujo de la materia, bajo la aplicación de esfuerzos mecánicos, en función del tiempo. El estudio de comportamientos reológicos en productos alimentarios se realiza mediante técnicas instrumentales,

que permiten someter a los productos a deformaciones controladas y medir los esfuerzos, para obtener ecuaciones reológicas aplicables en la ingeniería del proceso (Ibarz y Barbosa, 2005).

Los datos reológicos son necesarios para evaluar la calidad del producto, para realizar cálculos ingenieriles y en el diseño de procesos, para determinar las dimensiones de bombas y tuberías, así como los requerimientos de energía (Sahin y Gülüm, 2009). Por su parte Doran (2008), indica que el conocimiento de las propiedades reológicas de los hidrocoloides es importante, puesto que permite establecer las condiciones de manipulación previa, aplicación, incorporación y comportamiento de los mismos, durante todo el proceso de elaboración de alimentos y para conocer las características que conferirá al producto acabado, puesto que la textura final está condicionada por las características estructurales que el hidrocoloide otorgue.

En las gomas, los principales factores que determinan y/o afectan las propiedades del flujo son la estructura molecular, el peso molecular, la concentración de la goma, la temperatura, valores de pH y la presencia de iones (Cubero *et al.*, 2002).

La estructura molecular es el principal factor que influye en las características reológicas de las gomas, por lo que es preciso distinguir entre varios tipos de moléculas:

**a) Macromoléculas de estructura lineal**

Son moléculas formadas por glúcidos unidos en cadena. Ocupan un volumen importante e incrementan ligeramente la viscosidad de las soluciones al modificar su movilidad. Precipitan si alcanzan un peso molecular excesivo (Cubero *et al.*, 2002).



### **b) Macromoléculas muy ramificadas o globulares**

Son estructuras que disponen de ramificaciones repartidas a lo largo de la cadena principal y ocupan un volumen reducido, debido a la capacidad de enrollamiento sobre sí mismas, pese a que presentan pesos moleculares elevados. Incrementan la viscosidad de la solución en diferentes niveles, en función de la magnitud de sus agrupamientos. No forman precipitados como las moléculas lineales (Bello, 2000).

### **c) Macromoléculas de estructura lineal sustituida**

Son polímeros que en su cadena principal incorporan ramificaciones cortas, de manera alterna y que al no aglutinarse, se alinean fácilmente en estado sólido, de forma que sus propiedades físicas difieren considerablemente de las moléculas lineales: por lo tanto, forman disoluciones viscosas estables, como geles fuertes y flexibles (Robinson, 1991).

### **d) Tipos de fluido**

#### **d.1) Fluidos Newtonianos**

Son aquellos fluidos, para los cuales el esfuerzo de cizalla es directamente proporcional al gradiente de la velocidad de cizalla (Ibarz y Barbosa, 2005). Los aceites, agua, té, café, cerveza, zumos de frutas y leche muestran comportamiento Newtoniano (Sahin y Gülüm, 2009).

#### **d.2) Fluidos no-Newtonianos**

Para los fluidos no-Newtonianos, el esfuerzo de cizalla no es constante frente a la velocidad de cizalla. Estos fluidos se clasifican en función de dependencia o independencia del tiempo. Los independientes del tiempo son los fluidos pseudoplásticos y dilatantes (Lewis, 1993).

En los fluidos pseudoplásticos la viscosidad aparente disminuye al aumentar la fuerza de cizalla. El cizallamiento provoca que las moléculas de cadena larga enredadas, se estiren y se disminuya la viscosidad. Es el caso de purés de frutas, zumos concentrados y soluciones de gomas (Ibarz y Barbosa, 2005).

Los fluidos dilatantes están caracterizados porque la viscosidad aparente aumenta con la fuerza de cizalla, debido a un incremento en el volumen del material. Es el caso de algunas mieles, soluciones de almidón y dispersiones con alto contenido en sólidos (Dorán, 2008).

En estos dos casos, la variación de viscosidad, debida al incremento de la fuerza de cizalla, finaliza al dejar de ejercer dicha fuerza y retorna al estado inicial. Por el contrario, si con los mismos condicionantes, los fluidos necesitan de cierto tiempo para volver al estado inicial, se los clasifica como fluidos reopéticos y tixotrópicos (Dorán, 2008).

En los fluidos reopéticos, la viscosidad aparente aumenta en función de la fuerza de cizalla y del tiempo, como por ejemplo, las soluciones concentradas de almidones. Mientras tanto, en los fluidos tixotrópicos, la viscosidad aparente disminuye, en función de la fuerza de cizalla y del tiempo, como es el caso de la gelatina, la clara de huevo y la mantequilla (Sahin y Gülüm, 2009).

#### **2.4.2 Medida de la viscosidad**

El objetivo de cualquier sistema utilizado para medir la viscosidad consiste en crear una situación de flujo controlado donde se puedan leer fácilmente parámetros relacionados con el esfuerzo cortante  $\tau$  y/o con la velocidad de cizalla (Doran, 1998). Generalmente al fluido se aplica un movimiento de rotación y los parámetros que se leen son el par de torsión  $M$  y la velocidad

angular  $\Omega$ . Estos parámetros se utilizan para calcular  $\tau$  y  $\gamma$  mediante una fórmula aproximada que depende de la geometría del aparato. Posteriormente  $\tau$  y  $\gamma$  se utilizan para calcular la viscosidad de fluidos newtonianos o parámetros de viscosidad como  $K$ ,  $n$  y  $\tau_0$  para fluidos no newtonianos (Doran, 1998). Por otra parte además de la consideración anterior los fluidos dilatantes y pseudoplásticos cumple la siguiente ecuación:  $\tau = K\gamma^n$

Donde:  $n < 1$  pseudoplástico;  $n = 1$  newtoniano;  $n > 1$  dilatante.

Los viscosímetros más modernos utilizan microprocesadores que proporcionan una lectura automática de parámetros como el esfuerzo cortante, la velocidad de cizalla o la viscosidad aparente.

### Viscosímetro rotatorio

En la figura 8 se muestra se muestra un viscosímetro coaxial-cilíndrico en el que el líquido se sitúa en el espacio entre el cilindro interior y el exterior (Singh, 1998); también este tipo de viscosímetro puede ser utilizado tanto para fluidos newtonianos como no newtonianos (Doran, 1998), por lo tanto para mayor visualización sobre cómo aplicar y que ecuaciones relacionar lo detallamos adelante según algunos autores relacionados con el tema.

La medida de la viscosidad incluye el conocimiento del par de torsión,  $\Omega$ , necesario para girar el cilindro interior a un determinado número de revoluciones por unidad de tiempo. Para calcular la viscosidad debe conocerse la relación entre el par de torsión,  $\Omega$ , y el esfuerzo cortante,  $\tau$ , así como la revolución por minuto,  $N$ , y la velocidad de cizallamiento,  $\gamma$ . La relación entre el par de torsión,  $\Omega$ , y el esfuerzo cortante,  $\tau$ , será (Singh, 1998):

$$\Omega = 2\pi r^2 \tau \quad [1]$$

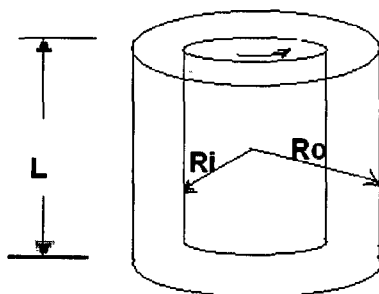


Figura 8: Esquema de un viscosímetro rotatorio de cilindros coaxiales.

Donde: se tiene en cuenta la longitud  $L$  del cilindro y la distancia  $r$  existente entre los cilindros. La velocidad de cizallamiento,  $\gamma$ , para un sistema rotatorio es función de la velocidad angular,  $\omega$ ,

$$\gamma = r \frac{d\omega}{dr} \quad [2]$$

Sustituyendo en la ecuación,

$$\frac{\Omega}{2\pi L r^2} = -\mu \left( r \frac{d\omega}{dr} \right) \quad [3]$$

Para conocer la relación con la viscosidad, se realiza una integración entre el cilindro exterior y el interior teniendo como referencia la figura 8, donde el cilindro exterior ( $R_o$ ) es estacionario ( $\omega = 0$ ) y el interior ( $R_i$ ) tiene una velocidad angular  $\omega = \omega_i$  la integración conduce a:

$$\omega_i = \frac{\Omega}{4\pi\mu L} \left( \frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_o^2} \right) \quad [4]$$

y teniendo en cuenta que  $\Omega = 2\pi N$ , entonces la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{\Omega}{8\pi^2 NL} \left( \frac{1}{R_i^2} - \frac{1}{R_o^2} \right) \quad [5]$$

La ecuación 3.24 muestra como la viscosidad de un líquido puede determinarse usando un viscosímetro rotatorio con un cilindro interior de radio  $R_i$ , longitud  $L$ , y un cilindro exterior de radio  $R_o$ , mediante medidas de par de torsión  $\Omega$ , originando al girar un determinado número de revoluciones por segundo  $N$ .

Cuando el cilindro coaxial varía su radio exterior  $R_o$  al infinito, entonces quedaría así la ecuación (5),

$$\mu = \frac{\Omega}{8\pi^2 NLR_i^2} \quad [6]$$

## 2.5 Antecedentes de extracción de goma de semillas

### 2.5.1 Extracción de goma de semilla de tara por vía húmeda

En la investigación realizada por (Padilla y Aguilar, 1999) en la extracción de goma de semilla de tara (muestra proveniente de Ayacucho) por vía húmeda, considera como parámetros óptimos de extracción para obtener el más alto rendimiento una relación de semilla molida / agua de 1/15, pH de extracción 6.4, tiempo de extracción 80 minutos, temperatura de 75 °C (temperatura que no fue manipulada durante el estudio). Por otro lado los resultados obtenidos de la investigación de (Rojas, 1991) se obtuvo rendimientos más altos al utilizar relación de semilla/agua de 1/28, pH de 6, tiempo de agitación de 4 horas y una temperatura estándar de 80 °C. De las 2 investigaciones anteriores, existen diferencias significativas en cuanto a los parámetros óptimos encontrados, por consiguiente cabe resaltar que estos investigadores durante el estudio no manipularon la temperatura de extracción; en tanto en esta investigación a

realizarse se manipulara principalmente esta variable (temperatura de extracción).

Según Martínez (2007), para la obtención de goma de semilla Acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L*), se utilizaron tres métodos de extracción, los cuales fueron soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (72% p/v), NaOH (0.75% p/v) y agua. Para los tres métodos se ocuparon las mismas temperaturas (70 y 90 °C) y tiempos de contacto entre semilla y solución (15 y 25 minutos), la relación semilla/ solución fue 1:3. Como resultado de esta investigación se dio lo siguiente: el medio de extracción por agua no produjo una separación de la testa por lo cual no se pudo extraer goma, lo mismo ocurrió al utilizar temperaturas de 70 °C en que se obtuvieron rendimientos muy pequeños. El mayor rendimiento de la goma se obtuvo utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% p/v a 90°C, de un 32.4 % del peso de la semilla, no existiendo diferencias significativas entre los tiempos de 15 y 25 minutos.

Las gomas aumentan su sensibilidad a su coagulación cuando es mayor el peso molecular y menor el grado de esterificación de su cadena. Las formas más conocidas de coagulación y precipitación en soluciones acuosas es por adición de etanol y por sales de calcio y aluminio (Whytney y Robert, 1981, citado por Rojas, 1991).

### **2.5.2 Extracción por vía seca o mecánica**

INDDA (1986), realizó ensayos técnicos para separar la goma de la semilla de tara por vía seca; el proceso consiste en someter a las semillas en un shok térmico a 200°C por cinco minutos, quebrado grosero en un molino de martillos y tamizado para separar la goma. Mediante este proceso se obtiene goma cruda



con ciertas impurezas y sobre todo con bajos rendimientos (Tovar y col. 1986, citado por Rojas, 1991).

Por otro lado ALNICOLSA (2009), para el procesamiento de goma de tara, se utiliza una variedad de métodos para separar eficazmente el endospermo de la cascara y el germen. La cascara, el germen y el endospermo se separan por un proceso térmico-mecánico usándose una molienda diferencial ya que hay una dureza diferencial en cada componente, luego se clasifica e ingresa a un selector óptico; saliendo con una limpieza de 98% para luego terminar la limpieza al 100%. El endospermo separado, que contiene 80% de galactomano, se muele finalmente a un tamaño de partícula fino y se vende como goma de tara.

### III. PARTE EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Química y Operaciones Unitarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, entre los meses de septiembre del 2011 y octubre del 2012. Por otro lado se han realizado análisis proximales de las muestras de semilla de tara (harina de semilla de tara) de las 2 procedencias y de la goma obtenida al mejor rendimiento a través de la extracción (goma en polvo de semilla de tara) en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.

#### 3.1 Equipos, materiales y reactivos

##### 3.1.1 Equipos

- Estufa eléctrica, marca: Memmert. modelo: 200-800. rango de 30 -250 °C
- Balanza analítica, marca Ohaus con sensibilidad de 0,0001g
- Balanza eléctrica capacidad de 200 g
- Baño maría, con termostato regulable marca: P – selecta Precisdic.
- Centrifuga marca LW SCIENTIFIC SV
- Cocina eléctrica (temperatura hasta 100°C)
- Viscosímetro rotatorio de cilindros coaxiales (con paquete de usillos)
- Molino de mano, para la molienda de semilla de tara y goma.
- pHmetro

- Termómetro con rango de medición 0°C hasta 100°C
- Campana desecador

### 3.1.2 Materiales y utensilios

- Vasos precipitados de 50, 100, 250 y 500ml
- Placas Petri
- Pipetas graduadas de 2 y 5 y 10 ml
- Probetas volumétricas de 10. 50 y 100 ml
- Baguetas
- Pinzas para placas
- Papel filtro grueso y fino
- Tela filtrante
- Embudo tipo colador
- Pendones cónicos de 15 ml (tubos para centrifuga)
- Recipientes de almacenamiento (tinas)
- Ollas de acero inoxidable
- Semilla de tara procedente de distrito de Soraya (A) y distrito de Vilcabamba (B)

### 3.1.3 Reactivos

- Solución de Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1N
- Solución de Ácido sulfúrico 0.1 N
- Hipoclorito de sodio (lejía) al 5%
- Alcohol comercial 96° G. de pureza
- Agua destilada
- Acido cítrico

## **3.2 Metodología experimental**

### **3.2.1 Materia prima**

Las muestras de tara, utilizadas para la investigación fueron recolectadas de los distritos de Soraya (A) de la provincia de Aymaraes y del distrito de Vilcabamba (B) de la provincia de Grau, las cuales fueron obtenidas bajo el criterio de muestreo al azar de cultivos de tara que crecen en estado silvestre realizados en la fecha cronológica de cosecha.

### **3.2.2 Obtención de goma en polvo de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

Antes de realizar la caracterización fisicoquímica de la goma en esta investigación, se procedió a la obtención de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) a través de la extracción y evaluar los parámetros que influyen en dicha extracción, estos procesos y otros se realizaron en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac. El método utilizado para la obtención de goma por vía acuosa planteado por Rojas (1991), con algunas modificaciones y es de la siguiente manera:

#### **1. Pesado**

En esta primera etapa las semillas son pesadas con la finalidad de determinar el porcentaje de humedad, rendimiento de la materia prima.

#### **2. Limpieza**

El proceso se inicia con la limpieza de la semilla en donde se elimina el polvo e impurezas groseras como tallos, hojas, fibra y piedras, esta operación se realiza manualmente.

### **3. Secado**

Para facilitar el quebrado es necesario que las semillas estén completamente secas, es decir con un contenido de humedad aproximadamente del 8%. El secado de las semillas se realiza en forma natural al aire.

### **4. Clasificación**

La clasificación se realiza utilizando una zaranda clasificadora, de donde se obtiene semillas de mayor tamaño y mediano. Esta operación permite que en la siguiente etapa permita un quebrado homogéneo.

