

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



EXTRACCIÓN DE GOMA DE LA SEMILLA DE TARA
(*Caesalpinia Tinctoria*)

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUÍMICO

Presentado por:
José Luis Martínez Ramos

LIMA – PERÚ
2004

Quiero dedicar los esfuerzos de esta tesis:

***A mis queridos padres: Buenaventura Martínez Quispe (Q.E.P.D)
y Elena Ramos Ríos por darme la vida, apoyo económico
y moral para mi formación personal y profesional***

***A Placida Martínez, Hermanos
Y amigos quienes me brindaron
En todo momento su ayuda
Incondicional y estímulo necesario
Para culminar con éxito la tarea
Emprendida, a ellos todo mi cariño
y sincero agradecimiento***

***A Marcelina Ramos por su apoyo moral,
económico y por su confianza
Depositada en mí***

Agradecimientos:

***Al Ing. Enrique Neira
quien con su experiencia,
consejos y su espíritu
tecnológico me apoyó
constantemente en
la realización de esta tesis***

***A mi alma mater ,
mis profesores
y a todos mis amigos
quienes con sus experiencias,
con sus consejos y apoyo
hicieron posible el logro
de la tesis***

ÍNDICE

Resumen	5
Introducción	7
Capítulo I: Aspectos teóricos	9
1.1 La Tara	9
1.1.1 Generalidades	9
1.1.2 Clasificación Botánica	10
1.1.3 Características Botánicas	11
1.1.4 Zonas productoras de Tara en el Perú	14
1.1.5 Producción de Tara en el Perú	16
1.1.6 Recolección y comercialización de la Tara	18
1.1.7 Importancia económica y exportación de la Tara	19
1.2 Potenciales de la Tara	22
1.2.1 La tara como fuente de Taninos	24
1.2.2 La Tara como fuente de ácido gálico	25
1.2.3 La Tara como fuente de gomas	26
1.2.4 La Tara como fuente de aceites y proteínas	27
1.2.5 Otras aplicaciones y uso de la Tara	28
1.3 Gomas o hidrocoloides	29
1.3.1 Definición de Gomas	30
1.3.2 Clasificación de Gomas	30
1.3.3 Estructura química de las gomas	34
1.3.4 Principales gomas de importancia	41
1.3.5 Propiedades físicas y químicas	44
a) Propiedades físicas	44
b) Propiedades químicas	46
1.3.6 Aplicación industrial de las gomas	50
a) Aplicación en la industria alimentaria	50
b) Aplicación en otras industrias	54

Capitulo II: Tecnología de extracción de la goma de la semilla de Tara	56
2.1 Métodos de extracción de gomas de semillas	56
2.1.1 Extracción por vía seca	56
2.1.2 Extracción por vía húmeda	56
2.1.3 Extracción por tratamiento químico	57
2.2 Métodos de purificación de gomas	57
2.2.1 Purificación con alcohol	57
2.2.2 Purificación con otros polisacáridos	57
2.2.3 Diálisis	58
2.2.4 Precipitación con sales metálicas	58
2.3 Extracción de la goma a nivel de laboratorio	58
2.3.1 Elección del método usado en la extracción de la goma	58
2.3.2 Procedimiento experimental a nivel de laboratorio	59
a) Acondicionamiento de la materia prima	59
b) Separación del endospermo de la semilla	60
c) Solubilización	62
d) Purificación	62
e) Prensado	64
f) Secado	64
g) Molienda	65
 Capitulo III: Resultados experimentales	 68
3.1 Caracterización de la materia prima	68
3.2 Análisis de rendimiento en la etapa de solubilización y separación de la goma	69
3.2.1 Materiales y reactivo	69
3.2.2 Procedimiento	70
3.2.3 Influencia de las variables en estudio en la extracción de la goma	70
a) Influencia de la temperatura de solubilización	70
b) Influencia de la relación carga solvente	72