### **5. Quebrado o triturado de las semillas**

Después de secadas, las semillas son sometidas a un proceso de quebrado utilizando un molino, con finalidad de facilitar el proceso de extracción.

### **6. Extracción de goma**

En esta etapa se utiliza 5 gramos de semilla con un tamaño de partícula de 1.5 mm de diámetro. Vaso de 500 ml de capacidad, cocina con olla tipo baño maría.

Durante la extracción se ensayaron parámetros, para elegir los más adecuados que nos permitan obtener un máximo rendimiento.

Los parámetros ensayados fueron los siguientes:

- Temperatura de la solución expresada en °C, se ensayaron tres niveles: 75°C, 80°C y 85°C.
- Grado de dilución o sea semilla triturada/agua; se ensayaron tres niveles: 1/40, 1/60 y 1/80.
- Se ensayaron dos niveles de potencial de iones de hidrogeno (pH) de la dilucion: 6 y 7.

Durante el trabajo de extracción de goma de tara se ha mantenido un tiempo estándar de 3 horas para cada ensayo.

#### **7. Filtración**

- 1er filtrado: se ha usando una tela de malla, donde se separa la parte gruesa (torta): cascara mas almendra.
- 2do filtrado: usando filtro prensa y mallas de naylon o tela fina como elemento filtrante. La torta que es separada en esta fase de filtración, es deshidratada en una estufa por aire caliente hasta peso constante, luego se pesa y por diferencia se determina el porcentaje de goma extraída en este proceso.

#### **8. Decoloración**

El extracto gomoso obtenido después de la filtración, presenta en la mayoría de las veces una coloración marrón oscura. La decoloración se realiza por un mecanismo de oxido – reducción de los pigmentos presentes en la goma por acción de los agentes oxidantes. Para ello se emplea hipoclorito de sodio a concentración de 2,3 y 4% en relación a la cantidad de solución gomosa, se agita y se dejo en reposo por 15 minutos, tiempo requerido para producir el efecto decolorante.

#### **9. Precipitado**

Esta operación se realiza con el objeto de separar la goma del agua así como del resto de las impurezas y obtener un producto más purificado; el principio se basa en un desbalance de cargas eléctricas en las moléculas de los Hidrocoloides por acción de agentes precipitantes. Para este caso se utiliza como agente de precipitación alcohol etílico de 96 G.L., en la relación de goma: alcohol de 1:0.4v/v de solución gomosa.

## **10. Filtrado**

Una vez precipitada la goma, se somete a un prensado manual utilizando una tela de porosidad muy fina, en la que se retiene la goma que ha precipitado en forma de coágulos.

## **11. Lavado**

Esta operación consiste en purificar la goma mediante lavados sucesivos con agua destilada o des ionizadas, se empleó dos lavados con el propósito de eliminar algunas impurezas tales como carbohidratos solubles, alcohol y sales que se arrastran durante la fase de extracción, decoloración y precipitación.

## **12. Prensado**

El prensado se realiza aplicando presión manual a la tela fina que contiene el precipitado de goma, con el propósito de eliminar el exceso de agua adherida y llevar menor carga al secador.

## **13. Secado**

El secado se realiza con la finalidad de eliminar el exceso de humedad ganada en el proceso de extracción, para lo cual la goma prensada se coloca en una cabina de aire caliente (estufa) a una temperatura de 60 °C por espacio de 3 horas aproximadamente, hasta lograr peso constante.

## **14. Molido**

Se realiza con la finalidad de obtener polvo fino, además facilitar sus aplicaciones como goma alimentaria.

## **15. Envasado**

La goma en polvo se empaca en bolsas de polietileno de alta densidad y se almacenó para realizar los análisis de calidad correspondientes.

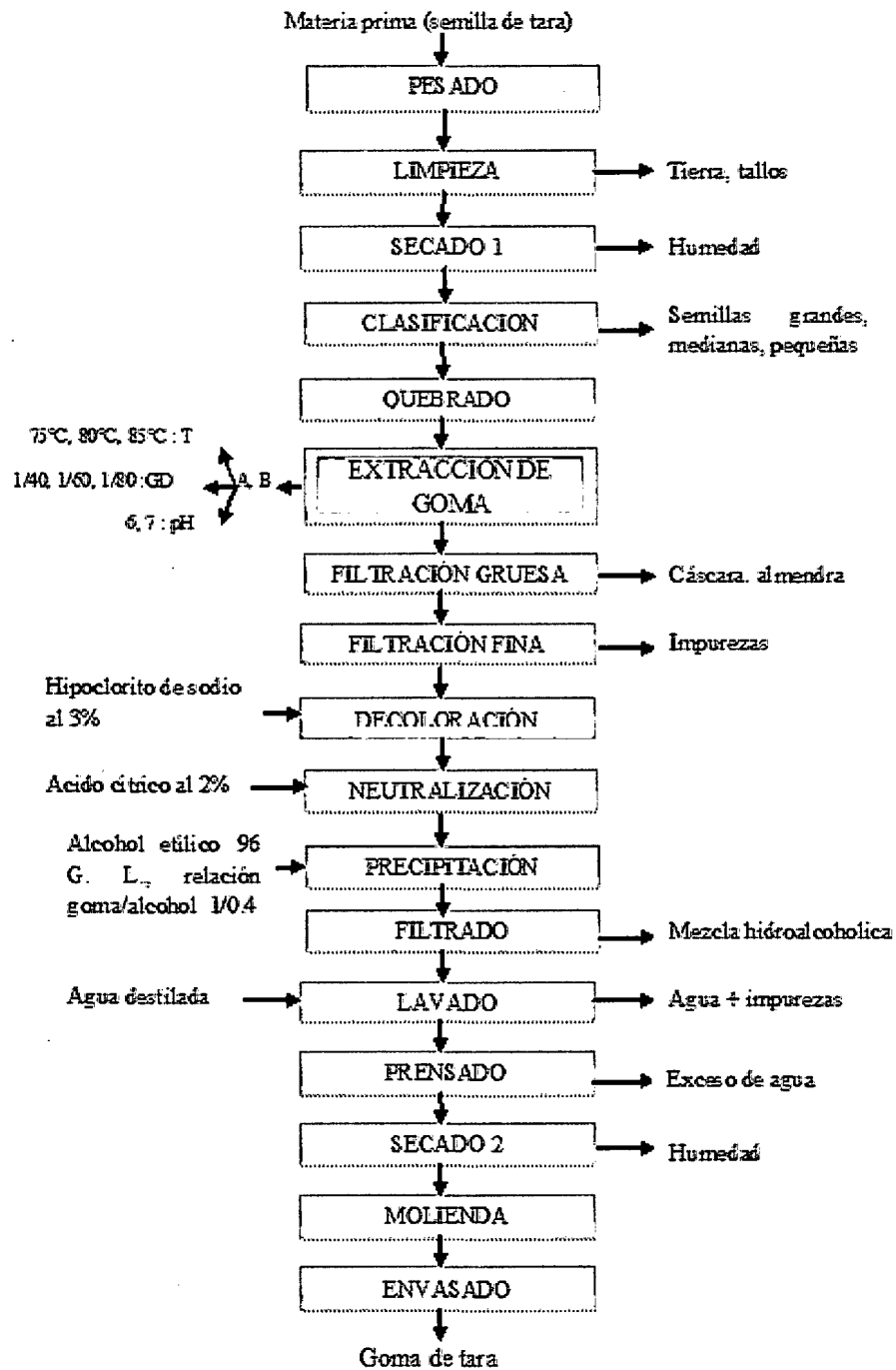


Figura 9: Diagrama de flujo para la obtención de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)

Leyenda:

- A: Semilla de tara de distrito de Soraya (g)
- B: Semilla de tara de distrito de Vilcabamba (g)
- T: Temperatura (°C)
- GD: Grado de dilución (g semilla/ml H<sub>2</sub>O)
- pH: Potencial de hidrogeniones

### **3.2.3 Evaluación de parámetros de extracción**

Esta fase tiene por finalidad hacer una combinación óptima de los parámetros de extracción, es decir: grado de dilución de semilla quebrada/agua, acidez de la solución expresada como pH y temperatura de extracción, que permitan una máxima solubilización y separación de la goma del resto de componentes de la semilla.

### **3.3 Diseño experimental**

El modelo experimental muestra el número de tratamientos que tiene por finalidad encontrar una combinación óptima de las variables en estudio, es decir; temperatura, pH y grado de dilución que permitan una máxima solubilización y separación de la goma del resto de componentes de la semilla permitiendo un alto rendimiento de goma extraída. En tal sentido se utilizó un diseño experimental de dos bloques completamente al azar con un arreglo factorial de 3x3x2, con un total de 18 tratamientos de tres repeticiones cada uno, haciendo un total de 54 unidades experimentales para cada bloque (muestra de semilla A, B). El objetivo del experimento es identificar el tratamiento con mayor rendimiento de goma extraída.

Cuadro 5: Diseño experimental utilizado para la extracción de goma de semilla de tara (procedencias A, B)

A		GD1			GD2			GD3		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	pH1	t1	t2	t3	t7	t8	t9	t13	t14	t15
	pH2	t4	t5	t6	t10	t11	t12	t16	t17	t18
B		GD1			GD2			GD3		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
	pH1	t1	t2	t3	t7	t8	t9	t13	t14	t15
	pH2	t4	t5	t6	t10	t11	t12	t16	t17	t18

Donde:

- ❖ A y B: Muestras de semilla de tara de distrito de Soraya y Vilcabamba.
- ❖ t1, t2, t3.....t18: Representa los tratamientos del diseño experimental.
- ❖ GD1, GD2, GD3: Son los niveles de grados de dilución en 1/40, 1/60, 1/80 respectivamente.
- ❖ pH1, pH2: Son el potencial de hidrogeniones comprende los niveles de 6, 7 pH respectivamente.
- ❖ T1, T2, T3: Son los niveles de temperaturas de extracción comprendidos en 75, 80, 85°C respectivamente.

### 3.4 Análisis estadístico de la extracción de goma de semilla de tara

En cuanto a la evaluación de los parámetros de extracción, se procesó estadísticamente los resultados obtenidos en función al rendimiento. Se efectuó análisis de varianza ANOVA con un nivel de confianza del 95% para determinar si existen diferencias significativas entre los distintos factores que afecten al rendimiento, también se realizó comparación múltiple de medias con la prueba



de Tukey con nivel de significancia ( $P < 0.05$ ) con el paquete estadístico SSPS Statistics 15. Así mismo se determinó si influye o no el lugar de procedencia en el rendimiento.

Finalmente se realizó la caracterización fisicoquímica de la semilla y goma obtenida de tara:

- Determinación de los principales componentes y Análisis proximal de semilla tara (muestras A y B);
- A la goma obtenida a través de la extracción, se determinó la capacidad de retención de agua (CRA), Capacidad de hinchamiento (CH), y Viscosidad comportamiento reológico. En la caracterización de goma se comparó entre sí de acuerdo al lugar de procedencia de las muestras de semilla, al mismo tiempo se comparó con referencias bibliográficas de otras investigaciones.

### 3.5 Métodos de análisis

#### 3.5.1 Determinación del rendimiento de goma en base a la semilla de tara.

Para determinar los rendimientos del proceso de extracción y separación de la goma, la parte gruesa como los finos, son deshidratados en una estufa por aire caliente (etapa de secado) hasta peso constante.

El rendimiento se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P_F}{P_i} * 100\%$$

Donde:

R: Rendimiento

$P_f$ : Peso final de goma en polvo (g)

$P_i$ : Peso inicial de semilla triturada de tara (g)

### **3.5.2 Caracterización fisicoquímica de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*).**

#### **3.5.2.1 Determinación de los principales componentes de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*).**

En esta investigación han sido analizadas las semillas de tara provenientes de los distritos de Soraya y Vilcabamba. Estas muestras de semillas de tara se han determinado porcentualmente los tres componentes principales como son: cáscara, germen y endospermo propiamente de la semilla; para el efecto, primeramente la semilla seca es pesada y se lleva a un proceso de remojo y degradación de la cascara de la semilla con una solución de hipoclorito de sodio (NaOH), habiendo remojado y aumentado su volumen, las semillas se lavan con agua fría, proseguido un pelado manual y separación de las tres partes con bastante cuidado, posteriormente fueron secadas y pesadas por cada parte.

#### **3.5.2.2 Análisis proximal de semilla (muestras A, B) de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

La determinación de los componentes, se realizaron a la harina de semilla de tara (muestra A, B). Estos análisis se realizó en el “Laboratorio de Análisis Químico” - UNSAAC en base a las normas AOAC 1998 16th edition 4th revisión (Asociación de análisis químico) y Norma Técnica Peruana (NTP), en algunos casos se han realizado algunas modificaciones según lo requerido. Las cuales se analizaron de acuerdo a lo siguiente:

- Humedad (%) de acuerdo a: NTP 206.011
- Proteína (%) de acuerdo a: AOAC 935.39C
- Grasa (%) de acuerdo a: NTP 206.017

- Ceniza (%) de acuerdo a: AOAC 935.39B
- Fibra (%) de acuerdo a: FAO 14/7
- Carbohidratos de acuerdo a: Por diferencia

### **3.5.3 Caracterización fisicoquímica y reológica de la goma de tara obtenida al mejor rendimiento**

#### **3.5.3.1 Análisis proximal de la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

La determinación de los componentes, a la goma de ambas procedencias (GA, GB) obtenida al mejor rendimiento de acuerdo a los parámetros óptimos de extracción calculados en la investigación. Estos análisis se realizó en el “Laboratorio de Análisis Químico” - UNSAAC en base a las normas AOAC 1998 16th edition 4th revisión (Asociación de análisis químico) y Norma Técnica Peruana (NTP), en algunos casos se han realizado algunas modificaciones según lo requerido. Las cuales se analizaron de acuerdo a lo siguiente:

- Humedad (%) de acuerdo a: NTP 206.011
- Proteína (%) de acuerdo a: AOAC 935.39C
- Grasa (%) de acuerdo a: NTP 206.017
- Ceniza (%) de acuerdo a: AOAC 935.39B
- Fibra (%) de acuerdo a: FAO 14/7
- Carbohidratos de acuerdo a: Por diferencia

#### **3.5.3.2 Capacidad de retención de agua – CRA (método centrifuga)**

Se utilizó el método citado por Mc Conell y Col. (1974) y procede de la siguiente manera:

Se coloca 0.2 gramos de goma en polvo de tamaño de partícula uniforme en un tubo. Se adiciona un exceso de agua (10mL), durante 24 horas, para posteriormente centrifugarlo por 15 minutos a 2000 revoluciones por minuto. Se determina el peso húmedo de la goma (P1), se seca en estufa a 40°C y determina el peso seco de la fibra (P2). El peso se expresan en g agua/g.s.s, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CRA = P1 - P2$$

### 3.5.3.3 Capacidad de hinchamiento - CH

Se utilizo el método citado por (Mc Conell y Col. 1974) y procede según la siguiente:

Se coloca 0.2 gramos de goma en polvo en un tubo graduad (como alternativo con pipeta de boca de diámetro mayor acondicionada) y se procede a medir el volumen ocupado por el producto (V). Se adiciona un exceso de agua (10 ml) y se agita. Se deja reposar durante 24 horas y se mide el volumen final de la muestra (V). Los resultados finales se expresan en ml H<sub>2</sub>O/g muestra; la ecuación es:

$$CH = \frac{vf - v0}{Pm}$$

- Donde:
- CH: Capacidad de hinchamiento
- Vf: Volumen final f
- V0: Volumen inicial 0
- Pm: Peso de la muestra

#### 3.5.3.4 Determinación de la viscosidad

En la determinación de viscosidad se utilizó el viscosímetro rotacional de cilindros concéntricos con usillo L4, vasos precipitados de 100 ml; el que se encuentra en el laboratorio de operaciones unitarias UNAMBA.

La viscosidad se analizó a las siguientes condiciones y factores:

- a) Viscosidad en función de la variación de concentración (% de soluto) a temperatura ambiente (18°C), a 20 rpm, usillo L4, a pH constante y a tiempo estándar.
- b) Viscosidad en función de la variación de temperatura, a una concentración constante, a 20 rpm, usillo L4, a pH constante y a tiempo estándar.
- c) Viscosidad en función de la variación de pH, a una concentración constante, a 20 rpm, usillo L4, temperatura constante y a tiempo estándar.
- d) Viscosidad en la evaluación del comportamiento reológica del fluido de solución de goma de tara. Las medidas fueron tomadas a las condiciones: Concentración (1%), granulometría 355  $\mu\text{m}$ , usillo L4, temperatura ambiente

La unidad de medida de la viscosidad en centipoise (cp), poise.



#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

##### 4.1 Características de la materia prima

###### a) Características de los principales componentes de la semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*)

Los análisis realizados en el laboratorio de las dos muestras de distinta procedencia de semilla entera de tara, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6: Características de los componentes de semilla de tara provenientes de distrito de Soraya y Vilcabamba

Partes de la semilla	Porcentaje (%)	
	Semilla de tara de distrito de Soraya (A)	Semilla de tara distrito de Vilcabamba(B)
Cáscara	37.77	40.36
Endospermo	26.66	27.26
Germen	35.57	32.38

En la tabla 6, muestra los resultados de la caracterización física de los componentes o partes de la semilla de tara, en el cual se observa que los valores para las semillas de distrito de Soraya y Vilcabamba son: cáscara 37.77%, 40.36%; endospermo 26.66%, 27.26%; germen 35.57%, 32.38%; estos valores son cercanos a los reportados por (Villanueva, 2007, ALNICOLSA, 2009) que muestran respectivamente: cáscara 39%, 38%; endospermo 24%, 22%; germen 37%, 40%. Cabe destacar que la mayor importancia que tiene la semilla de tara se le atribuye al contenido de endospermo (goma) por sus propiedades industriales, en tanto los valores reportados con respecto a este componente y lugar de procedencia existe una ligera variación en menos de 1% tal como se aprecia en la tabla 6, sin embargo existe una variación mayor en los otros componentes, y de forma similar para las referencias mencionadas. Estas variaciones porcentuales están debido a diversos factores como la naturaleza y



composición química del suelo, temperatura, altitud, humedad, luz, etc. que influyen en el desarrollo de las plantas y en contenido de principios activos (Andía y Paucar, 1994).

**b) Análisis proximal de la semilla entera de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

La composición porcentual de humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra, y carbohidratos de las semillas de tara de procedencias de distrito de Soraya y Vilcabamba, se presenta en la Tabla 7:

Tabla 7: Composición proximal de la semilla de tara proveniente de distrito de Soraya y Vilcabamba

Componentes (%)	Semilla de tara de distrito de Soraya (A)	Semilla de tara de distrito de Vilcabamba (B)
Humedad	7.63	8.86
Proteína	17.27	13.94
Grasa	13.82	11.58
Ceniza	3.92	3.76
Fibra	5.22	6.45
Carbohidratos	57.36	61.86

De los resultados del análisis fisicoquímico proximal, se observa que la semilla de tara entera de ambas procedencias presenta alto contenido de: Grasa, proteína y en gran proporción carbohidratos.

En la tabla 7, se muestran que los componentes porcentuales de grasa y proteína de las semillas de Soraya superan ligeramente a las semillas procedentes del distrito de Vilcabamba, sin embargo en cuanto al contenido de carbohidratos las semillas de Vilcabamba presentan mayor contenido porcentual que el de Soraya. Estos valores porcentuales se aproximan a los reportados: humedad 12.1%, proteínas 19.62%, cenizas 3.0%, fibra 4%, grasa 5.20%, carbohidratos 56.17%. (Siccha, 1993). El mayor contenido de proteínas, grasa y



carbohidratos en la composición química de semilla de tara posibilitan su aplicación en alimentos balanceados para animales. Al mismo tiempo según lo investigado por (Rojas, 1991), deduce que la harina de semilla de tara podría ser bien utilizada en la alimentación humana por las características de su composición bromatológica.

Por otro lado las semillas enteras de la leguminosa de algarrobo se han utilizado en casos similares a la savia de este, medicinalmente para tratar bronquitis, catarros, cistitis, diarrea, dispepsia, fracturas, indigestión, laringitis, malaria, reumatismo, úlceras, enfermedades venéreas, dolores de cabeza, artritis, magulladuras, espasmos, como expectorante, licor, purgativo, sedativo, tónico estomacal, vermífugo y antiséptico (Zamora, 2004).

Según (AZÚCAR Huayo, 2008) las semillas de algarrobo son capaces de producir abundante mucílago, por lo que se emplean así mismo como laxantes en preparaciones farmacéuticas industrializadas. Por tanto de las aclaraciones anteriores con respecto a la semilla de algarrobo, se propone investigar con mayor énfasis la semilla de tara por la similitud estas leguminosas para ampliar sus aplicaciones.

## **4.2 Análisis estadístico del rendimiento como efecto de los tratamientos en la fase de extracción**

### **4.2.1 Efecto de los tratamientos en el rendimiento de extracción de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

Los resultados de la extracción de goma, se presentan en la tabla 10 (ver anexo 2), de los cuales el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento 18, que corresponde a una combinación de 1:80 grado de dilución, 85°C temperatura y 7



de pH. Mediante la tabla 8 del análisis de varianza se demuestran los parámetros óptimos encontrados para esta investigación que se detalla a continuación:

Tabla 8: Análisis de varianza en el rendimiento de goma

Origen	SC	GL	MC	F <sub>0</sub>	P-value	Sig
Intersección	55.578	1	55.578	4129.468	0.000	
Dilucion	1.007	2	0.503	37.403	0.000	**
pH	0.069	1	0.069	5.139	0.026	*
Temp	1.251	2	0.626	46.489	0.000	**
Dilucion * pH	0.038	2	0.019	1.419	0.247	n.s
Dilucion * Temp	0.252	4	0.063	4.690	0.002	**
pH * Temp	0.043	2	0.021	1.589	0.210	n.s
Dilucion * pH * Temp	0.212	4	0.053	3.935	0.005	**
Error	1.211	90	0.013			
Total	59.662	108				

a. R cuadrado = .703

En la tabla 8, muestra que el valor p-value para grado de dilución es 0.00, temperatura es 0.00 y para las interacciones de grado de dilución\*temperatura es 0.026, grado de dilución\*pH\*temperatura es 0.005 que son menores a 0.01 nivel de significancia, por lo tanto estos factores y las interacciones tienen una influencia altamente significativa sobre el rendimiento; mientras que el valor p-value del factor pH es 0.026 menor a 0.05 nivel de significancia por lo tanto, este factor influye de forma significativa en el rendimiento de goma. También se observa que las interacciones de grado de dilución\*pH y pH\*temperatura no tienen influencia significativas pues sus p-values son superiores a 0.05.

El efecto del factor de temperatura coincide con la investigación de Martínez (2007), al utilizar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (72% p/v) como medio de extracción de semillas de acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*), hubo diferencia significativa en los niveles de temperatura 70, 90°C, sobre el rendimiento de goma.



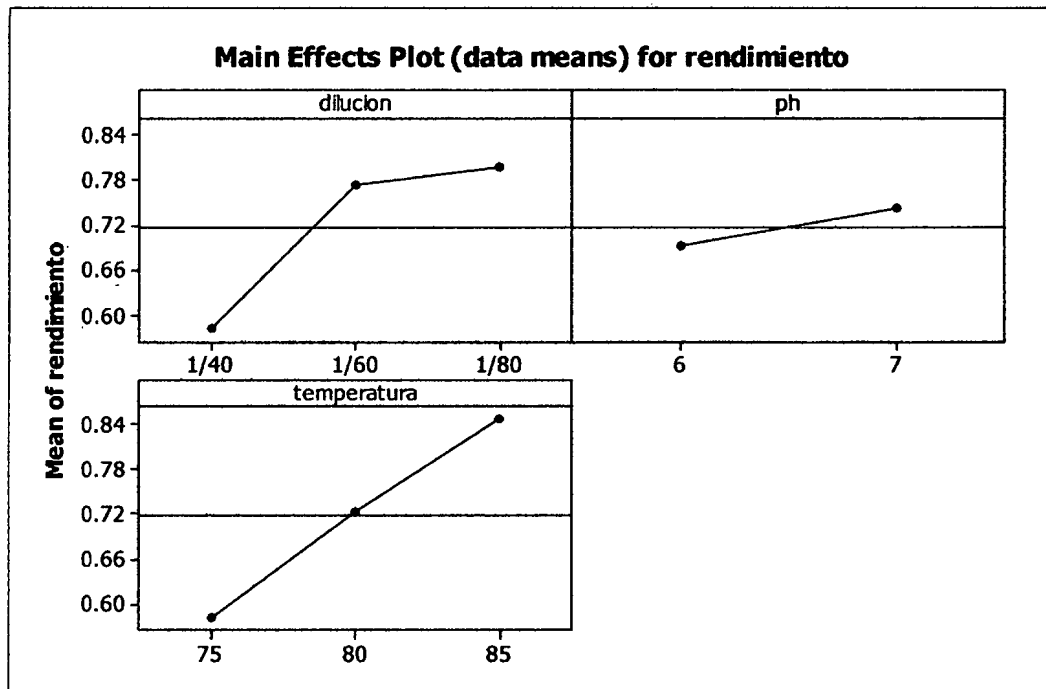


Figura 10: Efectos principales de grado dilución, pH y temperatura para rendimiento

En la tabla 8, ANOVA, se vio que los factores de grado de dilución y temperatura es altamente significativo mientras que el factor pH sólo es significativo, lo mismo se observa en la figura 10 para efectos principales pues para el factor de grado dilución en su nivel más alto (1/80) logra un rendimiento aproximado de 0.79 g y para el factor de temperatura con su nivel de 85° se logra un rendimiento aproximado de 0.84 g, en cambio para el factor pH, para su nivel más alto de 7 sólo obtiene un rendimiento cercano a 0.73 g; claramente se observa que los factores de grado dilución y temperatura obtienen mejores rendimiento de goma que el factor pH.

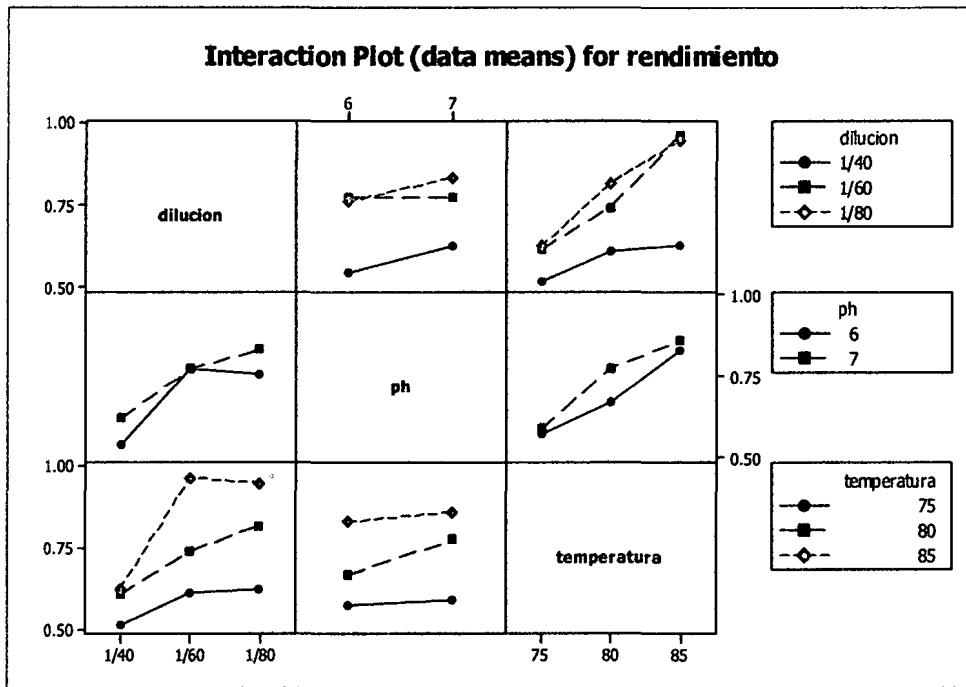


Figura 11: Interacción de efectos entre todos los factores para rendimiento

De la tabla 8, ANOVA, se sabe que de las iteraciones entre dos factores sólo el de grado dilución y temperatura es altamente significativa, es por eso que en el figura 11 se observa que en la intersección de los factores de dilución y temperatura se tiene que a mayor grado de dilución (1/80) y a una temperatura de (85°) se obtiene un rendimiento promedio de 0.95 g. (Ver anexo tabla 12).

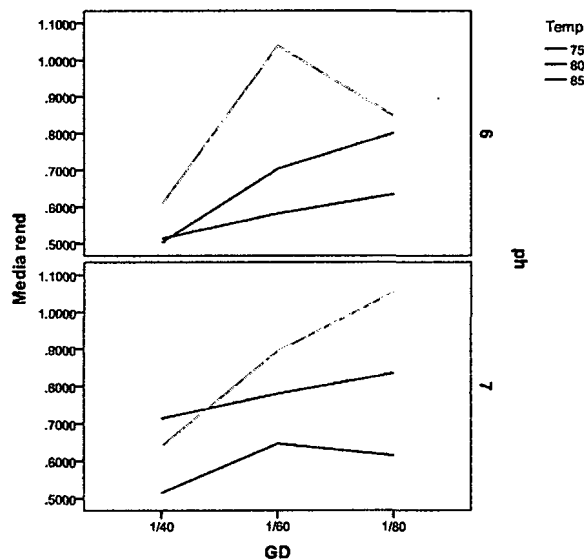


Figura 12: Efectos de interacción entre dilución \* pH \* temperatura para rendimiento.

De la tabla 8 de ANOVA, se sabe que existe un alto grado de interacción entre los factores de dilución, pH y temperatura, y como podemos observar en la figura 12, se tiene dos casos aparentemente altos como son: primero para grado de dilución de 1/60, pH de 6 y temperatura de 85 se logra un rendimiento promedio de 1.0401 g, con desviación estándar 0.0539g (ver anexo tabla 12), mientras que para dilución de 1/80, pH de 7 y temperatura de 85 se logra un rendimiento promedio de 1.0535 g con desviación estándar 0.2324 g, siendo este en porcentaje  $21.07\% \pm 3.05\%$  con coeficiente de variación 14.48% de (ver tabla 9); finalmente se puede concluir que la mejor interacción es grado de dilución de 1/80, pH de 7 y temperatura de 85°C que obtiene el más alto rendimiento promedio de goma correspondiente al tratamiento dieciocho.

También mediante comparación de múltiple de medias de los rendimientos tal como se observa en la tabla 9, se encontró que los tratamientos se distribuyen en 6 grupos, el valor encontrado para el tratamiento dieciocho estadísticamente no presenta diferencia significativa con otros cuatro, por lo que se toman criterios económicos para la elección del tratamiento óptimo, siendo este el tratamiento nueve con parámetros temperatura 80°C, grado dilución 1/60 y pH 6.