c) Influencia del pH de solubilización -----	73
d) Influencia del tiempo de solubilización-----	75
3.2.4 Resultados de los parámetros analizados -----	77
3.3 Validación de resultados -----	77
3.3.1 Análisis estadístico para la variable relación carga solvente----	77
3.3.2 Análisis estadístico para la variable temperatura-----	81
3.3.3 Análisis estadístico para la variable pH -----	86
3.3.4 Análisis estadístico para la variable tiempo -----	90
 Capítulo IV: Caracterización de la goma de Tara -----	 95
4.1 Peso Molecular -----	95
4.2 Solubilidad En Agua-----	102
4.3 Análisis De Viscosidad -----	102
4.3.1 Materiales Y Reactivos-----	102
4.3.2 Procedimiento -----	103
4.3.3 Variables que influyen en la viscosidad de la goma obtenida ---	104
a) Influencia de la temperatura-----	104
b) Influencia de la gradiente de velocidad de corte -----	105
c) Influencia de la concentración-----	106
d) Influencia del pH -----	107
4.4 Análisis de humedad de la materia prima y del producto -----	109
4.4.1 Análisis de la humedad de la materia prima-----	109
4.4.2 Análisis de la humedad del producto-----	110
4.5 Análisis de cenizas totales de la materia prima y del producto-----	110
4.5.1 Análisis de cenizas totales de la materia prima -----	111
4.5.2 Análisis de cenizas totales del producto -----	112
4.6 Análisis de proteínas del producto-----	112
4.7 Prueba de gelificación de la goma-----	115
4.8 Identificación de galactomananos en la goma obtenida -----	117
4.9 Análisis microbiológico -----	119
4.10 Especificaciones técnicas de la goma obtenida -----	120

Capítulo V: Perfil de procesamiento-----	122
5.1 Balance de materia -----	122
5.2 Balance de energía -----	124
5.3 Costo de procesamiento-----	124
Capítulo VI: Observaciones y Conclusiones -----	128
Capítulo VII: Bibliografía -----	132
Capítulo VIII: Apéndice -----	136
Apéndice A-----	136
Apéndice B -----	137
Apéndice C -----	147
Apéndice D -----	153
Apéndice E -----	158

RESUMEN

El presente estudio tecnológico tiene como objetivo obtener goma de la semilla de Tara (*Caesalpinia tinctoria*). Esto implica fundamentalmente el estudio de los parámetros de extracción que influyen en el rendimiento y la calidad del producto.

La Tara (*Caesalpinia tinctoria*) es una planta silvestre con un gran potencial económico para la agroindustria y la agro exportación, su importancia está basada en el alto contenido de taninos en la vaina (50% a 60%), el cual sirve como materia prima para la producción de ácido tánico y gálico; de sus semillas se obtienen gomas, proteínas y aceites.

Su distribución natural se encuentra en casi toda la costa, desde Piura hasta Tacna, y en algunos departamentos de la sierra. En la vertiente del Pacífico se halla en los flancos occidentales, valles, laderas, riberas de los ríos y lomas entre los 800 y 2800 m.s.n.m; mientras que en los valles interandinos de la cuenca del Atlántico, se le encuentra entre los 1600 y 2800 m.s.n.m; estando en algunos casos, como en los valles de Apurímac, hasta los 3150 m.s.n.m. Los suelos favorables para el cultivo de la Tara son los silíceos y arcillosos que predominan en la cuenca de Ayacucho.

Los frutos de Tara son vainas explanadas e indehiscentes de color naranja de 8 cm a 10 cm de largo y 2 cm de ancho aproximadamente, que contienen de 4 a 7 granos de semilla redondeadas de 0.6 cm a 0.7 cm de diámetro, y son de color pardo negruzcos cuando están maduros.