Tabla 9: Comparación de medias del rendimiento obtenido en la etapa de extracción de goma de tara

Tratamiento	GD(p/v) , pH, T(°C)	Rendimiento (%) <sup>*</sup>	Coefficiente de variación (%)
Tukey HSD <sup>2</sup> 1	1/40, 6, 75	10.26 <sup>f</sup> ± 2.80	27.29
2	1/40, 6, 80	10.06 <sup>f</sup> ± 1.12	11.13
3	1/40, 6, 85	12.14 <sup>def</sup> ± 1.21	9.97
4	1/40, 7, 75	10.28 <sup>f</sup> ± 2.87	27.92
5	1/40, 7, 80	14.25 <sup>cdef</sup> ± 2.12	14.88
6	1/40, 7, 85	12.79 <sup>def</sup> ± 0.96	7.51
7	1/60, 6, 75	11.16 <sup>ef</sup> ± 1.92	17.20
8	1/60, 6, 80	14.07 <sup>cdef</sup> ± 5.51	29.16
9	1/60, 6, 85	20.80 <sup>ab</sup> ± 1.08	5.19
10	1/60, 7, 75	12.90 <sup>def</sup> ± 2.77	21.47
11	1/60, 7, 80	15.58 <sup>cde</sup> ± 0.47	3.02
12	1/60, 7, 85	17.87 <sup>abc</sup> ± 1.42	7.95
13	1/80, 6, 75	12.67 <sup>def</sup> ± 0.94	7.42
14	1/80, 6, 80	16.02 <sup>bcde</sup> ± 2.80	17.48
15	1/80, 6, 85	16.94 <sup>abcd</sup> ± 2.79	16.47
16	1/80, 7, 75	12.26 <sup>def</sup> ± 0.86	7.01
17	1/80, 7, 80	16.68 <sup>abcd</sup> ± 1.03	6.18
18	1/80, 7, 85	21.07 <sup>a</sup> ± 3.05	14.48

\*Media ± Desviación estándar, z: Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

Según las investigaciones de Hidrobo (2011) en la extracción de goma de Guarango correspondió el mejor tratamiento a la combinación de 65 % de concentración de ácido sulfúrico, 75 °C y 15 min de permanencia en la solución, con la que se obtuvo 23,13 % de goma, respecto al peso de semilla. Sin embargo, estadísticamente, no existe una diferencia significativa con el tratamiento que resultó de la combinación de 45 % del ácido, 100 °C y 5 min de inmersión, con el que se obtuvo 22,04 % de goma.

Por su parte Martínez (2007), para la obtención de goma de semilla Acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L*), en el cual se utilizaron tres métodos de extracción, los cuales fueron soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (72% p/v), NaOH (0.75% p/v) y agua. Para los tres métodos se ocuparon las mismas temperaturas (70 y 90 °C) y tiempos de contacto entre semilla y solución (15 y 25 minutos), la relación semilla/ solución fue 1:3. Como resultado de esta investigación se dio lo siguiente: el medio de extracción por agua no produjo una separación de la testa por lo cual no se pudo extraer goma, lo mismo ocurrió al utilizar temperaturas de 70 °C en que se obtuvieron rendimientos muy pequeños. El mayor rendimiento de la goma se obtuvo utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% p/v a 90°C, de un 32.4 % del peso de la semilla, no existiendo diferencias significativas entre los tiempos de 15 y 25 minutos.

Comparando estos datos reportados por estos autores, la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) es cercano a ellos posiblemente por pertenecer a la misma familia de las leguminosas, al mismo tiempo se encuentran muy próximos a los valores citados por Villanueva (2007), que indica que el contenido de goma en la semilla de tara corresponde al 24 %.

#### **4.2.2 Efecto del factor de lugar de procedencia en el rendimiento de extracción de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

Los resultados de la extracción de goma, se presentan en la tabla 11 (ver anexo 2), dos bloques de lugar de procedencia (semilla de distrito de Soraya: A, semilla de distrito de Vilcabamba: B) para el cual en esta investigación se demuestra mediante el análisis de varianza lo siguiente:

Tabla 10: Análisis de varianza del factor de procedencia en el rendimiento de goma

Origen	SC	GL	MC	F <sub>0</sub>	P-value	Sig.
Modelo corregido	0.033	1	0.033	0.858	0.356	n.s
Lugar	0.033	1	0.033	0.858	0.356	
Error	4.051	106	0.038			
Total	59.662	108				
Total corregida	4.084	107				

En la tabla 10, muestra que el valor p-value para lugar es 0.356, es mayor que 0.05, significa que el lugar de procedencia no influye en el rendimiento de extracción de goma.

Villanueva (2007), afirma que según el mapa forestal del Perú, la tara ocupa el estrato del matorral arbustivo donde se asocia con otras especies como el palillo, molle, acacias y algunas gramíneas; tradicionalmente las taras de las zonas sur presentan los mayores contenidos de taninos pero son de menor tamaño los de la zona norte. Por lo tanto teniendo la misma lógica de la afirmación anterior, el contenido de goma puede variar de acuerdo al lugar de procedencia, lo cual involucra los factores agroclimáticos. También, de acuerdo al mapa satelital GECO (2012), los distritos de Soraya y Vilcabamba se encuentran en la posición de: longitude (E-W): - 73.3148, -72.6249; latitude (N-S): -14.1648, -14.0779. Sin embargo en la presente investigación el lugar de procedencia estadísticamente no ha influenciado en el rendimiento de la goma obtenida, del cual se puede concluir que las condiciones de geoposicionamiento y agroclimáticas de las dos procedencias de las semillas de tara son similares.

### 4.3 Análisis proximal de la goma de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) obtenido al mejor rendimiento

Las gomas obtenidas al mejor rendimiento de acuerdo a los parámetros encontrados de extracción en la investigación, se determinó el análisis proximal tal como se muestra en la figura 13: Humedad, proteína, Grasa, ceniza, fibra y carbohidratos. Estos análisis se determinó para las muestras de gomas provenientes de distrito de Soraya (GA) y goma de distrito de Vilcabamba (GB).

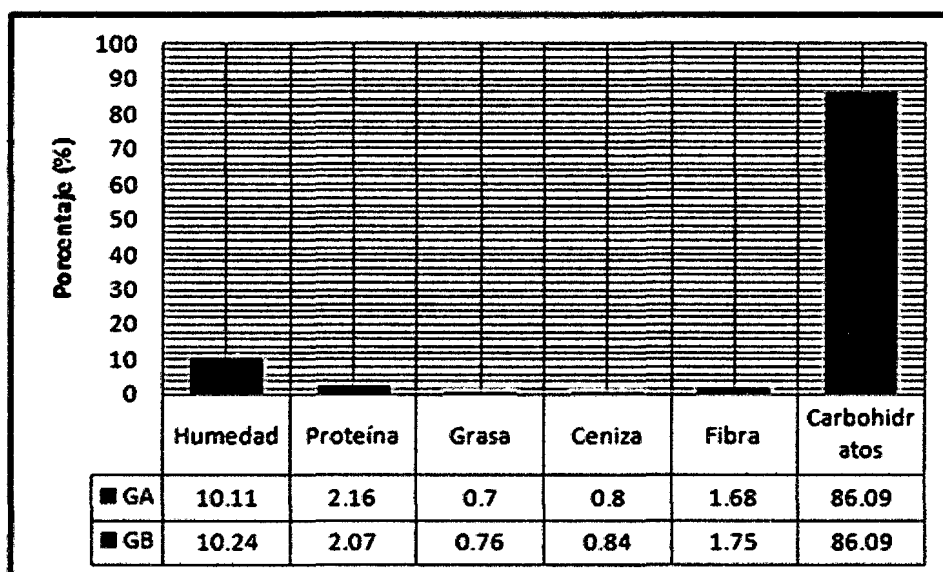


Figura 13: Análisis proximal de goma de semilla de tara de distrito de Soraya (GA) y Vilcabamba (GB)

De acuerdo a los resultados del análisis proximal, se tiene que la goma tara presenta alto contenido de carbohidratos en sus dos procedencias A y B, por consiguiente reúne todos los requisitos fijados por el CODEX de alimentos (1981) citado por Rojas (1995) que establece para el caso de gomas procedentes de semillas que el contenido de galactomanos no debe ser menor de 73.0%, lo que significa que la goma de tara presenta por encima en carbohidratos 86.09%.

La goma de tara está constituida por hidratos de carbono lo que ratifica su estructura molecular de ser un polisacárido de elevado peso molecular, compuesto por galactomananos (Cubero *et al.*, 2002).

La composición proximal porcentual de las gomas obtenidas para ambas procedencias varían mínimamente en los siguientes componentes respectivamente; humedad: 10.11%, 10.24%; proteína: 2.16%, 2.07%; grasa: 0.70%, 0.76%; ceniza: 0.80%, 0.84% y fibra: 1.68% 1.75%. Esta diferencia mínima podría ser debido a la presencia de algunas sustancias extrañas que puede ser de cascara o germen que se ha arrastrado en la etapa de extracción.

López, *et al.*, (2006), reporta que la goma de mezquite tiene contenido de humedad 10%, ceniza 2.62%, nitrógeno total 0.7%, proteína 3.73%, azúcares totales (carbohidratos) 93.13%. Por su parte en la investigación realizada por Perduca y Sntiago (2008) reportan la composición porcentual para la “Goma Espina Corona” destacando el componente mayoritario son polisacáridos 85.38%, además presenta bajo contenido en proteínas 2.17%, cenizas 1.44%; y muy bajo en grasa 0.27%, y fibra 0.70%. De acuerdo a los reportes de los autores anteriores mencionados, estos se aproximan al reporte de análisis proximal de gomas de tara extraídas en el presente trabajo.

Según las investigaciones de (Gutiérrez de Gotera *et al.*, 2007), la goma extraída en agua caliente del endospermo de la semilla *Leucaena leucocephala* mostró un rendimiento relativamente bajo 5.13%; y la presencia en trazas de ácidos urónicos sugiere que el contenido de cenizas 5.86% no está relacionado con la neutralización de los ácidos urónicos, como se ha observado para las estructuras de las gomas de las plantas.



Es así que otras investigaciones realizadas afirman que, las semillas de *Hymenaea courbaril* Linneaus poseen una goma rica en galactomananos, similar a la goma guar y al garrofin obtenido de la algarroba europea *Ceratonia siliqua*, que puede usarse en la fabricación de helados para incrementar la viscosidad de la fase acuosa, por lo que se mejora la estabilidad de la emulsión, se evitan problemas de textura, se controla la suavidad durante el almacenamiento, se impide la formación de cristales de hielo, se mejora el cuerpo y la cremosidad del producto final (Rincón *et al.*, 2002 y Lira, 2005).

#### **4.4 Características fisicoquímicos (funcionales) de la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)**

##### **4.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)**

La capacidad de retención del agua está en relación directa con la capacidad de absorción del agua; sin embargo es necesario precisar que el primero además de absorber las moléculas de agua, mide la capacidad de retenerla a lo largo del tiempo, razón por lo que en la metodología descrita, el centrifugado se efectúa después de haber almacenado por 24 horas. En la Figura 14, se observan los resultados de la capacidad de retención del agua expresados en gramos de agua retenida por gramo de de solido o sustancia seca (g de agua/g de s.s.), los que provienen del método de extracción por vía acuosa y dos muestras goma de semilla de dos procedencias (GA, GB), cada uno con promedio de tres repeticiones.

Los resultados muestran que la goma de la muestra "A" tiene ligera variación con respecto a la goma de la muestra "B" correspondiendo a menor en 1 unidad.

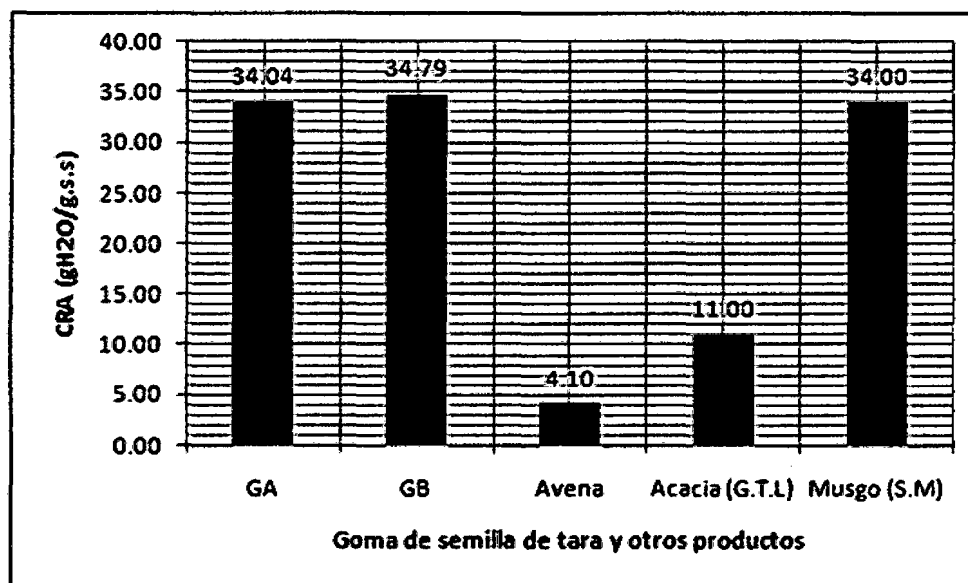


Figura 14: Capacidad de retención de agua de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) comparado con otros productos.

Según (Valencia y Román 2006), al realizar el estudio de extractos comerciales de fibra dietaria micro pulverizada de trigo, avena y manzana, siguiendo la metodología de Lajolo (1998), encontró que la capacidad de retención de agua en la avena fue de 3.9 g H<sub>2</sub>O/g.m.s siendo este mayor que las demás. Por otro lado Martínez (2007), al analizar la goma de Acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*) extraído por vía acuosa método alcalino (NaOH 0.75% p/v) obtuvo mayor CRA alcanzando este valor 11 g H<sub>2</sub>O/g.m.s.

De la misma forma Villarroel *et al* (2003), al analizar la fibra de musgo (*Sphagnum magellanicum*), encontró que la capacidad de retención de agua alcanzo valores de 34 g H<sub>2</sub>O/g.m.s. para tamaño de partícula de 0.455mm, comparando con lo obtenido de la goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) (figura 16) al más alto valor CRA 34.79 g H<sub>2</sub>O/g.s.s. que es prácticamente igual al musgo, sin embargo es mayor que las otras fibras de Avena, Acacia, debido principalmente al tipo de extracción al que fue sometido, así la fibra del musgo (Villarroel *et al.*, 2003) no sufrió tratamiento químico alguno y los otros tipos de

goma y/o fibra sufrieron tratamientos químicos los que en algunos casos incrementan significativamente estas propiedades, otro factor a lo que se debe es de acuerdo al origen y composición de la fuente de hidrocoloide y probablemente a su estructura lineal (Cubero *et al.*, 2002).

Durante la hidratación, las moléculas de agua se orientan hacia los grupos hidróxilo encontrados en las unidades individuales de los azúcares de la molécula del hidrocoloide, esta asociación generalmente induce a un incremento en la CRA (Dickinson, 2003 citado por Aguirre, 2004).

Glicksman (1969) citado por Aguirre, 2004, afirma que la harina con goma xantana al 0.5% (p/p) de sólidos, mostró mayor CRA comparada con la goma CMC a la misma concentración, esto está muy relacionado con la composición química y estructura de la goma xantana, debida al comportamiento que tienen las moléculas en solución y la habilidad del polímero para formar agregados, a través de la unión de los enlaces por puente de hidrógeno alrededor del mismo, lo cual origina varias propiedades como estabilidad al calor, tolerancia a soluciones fuertemente ácidas y básicas, una alta viscosidad y estabilidad en un intervalo amplio de temperatura.

#### **4.4.2 Capacidad de hinchamiento (CH)**

Los resultados de capacidad de hinchamiento para las muestras de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) reflejan de acuerdo a la figura 15, donde las gomas de ambas procedencias (GA, GB) no tienen mucho efecto en la característica de capacidad de hinchamiento (CH). Sin embargo varía notablemente con referencia a los otros productos.