El método de extracción de la goma se da por una combinación de los métodos de extracción por vía seca y por vía húmeda, los cuales han sido usadas en la extracción de otras gomas de semillas (goma de guar y Locust Bean). El método está compuesto de dos etapas: separación del endospermo de los demás componentes de la semilla y extracción de la goma del endospermo. La primera etapa consiste de un tostado de la semilla a una temperatura de 200°C durante 1 a 2 minutos, seguido por un quebrado, tamizado, selección manual del endospermo, y su posterior molienda. La segunda etapa consiste en la

solubilización del endospermo molido en agua caliente, filtración, precipitación con alcohol 96°, lavados con alcohol 96°, alcohol acidulado y alcohol 70°, prensado y secado.

En la etapa de solubilización o extracción de la goma se encontró los siguientes parámetros: pH=6.5, T=80°C, Relación carga/solvente= 1/115 y tiempo = 40 minutos, que permiten obtener un máximo de rendimiento de goma de buena calidad.

La goma de Tara obtenida en laboratorio es de color blanco, insípida e inodora. Se identificó la presencia de galactomananos por cromatografía de capa fina, usando como patrones galactosa y manosa.

Las características de calidad del producto final “goma de Tara” son: Alta viscosidad a bajas concentraciones, 100% de solubilidad en agua caliente, buena calidad microbiológica, alta calidad de pureza muy por debajo de las especificaciones citado por la FAO/OMS, es decir reúne los requisitos de calidad para su comercialización y exportación.

INTRODUCCIÓN

El Perú produce cantidades significativas (19 000 TM/año) de Tara a lo largo y ancho de nuestro territorio, el principal producto que se exporta es el polvo de Tara, así en el año 2003 se exportaron 6 714 TM por un valor de 6 519 549 US\$ FOB. Así, nuestro país es el más grande exportador de Tara a nivel mundial. Por otra parte en ese mismo año el Perú importó 499.49 TM de productos espesantes (gomas o hidrocoloides) por un valor de: 5 054 410 U\$ FOB.

Por lo mencionado anteriormente se puede concluir que la Tara es comercializada casi en su totalidad como materia prima y los gastos de importación de tan solo 499.49 TM de un producto manufacturado representan el 78% de los montos recibidos por la exportación de Tara.

Analizando esta realidad se plantea el presente estudio con el objetivo de implementar una tecnología para la separación de la goma de la semilla de Tara y su correspondiente purificación. De tal forma de obtener un producto de buena calidad que permita reemplazar en la medida que sea posible las gommas importadas y a su vez tener un producto tal que cumpla los requisitos mínimos para la exportación. De esta manera se podrá disminuir los gastos en que nuestro país incurre en la importación de espesantes y generar mayores ingresos a nuestro país, producto de la exportación de este hidrocoloide.

La goma de Tara puede desplazar a las principales gommas que el Perú importa actualmente, porque posee características similares. Las principales gommas importadas son: La goma de guar, algarroba, arábica, y tragacanto.

La tara es una planta silvestre con gran potencial económico para la agroindustria y la agro exportación, su importancia está basada en el alto contenido de taninos en la vaina (50% a 60%), el cual sirve como materia prima para la producción de ácido tánico y gálico, de las semillas se obtienen gommas, proteínas y aceites.



Vainas y semillas de Tara

Las zonas de mayor producción en la Costa están en Arequipa, Ica y Lima(Cañete), mientras que en la Sierra la mayor producción se encuentra en Cajamarca, Ancash, Ayacucho, Huánuco y Apurímac.

La goma obtenida en laboratorio es un polvo de color blanco, insípida e inodora, muy atractiva para su comercialización.

En función a lo expuesto, el presente estudio pretende estimular la instalación de nuevas agroindustrias dedicadas a darle valor agregado a nuestro recurso “ La Tara”, así mismo contribuir a generar fuentes de trabajo y apoyar en algo el desarrollo de nuestro país.

CAPITULO I

I. ASPECTOS TEÓRICOS

1.1 LA TARA

1.1.1 GENERALIDADES

El Perú es el mayor productor de Tara (*Caesalpinia tinctoria*) en el mundo, con el 80% de la producción mundial. La producción es básicamente de bosques naturales y, en algunas zonas, de parcelas agroforestales. En este sentido Perú es el país de los Andes que tiene mayor área con bosques de Tara, seguido muy de lejos por Bolivia; también existe esta especie en Chile, Ecuador y Colombia.