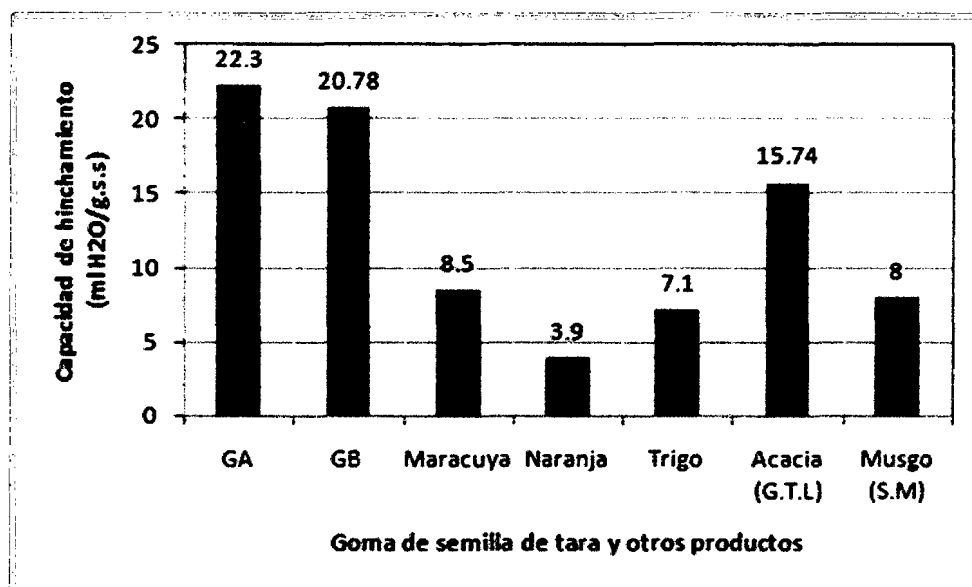


Figura 15: Capacidad de hinchamiento de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) comparado con otros productos.

Flórez *et al.*, (2006), determino la capacidad de hinchamiento (CH) de fibra alimentaria comercial de maracuyá, piña limón naranja y mandarina, de los cuales la fibra alimentaria de maracuyá presenta mayor capacidad de hinchamiento 8.5 ml H<sub>2</sub>O/g.s.s. que las otras fibras alimentarias.

También (Martínez, 2007), al evaluar la capacidad de hinchamiento (CH) de la goma de acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*) alcanzo un valor máximo de 15.74 ml H<sub>2</sub>O/g.s.s para la extracción alcalina con NaOH (0.75% p/v) a condiciones de 90°C a un tiempo de 25min.

Asimismo en los resultados de (Villaruel *et al.*, 2003), reporto la capacidad de hinchamiento (CH) de la fibra de musgo (*Sphagnum magellanicum*) el cual alcanzo un máximo 8.00 ml H<sub>2</sub>O/g.s.s a un tamaño de partícula de 0.455mm.

Por consiguiente, la capacidad de hinchamiento obtenida como valor máximo de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*) alcanzó 22.3 ml H<sub>2</sub>O/g.s.s para GA como se observa (figura 15) que es mayor que las de mas fuentes de carbohidratos,

gomas, sin embargo la goma de acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*) tiene un valor de CH cercano a este. Este acercamiento en el valor de CH puede ser debido a la similitud ya que ambas gomas proceden de la familia de las leguminosas, al mismo tiempo la variación de su CH puede ser debido a que la goma de acacia ha sido extraído por métodos alcalinos, entonces si ambas gomas fuesen extraídas al mismo tratamiento es posible que sus valores de CH sean muy próximos.

#### 4.5 Viscosidad de goma de tara (*Caesalpinia spinosa*)

La viscosidad como una de las propiedades tecnológicas, reológicas de los alimentos, estudia la resistencia interna que presentan los líquidos a fluir cuando se les aplica un esfuerzo cortante (Dorán, 2008). Esta propiedad de los fluidos debe considerarse en el momento de diseñar equipos; por ejemplo: bombas, intercambiadores de calor, secadores, etc. También es importante para establecer condiciones de proceso; por ejemplo: transporte de fluidos, intercambio de calor o secado. Además, la viscosidad es considerada un parámetro de control de calidad, pues influye en la textura y en la percepción de un alimento, al ser ingerido por el consumidor.

Según León de Pinto *et al* (1996), la viscosidad y la solubilidad son parámetros de interés industrial; una goma viscosa podría ser añadida en menor concentración para lograr el efecto deseado en una industria determinada, este sería un factor que se traduce en economía del producto.

Las lecturas para la viscosidad se tomaron después de 10 a 15 minutos diluidos, en estos resultados se pueden observar que existe una relación directa, de la viscosidad en función de la concentración, temperatura y pH del medio de

dilución de goma de tara. La viscosidad aumenta a medida que se incrementa la concentración de goma en la solución, debido a una mayor presencia de soluto en la dispersión.

#### **4.5.1 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de concentración**

El medio acuoso se utilizó agua destilada, las medidas fueron tomadas 15 minutos después de disolución de la goma en el medio y a las condiciones de: temperatura ambiente (19°C), usillo L4, rpm 20; la figura siguiente muestra las medidas.

De acuerdo a la figura 16, muestra el comportamiento del incremento de viscosidad para la goma guar y tara, pero en relación a la procedencia de goma de tara A y B no existe variación notable.

También se puede apreciar que el cambio de viscosidad se rige al efecto del aumento de la concentración principalmente en la goma Guar, goma de tara GA, GB; donde la goma Gatti no ha mostrado el mínimo aumento de viscosidad manteniéndose por muy debajo de los de las fuentes de goma. Según García (2010), la goma guar si se dobla su concentración de 1% a 2%, este obtiene un incremento de diez veces en la viscosidad (4100 cps a 44000cps), y por otro lado las viscosidades de goma tragacanto, Karaya, Gatti y Arabiga alcanzan a un promedio de 100, 10, 0.08 y 0.005 Pa.s.

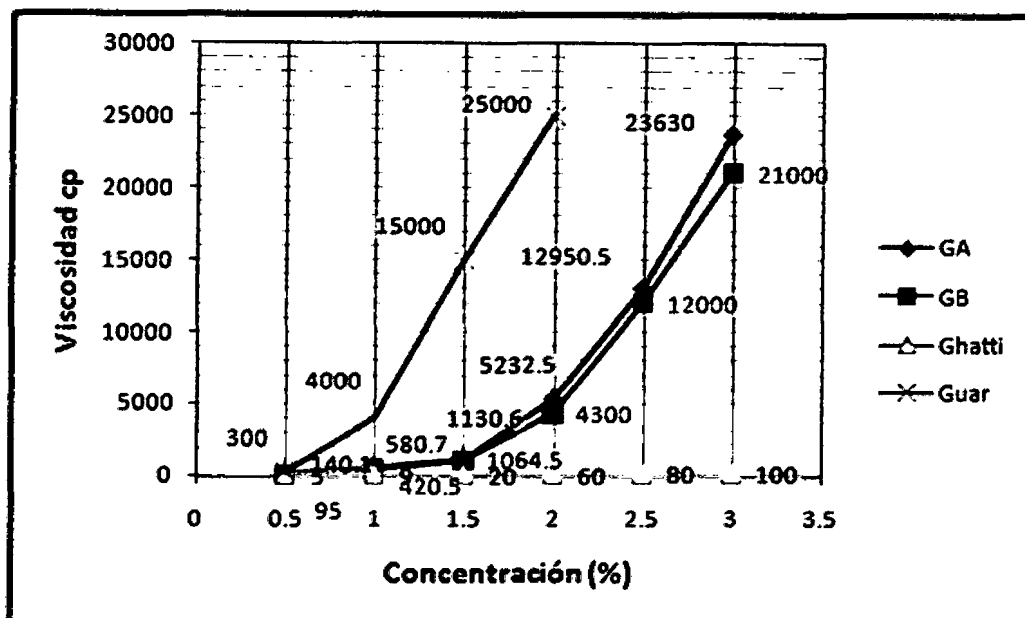


Figura 16: Viscosidad en función de la variación de concentración de goma de tara comparado con otros productos.

Al igual que en otras gomas, viscosidad de las dispersiones de goma de semilla de algarrobo se incrementa al aumentar la concentración, debido a una mayor presencia de soluto en la dispersión (Espinoza, 2002; Vásquez *et al.*, 1998), lo que también se manifiesta muy claramente en la goma de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*).

Estévez *et al.*, (2004), señala que durante la extracción con NaOH (0,75% p/v) la goma de algarrobo chileno puede experimentar cambios en la estructura del polisacárido causando una viscosidad muy baja.

Según (Wareing, 1997, Yaseen *et al.*, 2005) citado por Bertuzzi *et al.*, 2006; afirma que el aumento de la viscosidad se debe al volumen hidrodinámico ocupado por las cadenas del polisacárido de alto peso molecular y a la interacción entre cadenas cuando las gomas se solubilizan o se dispersan. Esto podría significar que la viscosidad aumenta a medida que se incrementa la

concentración de goma en la solución, debido a una mayor presencia de soluto en la dispersión.

Bertuzzi M. *et al*, (2006) afirma, mientras la mayor parte de las gomas forman soluciones altamente viscosas a bajas concentraciones, la goma breca al igual que la arábica, resultan excepcionales por su alta solubilidad y por no impartir gran viscosidad a bajas concentraciones. Recién a altas concentraciones se obtienen viscosidades importantes.

Esta capacidad de formar soluciones altamente concentradas es responsable de las excelentes propiedades estabilizantes y emulsionantes de estas gomas cuando se incorporan a preparaciones con grandes cantidades de materiales insolubles.

#### 4.5.2 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de temperatura (°C)

El medio acuoso se utilizo agua destilada, las medidas fueron tomadas a las condiciones: Concentración (1%), usillo L4, rpm 20; la lectura de la viscosidad se tomo después de cada 5 minutos respectivamente:

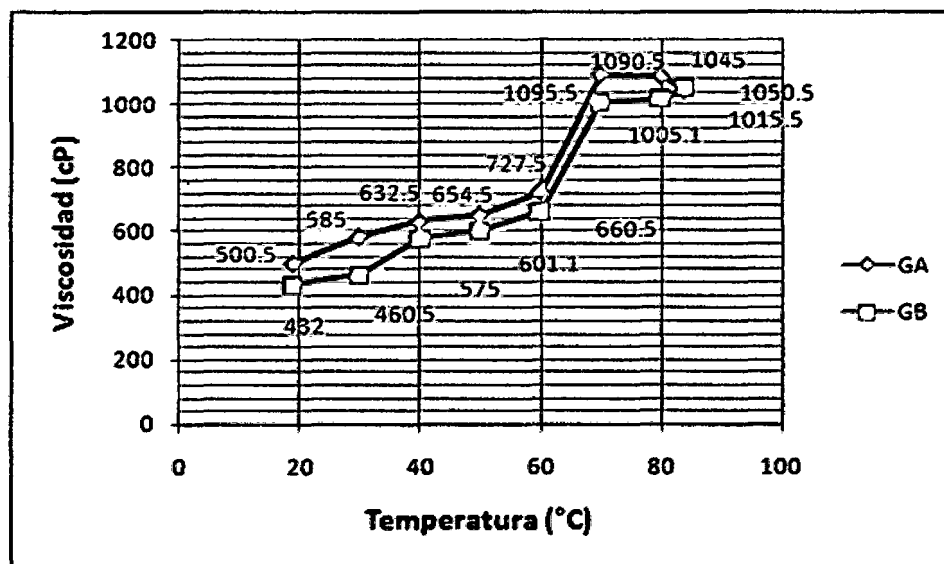


Figura 17: Viscosidad de goma de tara en función de la variación de incremento de temperatura.

En la figura 17, se puede apreciar un ligero incremento de viscosidad en la medida de 20 a 60°C, y de forma más rápida de entre 60 y 70°C, entre 70 y 80°C se mantuvo constante. Sin embargo cabe señalar que el medio acuoso de la goma después de haberse lectorado, enfriado y transcurrido 12 horas, se midió nuevamente su viscosidad para GA, resultando una viscosidad de 8625Cp, lo cual nos puede indicar hacer otros ensayos para evaluar la viscosidad en función del enfriamiento y tiempo transcurrido del medio acuoso.

Martínez (2007), señala que durante la extracción con NaOH a 0,75% p/v a 90°C de temperatura y 25 minutos de goma acacia tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*), se observan valores menores a la extracción ácida, lo que coincide con lo señalado por Espinoza (2002), quién establece, que normalmente existe una relación inversa entre viscosidad y temperatura, por lo tanto, la viscosidad disminuye al aumentar la temperatura, independiente del método de extracción de la goma, de la concentración y del pH.

Perduca y Santiago (2008), afirma que la viscosidad es influenciada por la temperatura. Incrementos de la temperatura desde 10 a 60°C resultan en una disminución de la viscosidad y la pseudoplasticidad de las soluciones de goma espina corona. Entre 10 y 25°C se aprecian una variación más acentuada de este comportamiento.

De acuerdo a lo señalado de las dos fuentes bibliográficas anteriores indica que la viscosidad es inversamente proporcional al incremento de temperatura y en el ensayo de esta investigación con goma de tara sucede lo contrario alcanzando su viscosidad a 1090.5 cp; es probable que la solución de goma de tara durante el tiempo de incremento de temperatura estuvo en proceso de completar su fase de solubilización en el medio acuoso, ya que la goma a temperatura ambiente, al



1% de concentración, pH 5-7 puede alcanzar entre 2000 a 5000 cps según lo afirmado por ALNICOLSA (2009).

#### 4.5.3 Viscosidad de goma de tara en función de la variación de pH

Para ajustar el pH del medio acuoso se utilizo, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5% y NaOH 8%, las medidas fueron tomadas a las condiciones: Viscosímetro rotacional, concentración de goma (1%) en agua destilada, usillo L4, rpm 20, temperatura ambiente.

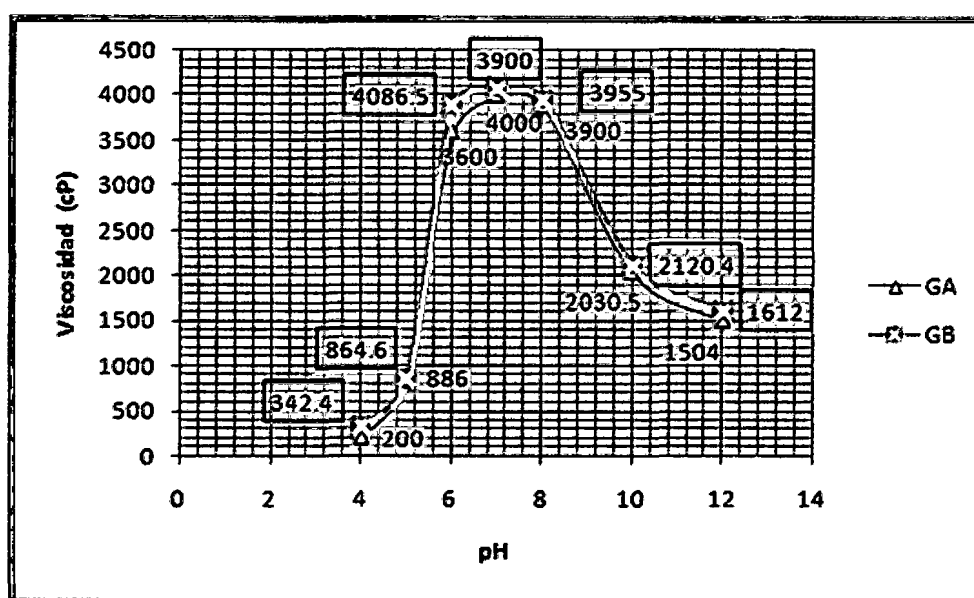


Figura 18: Viscosidad de goma de tara en función de la variación de pH.

El comportamiento de viscosidad en la figura 18, muestra claramente que existe un aumento de viscosidad entre 4 a 6 de pH marcando 500 – 3500cp, y entre el rango de 6 a 8 de pH es casi constante marcando una viscosidad de 3500 – 4000cp y algo mas, a partir de 8 a 12 de pH existe una caída de viscosidad 4000 – 1500cp este comportamiento ocurre para las gomas de ambas procedencias (GA, GB).

Según García (2010), afirma que varios investigadores están de acuerdo en que el ácido arábigo es un ácido monobásico fuerte. La viscosidad de la goma

arábiga se incrementa fuertemente con el incremento de pH hasta un máximo, que se alcanza a un pH de 5 a 7; luego, cae lentamente cuando el pH está entre 10 y 14. Normalmente, las soluciones de goma arábica son ligeramente ácidas, presentando un pH de 4.5 a 5.5, aproximadamente y por lo tanto están en el área de máxima viscosidad. Por su parte López, *et al*, (2006), afirma que para la goma Mezquite la viscosidad se mantiene constante para pH 4.5 – 5.5; aumenta a pH 6 – 9; disminuye a más de pH 9.

Bertuzzi *et al.*, (2006), señala; el cambio de pH de las soluciones ocasiona modificaciones en los enlaces puentes hidrogeno establecidos entre cadenas y con las moléculas de agua, resultando una variación en el comportamiento reológico del polisacárido. También se pudo observar que para soluciones de goma brea al 35% se encontró a pH de 4.02, 3.00 y 7.65 valores de viscosidad de 1157, 1286 y 1192cp respectivamente, tomados a  $160\text{ s}^{-1}$ .

El comportamiento de la solución de algunos hidrocoloides tales con la goma xántica e hidroxipropilcelulosa mantienen su viscosidad y estabilidad a pH bajos; mientras que la ciclo-metil-celulosa (CMC) y algunos galactomananos presentan disminución de la viscosidad cuando disminuye el pH (Perduca y Santiago, 2008).

#### **4.5.4 Evaluación del comportamiento reológica del fluido de la solución de goma de tara**

La goma de tara que se utilizó para este caso fue la goma de distrito de Soraya (GB), las medidas fueron tomadas a las condiciones: Concentración (1%), granulometría 355  $\mu\text{m}$ , usillo L4, temperatura ambiente; tal como se muestra en el cuadro 02 (ver anexo 6).

De acuerdo a los ecuaciones y datos utilizados del cuadro 3 (anexo 7), se ha encontrado los valores matemáticos (ver tabla 14, anexo 8); en la tabla 13 se muestran datos lectorados de viscosidad ha diferentes revoluciones por minuto (rpm), estos valores numéricos encontrados nos permite correlacionar el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación o velocidad de cizallamiento (gradiente de velocidad).

En la figura 19, se puede observar el carácter no newtoniano de la goma, por lo que la representación gráfica *Esfuerzo cortante – Gradiente de velocidad* conduce a una curva convexa respecto del eje de las abscisas que pasa por el origen de las coordenadas, representando exactamente esta curva a un fluido de tipo dilatante. El comportamiento reológico de carácter dilatante de esta solución de goma a concentración de 1% obedece a la ecuación de la ley de potencia, teniendo un  $R^2 = 1$ , que indica el grado de adecuación del modelo. Asimismo se encontró los parámetros reológicos siendo estos: Índice de comportamiento del flujo ( $n$ ): 1.349, Coeficiente de consistencia del flujo ( $k$ ):  $3.303 \cdot 10^{-6}$  Pa.s.

Según a la investigación de (Barreda *et al.*, 2001), a reportado que la solución de goma de tara de elevada concentración (1.2% en peso y 10°C) exhibe un carácter de fluido pseudoplástico, y por otro lado a una concentración baja de goma (0.4 % en peso y 50 °C) presenta un comportamiento dilatante; por lo tanto podemos decir que el comportamiento dilatante de la figura 21 del presente trabajo de investigación que se ha trabajado a una concentración de solución de goma de 1%, a temperatura ambiente 1.5 °C es precisamente corroborado.

Es apreciable que existe un aumento significativo del esfuerzo de corte al aumentar la concentración del hidrocoloide, este cambio en el comportamiento

de flujo, coincide con la idea generalizada de que la viscosidad es dependiente de la concentración (Fasihuddin y Peter, 1998, citado por Aguirre A., 2004).

Los valores de “n” indican que el comportamiento de las muestras es reofluidizante ( $n < 1$ ), estando en un intervalo de 0.507 a 0.555. Se ha reportado que los valores de K y n pueden variar dependiendo del tipo de almidón, concentración y temperatura (Evans y Haisman, 1979; Bhattacharya y Bhattacharya, 1996 citado por Aguirre, 2004).

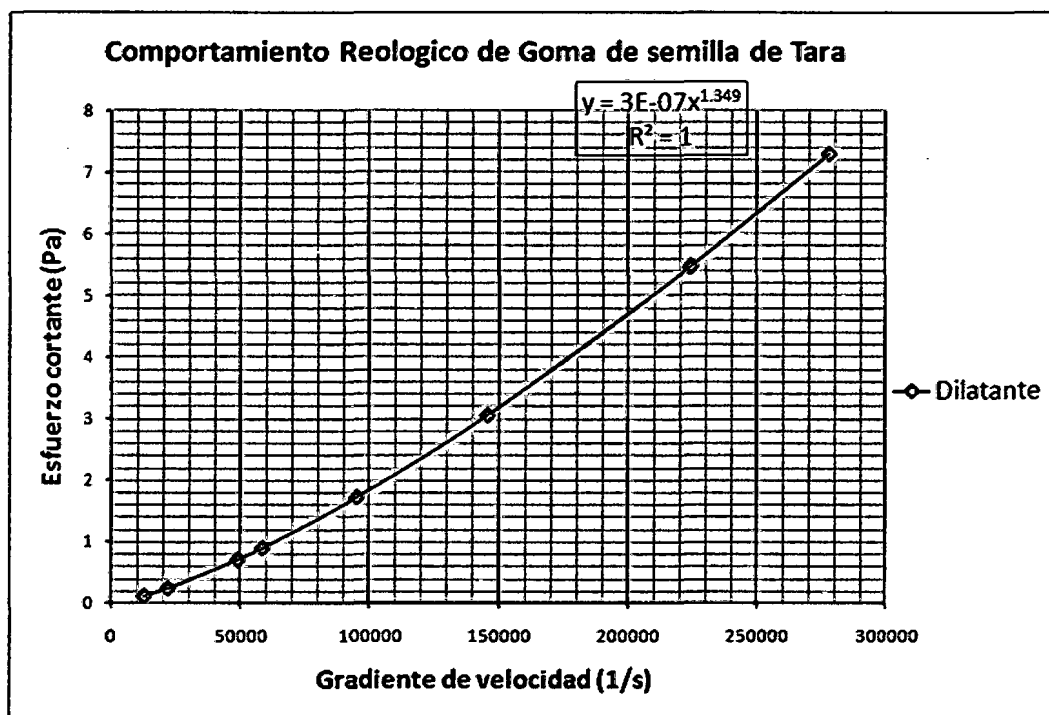


Figura 19: Carácter no newtoniano de la goma de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*).

Según Perduca y Sntiago (2008), sus resultados experimentales mostraron que la viscosidad de las soluciones de la goma espina corona (GEC) presenta un comportamiento pseudoplástico y responden al modelo de ley de potencia para concentraciones por encima del 0,5%.

La viscosidad aparente se considera como la viscosidad de un fluido no newtoniano y se calcula con los datos empíricos como si el fluido obedeciera la ley de Newton (Bourne, 2002 citado por E. Rodríguez, *et al.*, 2006).

Para Bertuzzi et al (2006), las soluciones acuosas de goma brea presentan comportamiento newtoniano aun a altas concentraciones; por ejemplo, en soluciones al 35% se observa solo una muy leve pseudoplasticidad según los resultados obtenidos con un viscosímetro Haake el rango de 0 a 300 s<sup>-1</sup>.

Tecante y Doublier (1999) citado por Aguirre (2004), reportaron que también a una velocidad de deformación de 600 s<sup>-1</sup>, sistemas de almidón de maíz (almidón-Guar y almidón-Algarrobo), tienen un comportamiento Newtoniano, similar al reportado en su investigación, ellos reportaron que el comportamiento del sistema (almidón-hidrocoloide) Newtoniano puede cambiar a uno no-Newtoniano, por varios factores como la fuente almidón, origen del hidrocoloide, la concentración del mismo y temperatura de medición.

Gurkin (2002) y Dickinson (2003); afirman que la goma CMC es un polímero aniónico lineal, que en soluciones acuosas exhibe un comportamiento no-Newtoniano. Por otra parte Wang y col., (2001), también reportaron que la xantana exhibe un comportamiento no-Newtoniano en suspensión acuosa durante un proceso de calentamiento.

Las propiedades estabilizantes, emulsionantes y reológicas de la goma de tara y otros polisacáridos puede corresponde al peso molecular similares, que están relacionadas a la estructura ramificada y más compacta de las moléculas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

De la investigación realizada y de los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

Las características de los componentes de la semilla de tara de las dos procedencias de distrito de Soraya y Vilcabamba fue respectivamente: cáscara 37.77%, 40.36%; endospermo 26.66%, 27.26%; germen 35.57%, 32.38%.

El análisis proximal de la semilla de tara proveniente de los distritos de Soraya y Vilcabamba ha sido respectivamente: humedad 7.63%, 8.86%; proteína 17.27%, 13.94%; grasa 13.82%, 11.58%; ceniza 3.92%, 3.76%; fibra 5.22%, 6.45%; carbohidratos 57.36%, 61.86%.

La extracción de la goma de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*) por vía acuosa, se logró rendimientos altos de goma, siendo los parámetros o factores de extracción más adecuados: temperatura 85 °C, grado de dilución semilla/agua 1/80 p/v, pH 7, los que permitieron alcanzar el más alto rendimiento de 21.07%±3.05% en base seca, por consiguiente la modificación de los parámetros fisicoquímicos de extracción (temperatura, grado de dilución y pH) proporciona como resultado diferentes valores de rendimiento.

La variable del lugar de procedencia de las semillas de tara (distrito de Soraya, distrito de Vilcabamba) estadísticamente no ha influye en rendimiento de goma.

El análisis proximal de la goma extraída por el método de vía acuosa para las dos procedencias distrito de Soraya y Vilcabamba; fueron respectivamente humedad 10.11%, 10,24%; proteína 2.16%, 2.07%; grasa 0.7%, 0.76%; ceniza 0.8%, 0.84%; fibra 1.68%, 1.75%; carbohidratos 86.09%, 86.09%.



Las características fisicoquímicas o funcionales de la goma de semilla de tara traducidas en capacidad de retención de agua (CRA) y capacidad de hinchamiento (CH) en función al lugar de procedencia han sido mínimas. En capacidad de retención de agua (CRA) el valor más alto fue para goma de distrito de Vilcabamba (GB) 34.79 g H<sub>2</sub>O/g.s.s, siendo los demás por debajo de este; en capacidad de hinchamiento (CH) fue para goma de distrito de Soraya (GA) 22.3 ml H<sub>2</sub>O/g.s.s.

Las características reológicas muestran que la goma de Tara de distrito de Soraya (GA) y goma de distrito de Vilcabamba (GB) reporta mayores viscosidades en función al incremento de la variación de concentración, en temperatura ligeramente, sin embargo la viscosidad cuando se varía el pH del medio se genera el pico más alto entre 6 – 8 de pH. Asimismo a la goma de distrito de Soraya (GA), se ha determinado el tipo de fluido reológico de la solución acuosa de esta goma, a una concentración de 1% a temperatura ambiente 18.5°C, resultando por siguiente que la goma de tara es un fluido no newtoniano de carácter dilatante.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Con base a los resultados logrados en este estudio, se recomienda evaluar y comparar propiedades tecnológicas y funcionales en función de los tratamientos trabajados.

Es importante realizar un estudio reológico completo de la goma, en el que se evalúen propiedades mecánicas como la elasticidad, plasticidad y viscosidad en función de la granulometría, del tiempo, en función a otros métodos de extracción. Además se pueden evaluar las propiedades de temperatura de gelificación de la goma, el índice de solubilización, entre otras que aún faltan estudiarlas. Mediante el conocimiento de estas características se podrán ampliar las aplicaciones específicas de la goma en alimentos.



## VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Aguirre A., 2004; Efecto de dos hidrocoloides en las propiedades reológicas y calorimétricas de masas de maíz (*Zea mays*L.) nixtamalizado, Tesis para Obtener el Grado de Maestro en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Yautepec - Morelos.
- [2] ALNICOLSA del Perú S.A.C, 2009. Ficha Técnica - Goma de tara, descripción comercialización del producto, lima Perú.
- [3] Andía I. y Paucar A., 1994. “Extracción de gomas de semillas de tara *Caesalpinia spinosa* (Molina) procedentes de las provincias de Cañete, Lima y Sucre, Tesis para optar el título de Químico Farmacéutico, UNALM.
- [4] Añanca, E. 2009. Efecto antibacteriano invitro del extracto acuoso de vainas de *Caesalpinia Spinosa* (tara) en cepas de *Stapilococcus aureus* y *Stapilococcus pyogenes*, tesis para optar el título de Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna – Perú.
- [5] AOAC. 1998. Official Methods of Analysis 16<sup>th</sup>. Edition. Association of Analytical Chemistry, Arlington, Washington D.C.
- [6] AQM, 2010. Perspectivas biotecnológicas de hemicelulosas vegetales, Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila, Volumen 2, No. 4; disponible en: <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/AQM>
- [7] AZÚCAR Huayo., 2008. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, s.f., Perú; [citado el 13 de junio de 2008] URL disponible en:



<http://www.unapiquitos.edu.pe/.../docentes/archivos/AZUCAR%20HUAYO.doc?PHPPHPSES=002265285e96190d918f597b9d470091>

- [8] Badui. S., 2006. "Química de los Alimentos", Editorial Prentice Hall, México, pp. 77-78 y 97 - 106.
- [9] Barreda P, Miranda L, Cárdenas M., 2001. Carácter no newtoniano de soluciones de goma de Caesalpinia Spinosa (Tara), Biblioteca central UNSA, Arequipa - Perú.
- [10] Bello J., 2000. "Ciencia Bromatológica, Principios generales de los alimentos", Ediciones Díaz de Santos, España, pp. 128 -133 y 206 - 214.
- [11] Be Miller J.N, Whistler, R.L, 1996. Carbohydrates. In: Fennema, O.R (Ed.), Food Chemistry, 3<sup>ra</sup> Edición ., Marcel Dekker, New York.
- [12] Bertuzzi M., Armada M. y Gottifredi J., 2008; Caracterización físico – química de soluciones de goma Brea, INIQUI (CONICET), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- [13] Cabello I. 2009. Monografía de Tara, 2009; revisado el 18 de mayo del 2010, disponible en: <http://www.sobre-hierbas.com/tara.html>
- [14] Chávez, C y Mendo, N. 2007. Plan de Negocios para la Empresa San Pedro dedicada a la Producción y Comercialización de Tara o Taya en Vaina en la Provincia de San Marcos Cajamarca – 2006, Universidad Nacional de Cajamarca, tesis para optar el título de Lic. En Economía, Cajamarca – Perú.
- [15] CODEX ALIMENTARIUS, 1995. Norma General para los Aditivos Alimentarios, Codex Stan – 192; 2da Edición, Roma, Italia.
- [16] Coenders, A. 1996. "Química culinaria". Editorial Acribia. Zaragoza, España, pp. 91 - 92.

- [17] Cubero, N., Monferrer, A. y Villalta, J., 2002. "Tecnología de alimentos y aditivos alimentarios", Ediciones Mundi Prensa, España, pp. 115 - 122 y 138-139.
- [18] De la Cruz L. 2004. Aprovechamiento integral y racional de la tara, Revista del Inst. I. FIGMMG, N° 14, 64-73, Vol. 7, Perú.
- [19] Dickinson, E 2003. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. Food Hydrocolloids.
- [20] Dreher M., 2001. Dietary Fiber Overview. Handbook of Dietary Fiber S. Sungsoo Cho and M. L. Dreher, New York, pp. 234-245.
- [21] Doran, F., 2008. "Ciencia, tecnología e industria de alimentos", Grupo Latino Editores, Colombia, pp. 691 - 700.
- [22] Dziezak J. 1991. A focus on gums. Food Technology, V.45, n°3, p.115.
- [23] E. Rodríguez Sandoval, A. Fernández Quintero, L. Alonso Alcalá, B. Ospina Patiño, 2006. Reología de Suspensiones Preparadas Con Harina precocida de Yuca, ISSN (Versión impresa): 0122-3461, Ingeniería y desarrollo, enero-junio, número 019, Universidad del Norte Barranquilla, Colombia pp. 17-30.
- [24] Espinoza, S., 2002. Estudio de algunas propiedades físicas de hidrocoloideos provenientes de la semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) y de Cladodios del nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Tesis Magíster en Ciencias Agropecuarias, mención Producción Agroindustrial. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 71 p.
- [25] Estévez, A. M., Sáenz, C., Hurtado, M. L., Escobar, B., Espinoza, S., Suárez, C., 2004. Extracction methods and some physical properties of mesquite

(*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) seed gum. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84: 1487-1492.