El árbol de Tara tiene un rendimiento de 25 a 46 Kg de vainas y su recolección se efectúa dos veces al año. Sin embargo, por las condiciones climáticas del Perú, puede ser cosechado todo el año.

La Tara es una planta denominada "rústica" porque resiste a la sequía, plagas y enfermedades, por esta razón se obtiene grandes rendimientos a pesar de no tener un adecuado manejo sanitario y tratamiento pos cosecha.

La Tara tiene un amplio potencial en la industria, de su vaina se obtiene ácido tánico muy usado en la industria farmacéutica, química, de pinturas, entre otras. De las semillas, se obtiene una goma de uso alimenticio, constituyéndose en este instante alternativa a las gomas tradicionales en la industria mundial de alimentos, pinturas, barnices, entre otros.

1.1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

La especie comúnmente denominada “Tara” es originaria del Perú, le corresponde el nombre científico *Caesalpinia tinctoria* o *Caesalpinia spinosa*. En el cuadro 1.1 se describe su clasificación taxonómica.

Cuadro 1.1: Clasificación Taxonómica de la Tara

Clasificación Taxonómica	
División	<i>Fanerógamas</i>
Subdivisión	<i>Angiospermas</i>
Clase	<i>Dicotiledóneas</i>
Subclase	<i>Arquiclámideas</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Leguminosaceae</i>
Subfamilia	<i>Caesalpinoideae</i>
Género	<i>Caesalpinia</i>
Nombre vulgar	<i>Tara, talla o taya</i>
Nombre científico	<i>Caesalpineia tinctoria (antigua)</i> <i>Caesalpineia spinosa (moderna)</i>

Fuente : Barriga (1994)

1.1.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

a) El árbol de la Tara

Es un árbol pequeño en sus inicios, de dos a tres metros de altura, pero puede llegar a medir hasta 12 m en su vejez; de fuste corto, cilíndrico y a veces tortuoso, su tronco, está provisto de una corteza gris espinosa, con ramillas densamente pobladas, en muchos casos las ramas se inician desde la base dando la impresión de varios tallos. La copa de la Tara es irregular, aparasolada y poco densa, con ramas ascendentes.



Fig.1.1 Árbol de Tara

b) Hojas

Sus hojas son en forma de plumas, aparcadas, ovoides y brillantes, ligeramente espinosas de color verde oscuro y miden 15 cm de largo

c) Flores

Sus flores son de color amarillo rojizo dispuestas en racimos de 8 cm a 15 cm de largo.

d) Fruto de la Tara

Sus frutos son vainas explanadas e indehiscentes de color naranja de 8 cm a 10 cm de largo y 2 cm de ancho aproximadamente, que contienen de 4 a 7 granos de semilla redondeadas de 0.6 cm a 0.7 cm de diámetro, y son de color pardo negruzco cuando están maduros.