[26] FAO, 2008. "El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2008", Roma, Italia.

[27] FAO/WHO, 1996. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants, International Programme Safety – IPCS, World Health Organization, Geneva – Italia.

[28] Fennema O. 1995. Química de los alimentos, Carbohidratos, pág. 187, 249; 2da Edición, Editorial Acribia S.A, España.

[29] Fennema, O., 2000. "Química de los alimentos", 2da edición, Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 947 - 948.

[30] Femenia A., Lefebvre A., 1997. "Physical and Sensory Properties of Model Foods Supplemented with cauliflower Fiber". Journal of food Sciencia 62 N. 4: 635-639.

[31] Figuerola F., HurtadoM., 2008. "Fibre concentrates from Apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment, Facultad de Ciencias Agrarias de Chile, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

[32] Flórez A. Oscar, Román M. Orfilia, L. Martinez, Olga Gutierrez E., Lucia, B. Medina, Gilma., 2006. Optimizacion de preparado solido de fibra dietaria a partir de diferentes residuos de frutas. Vitae, Vol. 13, numero 1. Universidad de Antioquia, Colombia.

[33] García O. 2010. Gomas Naturales, S.A, de C.V., "Goma arábica", San Francisco N°1374 – 402, COL. del Valle 03100, México. Revisado marzo 2010;

disponible en;

[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaArabiga\\_1838.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaArabiga_1838.pdf)

[34] GECO, 2012. Mapas satelitales del mundo y herramienta de geoposicionamiento, Gestión para la minería artesanal (MAPE); revisado el 14 de diciembre del 2012, disponible en: <http://geco.mineroartesanal.com/tiki-index.php?page=mapas+satelitales+del+mundo+y+herramienta+de+geoposicionamiento>

[35] Gurkin S. 2002. Hydrocolloids-ingredients that add flexibility to tortillas processing. *Cereal Foods World*. 47 (2): 41-43.

[36] Glicksman M., 1983; Gum Arabic (Gum acasia). In: Glicksman M. (Ed), *Food Hydrocolloids*, v.2 CRC Press, Boca Raton.

[37] Gutierrez de Gotera O. *et al.*, 2007. Análisis fisicoquímico de la goma de semilla de *Leucaena leucocephala*, *Ciencia de investigación en Química de los productos naturales*. Facultad de humanidades y de educación, Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo, Venezuela. *Ciencia* ISSN 1315-2076.

[38] Guzmán C., 2008. *Fibra Dietética*, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos: 31.

[39] Hidrobo G., 2011. Desarrollo de un método de extracción, a escala de laboratorio de gomas provenientes de las semillas de guarango (*Caesalpinia spinosa*), para aplicación en la industria alimenticia, tesis para optar de Título de Ingeniera Agroindustrial - EPN, Quito-Ecuador.

[40] Ibarz A. y Barbosa G., 2005. "Operaciones Unitanas en la Ingeniería de Alimentos", Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 129,136 -140.



- [41] León de Pinto G., M. Martínez, C. Clamens, and A., Vera, 1996. Uso potencial de la goma de *Enterolobium cyclocarpum*. Rev. Fac. Agronomía, La Plata, (1): 51-56.
- [42] Lewis M., 1993. "Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado", Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 104 -109.
- [43] Linden G., Lorient D., 1996. Bioquímica Agroindustrial, Editorial Acribia, Sarangoza – España.
- [44] LIRA TORO M., 2005. Efecto del catión calcio sobre las características reológicas de goma de semilla de algarrobo (*Prosopis chilensis*).[on line] Santiago de Chile : Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Escuela de Agronomía, 2005. [citado el julio 31 de 2008] URL Disponible en :[http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2005/lira\\_m/sources/lira\\_m.pdf](http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2005/lira_m/sources/lira_m.pdf) .
- [45] López-Munguía A., Brito E., Galindo E., 1993. Biopolímeros en: Biotecnología Alimentaria. García-Garibay, Quintero Ramírez y López Munguía., Editorial Limusa, Cáp. 13, pág. 423-451.
- [46] López F., Goycoolea, Valdez M., 2006. Goma de Mezquite: Una alternativa de uso industrial, Rev. Asociación Interciencia, Caracas - Venezuela, pp. 183-189.
- [47] Matissek R., Schnepel F., y Steiner G., 1998. "Análisis de los alimentos, Fundamentos, Métodos y Aplicaciones", 2da edición, Editorial Acribia. Zaragoza. España, p. 259.
- [48] Martínez V. 2007. Comparación de tres métodos de extracción de goma de la semilla de acacia de tres espinas (*Gleditsia triacanthos L.*), Memoria (tesis) a



título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Chile, Escuela de Ciencias Agronómicas, Santiago- Chile.

[49] MINAG – Apurímac, 2009. Proyecto tara, Gobierno regional – Apurímac, Perú.

[50] Padilla S. y Aguilar D., 1999. Estudio tecnológico para la obtención de goma a partir de semilla de tara (*Caesalpinia spinosa*), Biblioteca central Pedro Zulen, UNMSM, Lima – Perú.

[51] Pasquel A., 2001. GOMAS: Una Alternativa a la Industria de Alimentos, Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana de Iquitos.

[52] Perduca M. y Santiago L., 2008. Caracterización reológica de goma de espina corona, Univ. De la Cuenca del Plata. Lavalle 50. (w3410BCB) Corrientes, Fac. de Ing.; Inst. de Tec. de Alimentos. FIQ, UNL. 1ro de mayo 3250 (S3000FKV) Santa Fe., Asociación Argentina de Materiales.

[53] Prakash A. and Mangino M., 1990. The effects of added proteins on the functionality of gum Arabic in soft drink emulsion systems. Food hydrocolloids, v.4, n3, p177.

[54] ProFound – Advisers in development, 2008. Estudio de mercado de Tara (*Caesalpinia spinosa*)

[55] Quispe Arbildo H., 2009. Proyecto de instalación de tara en Jayanca-Lambayeque, región Lambayeque - Perú.



- [56] Raghavendra S. N., Ramachandra S., 2006. "Grinding characteristic and Hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber". Journal of food Engineering 72: 281-286.
- [57] Redondo Márquez L. Torne A., 2008. Fibra terapéutica. Madrid, Laboratorio Madaus S.A.
- [58] Rincón F. *et al.*, 2002. Comportamiento de una mezcla de gomas de *Acacia glomerosa*, *Enterolobium cyclocarpum* y *Hymenaea courbaril* en la preparación de helados de agua. En: Ciencia y Tecnología Alimentaria. Vol. 3, No. 005 (2002); p 278.
- [59] Robinson D., 1991. "Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 84 - 96.
- [60] Rojas H., 1991. Determinación de parámetros para la obtención de goma de tara (*Caesalpinia Tintorea*) por vía acuosa y secado por rociada (Spray - Drying), Tesis para optar el grado de Magister, UNALM, Lima – Perú.
- [61] Rosenthal A., 2001. "Textura de los alimentos, Medida y Percepción", Editorial Acribia, Zaragoza. España, pp. 273 - 275.
- [62] Sahin S. y Gülüm S., 2009. "Propiedades físicas de los alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 46 - 54 y 283 - 284.
- [63] Sanderson G., 1981. Polisaccharides in foods . Food technology, v.35, n° 7, p 50.
- [64] Siccha A., 1993. "Estudio comparativo sobre los hidrocoloides y contenido Tanico en tres caesalpinias peruanas: Charán, Tara y Uña de gato; tesis para optar el grado de magister en Química, UPCP, Lima.

- [65] Singh R., Heldman D., 1998. Introducción a la Ingeniería de Alimentos, Flujo de fluidos en el procesamiento de fluidos, pag 47, 2da Edición, Editorial Acribia, S.A, Zaragoza – España. .
- [66] SIPPO, 2008. ProFound – Advisers In Development, Diciembre 2008, estudio de Mercado tara, Perú.
- [67] Treybal y Robert E., 1976. Operaciones con transferencia de masa, Editorial Hispanoamericana, Buenos Aires.
- [68] Vaclavik V., 2002. "Fundamentos de ciencia de los alimentos", 1ra edición, Editorial Acribia, Zaragoza. España, pp. 399 -401.
- [69] Valencia G., Francia E., Roman M., Maria O., 2006. Caracterización fisicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. Vitae Vol. 13, numero 2, Universidad de Antioquia, Colombia.
- [70] Valle P., 2000. "Toxicología de alimentos", Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Nacional de Salud Ambiental. México D.F. México, p. 165.
- [71] Vásquez, M., Carbonell, E. y Costell, E. 1988. Comportamiento reológico de soluciones acuosas de la goma de algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz). Comparación con el de las gomas guar y garrofin. Rev. Agroquím. Tecnol. Alimentos 12(12): 251-260.
- [72] Villanueva C. 2007. La Tara el Oro Verde de los Incas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- [73] Villarroel M., Acevedo C., Yáñez E., Biolley E., 2003. Propiedades funcionales de la fibra del musgo *Sphagnum magellanicum* y su utilización en la formulación de productos de panadería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, ALAN 53:400-407.



[74] Whistler R., 1959. Industrial Gums Polisacarides and their Derivates. Academic Press – New York.

[75] Whytney y Robert R., 1981. Chemistry of Colloid Substances Reinhold Publishing Co., New York.

[76] Zamora N., 2004. *Hymenea courbaril*. [on line] Costa Rica: Instituto Nacional de la Biodiversidad, 2004. [Citado el 15 de junio de 2008] URL disponible en: <<http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&lay=WebAll&Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=1444&-Find>>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS, FISICAS Y MATEMATICAS


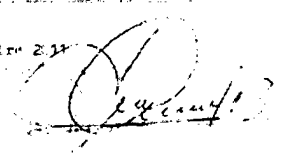
UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO  
DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA  
INFORME DE ANALISIS



# ANEXO

## ANEXO 1

Imagen 1, 2: Análisis proximal de muestras de harina de semilla de tara de distrito Soraya (A) y Vilcabamba (B), y muestras de goma GA, GB - II; realizadas en el laboratorio de Química UNSSAC – CUSCO.

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAAD DEL CUSCO</b>		
	<b>FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS</b>		
	Av. de la Cultura 722 Pabellón C - Of. 106	Apartado Postal 921 - Cusco Perú Teléfono - fax - modem: 224831	
<b>UNIDAD DE PRESTACIONES DE SERVICIO DE ANALISIS QUIMICO</b>			
<b>DEPARTAMENTO ACADEMICO DE QUIMICA</b>			
<b>INFORME DE ANALISIS</b>			
Nº0910-11-LAQ			
<b>SOLICITANTE</b>	RONALD MANUEL BASTIDAS PIMENTEL		
<b>TESIS:</b>	EXTRACCION Y CARACTERIZACION DE LA GOMA DE SEMILLA DE TARA PROVENIENTES DE LOS DISTRITOS DE SORAYA Y VILCABAMBA ATUNIMAC		
<b>MUESTRA</b>	1.- Harina de Semilla de Tara de SORAYA 2.- Harina de Semilla de Tara de VILCABAMBA		
<b>FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA</b>	01/10/09/2011		
<b>RESULTADOS ANALISIS FISIQUIMICO</b>			
	1		2
Humedad %	7.65	8.86	NIF 201.611
Proteína %	17.27	13.94	ASAC 935.790
Grasa %	11.52	11.58	NIF 106.017
Ceniza %	3.97	3.76	ASAC 911.356
Fibra %	5.28	6.41	FAO 197
Carbohidratos %	57.36	61.86	Liferrean.
Energía kcal/100	407.21	393.73	Calculo de
Acidez (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0.17	0.44	NIF 106.015
Cusco, 15 de setiembre 2011			
			



## ANEXO 02

**Tabla 11: RENDIMIENTO DE LA GOMA EXPRESADO EN GRAMOS**

Tratamiento	Lugar de procedencia	Parámetros de extracción			Rendimiento (g)	Rendimiento en %	peso de materia prima (g)
		Grado de dilución (GD)	pH	Temperatura (°C)			
1	A	1:40	6	75	0.3874	7.748	5
1	A	1:40	6	75	0.411	8.22	5
1	A	1:40	6	75	0.3794	7.588	5
2	A	1:40	6	80	0.4592	9.184	5
2	A	1:40	6	80	0.4969	9.938	5
2	A	1:40	6	80	0.4246	8.492	5
3	A	1:40	6	85	0.6378	12.756	5
3	A	1:40	6	85	0.4969	9.938	5
3	A	1:40	6	85	0.637	12.74	5
4	A	1:40	7	75	0.699	13.98	5
4	A	1:40	7	75	0.5602	11.204	5
4	A	1:40	7	75	0.5663	11.326	5
5	A	1:40	7	80	0.8284	16.568	5
5	A	1:40	7	80	0.8026	16.052	5
5	A	1:40	7	80	0.7485	14.97	5
6	A	1:40	7	85	0.686	13.72	5
6	A	1:40	7	85	0.5864	11.728	5
6	A	1:40	7	85	0.6003	12.006	5
7	A	1:60	6	75	0.5263	10.526	5
7	A	1:60	6	75	0.4812	9.624	5
7	A	1:60	6	75	0.5019	10.038	5
8	A	1:60	6	80	1.0284	20.568	5
8	A	1:60	6	80	0.9149	18.298	5
8	A	1:60	6	80	0.9143	18.286	5
9	A	1:60	6	85	1.0429	20.858	5
9	A	1:60	6	85	1.0632	21.264	5
9	A	1:60	6	85	1.1052	22.104	5
10	A	1:60	7	75	0.5083	10.166	5
10	A	1:60	7	75	0.4557	9.114	5
10	A	1:60	7	75	0.6332	12.664	5
11	A	1:60	7	80	0.7986	15.972	5
11	A	1:60	7	80	0.7874	15.748	5
11	A	1:60	7	80	0.8015	16.03	5
12	A	1:60	7	85	1.0036	20.072	5
12	A	1:60	7	85	0.9341	18.682	5
12	A	1:60	7	85	0.9199	18.398	5
13	A	1:80	6	75	0.6216	12.432	5
13	A	1:80	6	75	0.7115	14.23	5
13	A	1:80	6	75	0.6552	13.104	5
14	A	1:80	6	80	0.9235	18.47	5
14	A	1:80	6	80	0.8818	17.636	5
14	A	1:80	6	80	0.9685	19.37	5
15	A	1:80	6	85	0.8308	16.616	5
15	A	1:80	6	85	0.9931	19.862	5
15	A	1:80	6	85	1.0258	20.516	5
16	A	1:80	7	75	0.6324	12.648	5
16	A	1:80	7	75	0.595	11.9	5
16	A	1:80	7	75	0.687	13.74	5
17	A	1:80	7	80	0.8608	17.216	5
17	A	1:80	7	80	0.8109	16.218	5
17	A	1:80	7	80	0.9005	18.01	5
18	A	1:80	7	85	0.8715	17.43	5
18	A	1:80	7	85	0.9664	19.328	5
18	A	1:80	7	85	0.9139	18.278	5
1	B	1:40	6	75	0.6337	12.674	5
1	B	1:40	6	75	0.5617	11.234	5
1	B	1:40	6	75	0.7056	14.112	5
2	B	1:40	6	80	0.5118	10.236	5



2	B	1:40	6	80	0.5788	11.576	5
2	B	1:40	6	80	0.5455	10.91	5
3	B	1:40	6	85	0.5784	11.568	5
3	B	1:40	6	85	0.6605	13.21	5
3	B	1:40	6	85	0.6306	12.612	5
4	B	1:40	7	75	0.2745	5.49	5
4	B	1:40	7	75	0.4395	8.79	5
4	B	1:40	7	75	0.5433	10.866	5
5	B	1:40	7	80	0.5375	10.75	5
5	B	1:40	7	80	0.6661	13.322	5
5	B	1:40	7	80	0.6926	13.852	5
6	B	1:40	7	85	0.6029	12.058	5
6	B	1:40	7	85	0.6755	13.51	5
6	B	1:40	7	85	0.6869	13.738	5
7	B	1:60	6	75	0.7338	14.676	5
7	B	1:60	6	75	0.6284	12.568	5
7	B	1:60	6	75	0.6133	12.266	5
8	B	1:60	6	80	0.4533	9.066	5
8	B	1:60	6	80	0.4511	9.022	5
8	B	1:60	6	80	0.4604	9.208	5
9	B	1:60	6	85	1.039	20.78	5
9	B	1:60	6	85	1.0485	20.97	5
9	B	1:60	6	85	0.9418	18.836	5
10	B	1:60	7	75	0.7941	15.882	5
10	B	1:60	7	75	0.7161	14.322	5
10	B	1:60	7	75	0.7631	15.262	5
11	B	1:60	7	80	0.7486	14.972	5
11	B	1:60	7	80	0.7504	15.008	5
11	B	1:60	7	80	0.7869	15.738	5
12	B	1:60	7	85	0.8426	16.852	5
12	B	1:60	7	85	0.8434	16.868	5
12	B	1:60	7	85	0.8175	16.35	5
13	B	1:80	6	75	0.6239	12.478	5
13	B	1:80	6	75	0.5708	11.416	5
13	B	1:80	6	75	0.6183	12.366	5
14	B	1:80	6	80	0.7083	14.166	5
14	B	1:80	6	80	0.6448	12.896	5
14	B	1:80	6	80	0.6777	13.554	5
15	B	1:80	6	85	0.8064	16.128	5
15	B	1:80	6	85	0.6594	13.188	5
15	B	1:80	6	85	0.7651	15.302	5
16	B	1:80	7	75	0.5912	11.824	5
16	B	1:80	7	75	0.5621	11.242	5
16	B	1:80	7	75	0.6092	12.184	5
17	B	1:80	7	80	0.7583	15.166	5
17	B	1:80	7	80	0.806	16.12	5
17	B	1:80	7	80	0.8682	17.364	5
18	B	1:80	7	85	1.2	24	5
18	B	1:80	7	85	1.1879	23.758	5
18	B	1:80	7	85	1.1814	23.628	5

### ANEXO 03

Tabla 18: Promedio de rendimiento para los factores de grado de dilución y temperatura; comparación de medias de columnas

Promedio de rendimiento para los factores de grado de dilución y temperatura

GD	Dilución	Temp		
		75	80	85
		rend	rend	rend
		Media	Media	Media
1/40		.5131	.6077	.6233
1/60		.6130	.7413	.9658
1/80		.6132	.8174	.9501

Comparaciones de medias de columnas\*

	Temp	rend	GD		
			1/40 (A)	1/60 (B)	1/80 (C)
75					
80					A
85			A		A

### ANEXO 04

Tabla 19: Promedio de rendimiento para los factores de Grado de dilución, pH y temperatura, comparación de medias de columnas

pH	Dilución	Temp	rend	GD		
				1/40	1/60	1/80
				Media	Media	Media
6		75	rend	.5131	.5808	.6335
		80	rend	.5028	.7037	.8008
		85	rend	.6069	<u>1.0401</u>	.8468
7		75	rend	.5138	.6451	.6128
		80	rend	.7126	.7789	.8341
		85	rend	.6397	.8935	1.0535

Comparaciones de medias de columnas\*

	pH	Dilución	Temp	rend	GD		
					1/40 (A)	1/60 (B)	1/80 (C)
6			75	rend			
			80	rend			A
			85	rend		A C	A
7			75	rend			
			80	rend			A
			85	rend	A		A B

## ANEXO 05

**Cuadro 01:** Especificaciones y correlación de los parámetros

<b>Dónde:</b>	<b>LUGAR DE PROCEDENCIA</b> A: Goma de semilla de Soraya B: Goma de semilla de Vilcabamba
	<b>GRADO DE DILUCIÓN (gramos semilla/ml agua)</b> GD1: 1:40 GD2: 1:60 GD3: 1:80
	<b>pH</b> pH1: 6 pH2: 7
	<b>TEMPERATURA</b> T1: 75°C T2: 80°C T3: 85°C

## ANEXO 06

**Cuadro 2:** Condiciones de la evaluación del comportamiento de flujo de goma de tara

<b>DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD DE GOMA DE TARA</b> La determinación de la viscosidad se realizó a las siguientes condiciones: a) viscosímetro: se utilizó el viscosímetro rotacional de la E.A.P.I.A.- UNAMBA b) Temperatura: 18.5°C (temperatura ambiente) c) Granulometría de la goma: 255µm d) Concentración (%): 1% e) Solvente: Agua destilada f) Tiempo de disolución antes de someter al viscosímetro: 25 minutos
--

ANEXO 07

Cuadro 3: Datos y ecuaciones utilizadas

$$\omega = (2\pi N) / 60$$

$$T = (\omega * 2 * \pi * L * r) / (C1 / (r_1^2 - r_2^2) - 1 / (r_1^2 - r_2^2))$$

$$\tau = T / (2\pi L \pi [r_1^2 - r_2^2])$$

$$\tau = k\gamma^n$$

$$k = (1/2\pi L K) (n/2) [(1 - r_1^2)^{2/n} / (2/n) - (1 - r_2^2)^{2/n} / (2/n)]$$

$$\log \tau = n \log \omega - \log k$$

n = 1.3492

anulog (7.5769) = \*

\* = 37748526.17

k = 0.000003303

1) Husillo: 11'4

DATOS	unidad
r1	0.001 m
r2	0.023 m
L	0.0265 m
n	1.3416

ANEXO 8

Tabla 1: Datos en la evaluación reologica de la solución acuosa de goma de tara

GOMA (SORAYA) - MHA									
N	(n en Pa.s)	$\omega$	TORQUE $\tau$	$\log \omega$	$\log T$	velo de $\tau$ (y)	$\tau$	LOG(velo de $\tau$ )	$\log(\tau)$
1	0.219	0.5236	6.1257E-09	-0.281000362	-8.2121344538	12798.01745	0.114885375	4.107147653	-0.939734498
2	0.3681	0.6281	1.2779E-08	-0.203191116	-7.893499697	22044.92243	0.239276751	4.343308575	-0.621699497
3	0.67	1.0472	3.7543E-08	0.020029634	-7.423474905	49600.42222	0.702952833	4.660199831	-0.153073814
4	0.7165	1.2565	4.7775E-08	0.0521088	-7.320803479	90384.06322	0.89453371	4.75779327	-0.048483259
5	0.9188	2.0944	9.1733E-08	0.329659629	-7.037447071	95015.29119	1.717722553	4.977737617	0.784953119
6	0.9703	3.1416	1.6311E-07	0.497150689	-6.787521521	145558.4513	3.054067765	5.165037426	0.484378669
7	1.6408	5.2360	2.5160E-07	0.718929638	-6.535211515	223855.0767	5.439950667	5.330044543	0.737185671
8	0.8701	6.2632	2.9253E-07	0.795130824	-6.532826389	224424.2032	5.47726651	5.351969692	0.738571802
9	0.695	10.4720	3.8344E-07	1.020029634	-6.489564503	277441.8451	7.291824367	5.443171964	0.862836188



**ANEXO 9**  
**FOTOS DURANTE EL TRABAJO DE INVESTIGACION**



FOTO 01, 02: Cosecha en campo de muestra de vaina seca de tara en el distrito de Soraya y Vilcabamba.



FOTO 03: Muestra de semilla de tara A y B

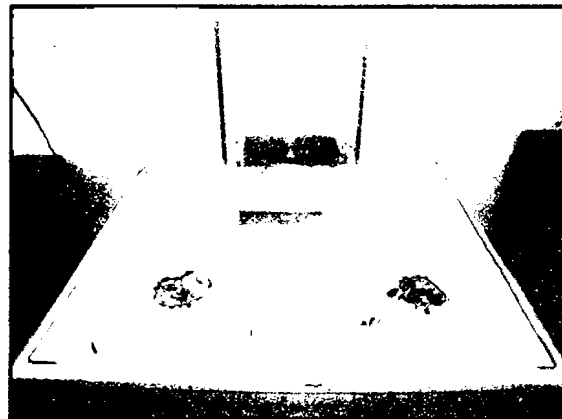


FOTO 04: Componentes de semilla de tara A y B



FOTO 05: Ajustando el pH de agua destilada, de acuerdo a lo requerido para los tratamientos

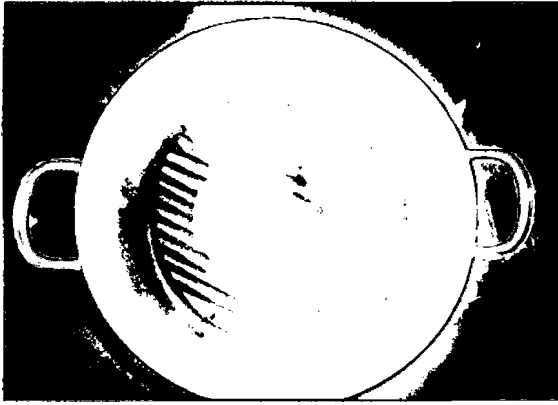


FOTO 06, 07: Solubilización y filtrado de solución acuosa de goma de semilla de tara

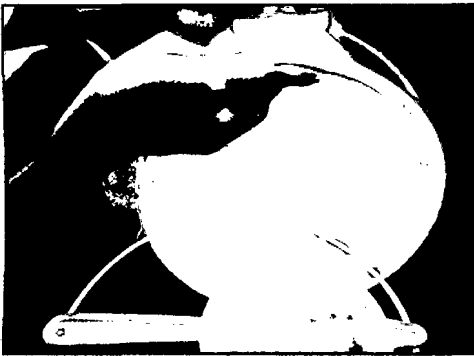


FOTO 08, 09, 10, 11: Precipitación de solución acuosa de goma de semilla de tara con alcohol (alcohol comercial) 90°G, filtrado y separación de gel de goma.

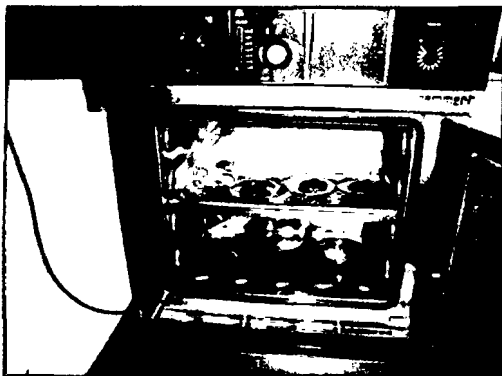


FOTO 12, 13, 14, 15: Secado, desecado, pesado de muestras de acuerdo a los tratamientos



FOTO 16: Muestra de goma seca en placa.



FOTO 17: Tamizando de goma molida de tara.

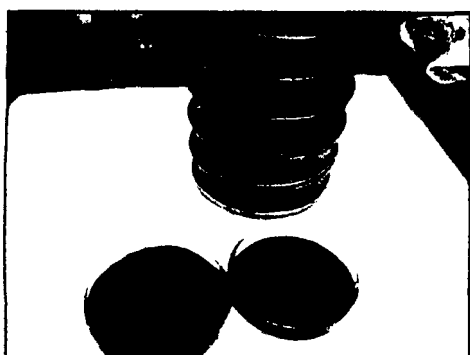


FOTO 18, 19: Muestras de goma GA, GB en función a su granulometria.

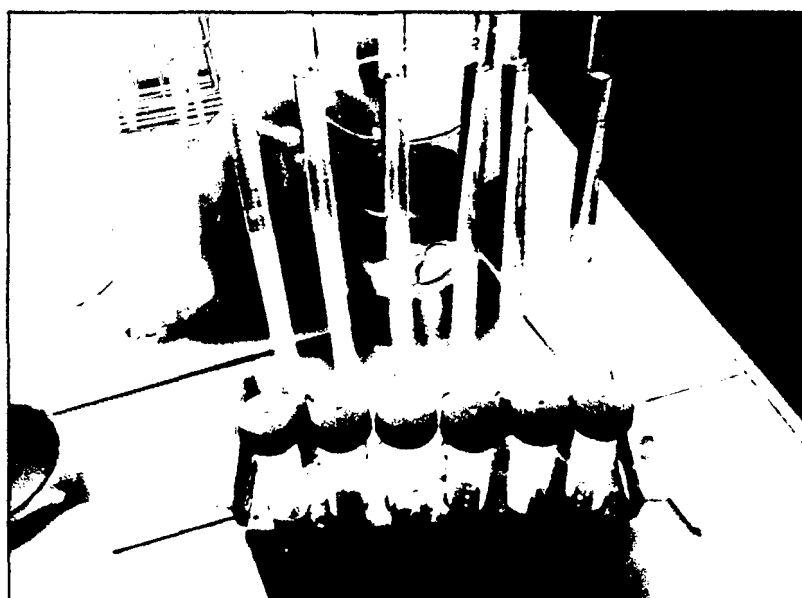
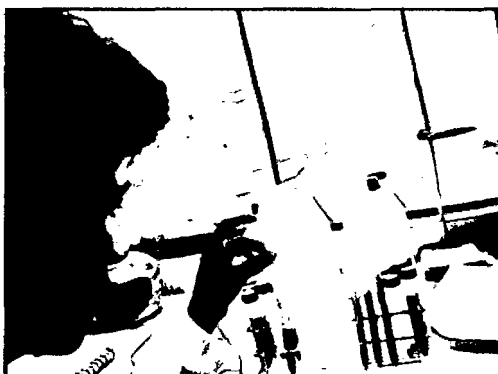


FOTO 20, 21, 22: Muestras de goma GA, GB; para la determinación de capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de hinchamiento (CH).

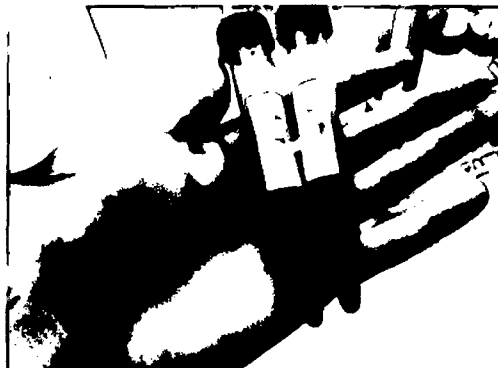
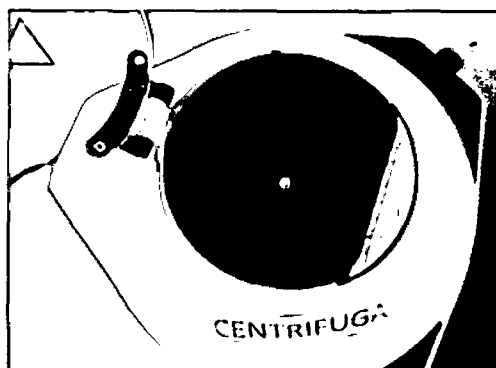


FOTO 23, 24, 25, 26: Muestras de goma en centrifuga, observación de muestras, toma de medida de envase en balanza analítica y desecación de la diferencia de los datos encontrados.



FOTO 27, 28: Viscosímetro rotacional de E.A.P. Ingeniería Agroindustrial de la UNAMBA, utilizado en la determinación de características reológicas - viscosidad en función a varios factores.