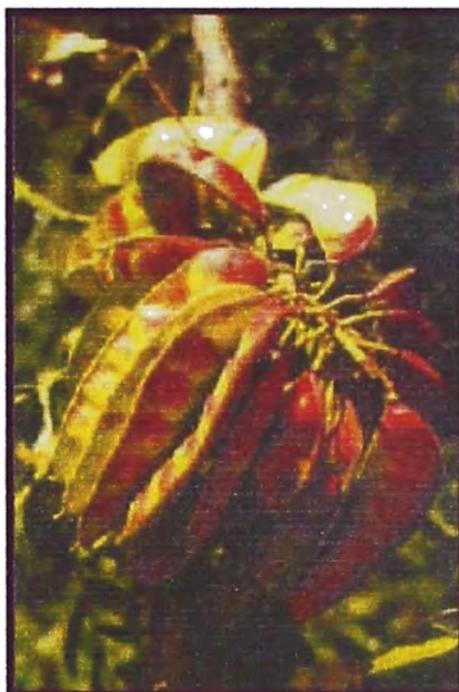


Fig.1.2 Fruto de Tara

e) Semillas

Las semillas son arriñonadas, con uno de los lóbulos más grandes aproximadamente 1 por 0.5 por 0.3 cm., posee una sutura que divide los cotiledones y el embrión en la concavidad de esta. Las semillas cuando están maduras son duras, de color verde oscuro, brillosas por estar cubiertas de una capa de cera, cuando están verdes presentan un mesocarpio comestible, de consistencia aceitosa, blanda y transparente con un contenido de 30 a 40 % de proteínas. En relación a los lugares con potencial semillero cabe destacar que son

variados, destacando entre ellos el valle de Mantaro. Las semillas del norte poseen mayor porcentaje de goma que las semillas del sur en aproximadamente 5%.



Fig.1.3 Semillas de Tara

f) Raíz

Tiene un sistema radicular que le permite afrontar la sequedad del suelo siendo, sin embargo, muy sensible al frío intenso.

g) Época de Floración o fructificación

La producción de flores y frutos varían según la zona. La época de floración se presenta en promedio desde noviembre hasta fines de abril, la cual puede extenderse por algunos meses más; si las plantas disponen de agua, asimismo, las cosechas comienzan a partir de julio, prolongándose hasta los primeros días de noviembre.

En el cuadro 1.2 se presentan los periodos de floración y fructificación de la tara en algunos departamentos del Perú:

Cuadro 1.2: Periodos de floración y fructificación de la Tara

Departamentos	Periodos
Arequipa	Enero-febrero
Cuzco	Junio-agosto
Ayacucho	Mayo-agosto
Cajamarca	Mayo-julio
La libertad	Abril-julio
Huánuco	Noviembre-diciembre
Junín	Junio-agosto

Fuente. PRONAMACHS (1995)

1.1.4 ZONAS PRODUCTORAS DE TARA EN EL PERÚ.

En el Perú las zonas productoras se distribuyen en casi toda la costa, desde Piura hasta Tacna, y en algunos departamentos de la sierra. En la vertiente del Pacífico se halla en los flancos occidentales, valles, laderas, riberas de los ríos y lomas entre los 800 y 2.800 m.s.n.m, mientras que en los valles interandinos de la cuenca del Atlántico, se le encuentra entre los 1600 y 2800 m.s.n.m, llegando en algunos casos como en los valles de Apurímac, hasta los 3150 m.s.n.m. Los suelos favorables para el cultivo de la Tara son los silíceos y arcillosos que predominan en la cuenca de Ayacucho

De acuerdo al Mapa Forestal del Perú la Tara se encuentra ocupando el estrato del Matorral arbustivo, donde se asocia con especies como: *Capparis prisca* "Palillo", *Salixhumboldtiana* "Sauce", *Schinus molle* "Molle", puya s.p, acacia s.p y algunas gramíneas, y una gran diversidad de especies de los géneros *Calliandra*, *Rubus*, *Croton*, entre otras.. En el cuadro 1.3 se observa las zonas de distribución de Tara en el Perú y en el cuadro 1.4 se muestra la cantidad de tierras aptas para las plantaciones de Tara en el Perú.

Cuadro 1.3 Distribución de la Tara en el Perú

Departamentos	Lomas	Bosques ribereños Vertiente occidental	Valle interandino
Piura		X	
Lambayeque		X	
Cajamarca		X	
Amazonas			X
La libertad			X
Ancash		X	X(*)
Lima	X	X	
Huánuco			X
Junín			X
Huancavelica		X	X
Ica		X	
Ayacucho		X	X
Apurímac			X
Cuzco			X
Arequipa	X		X(*)
Moquegua	X		X(*)
Tacna	X		X(*)

(*) Cuencas que se profundizan en la cordillera

Fuente: Reynel C. y León J. (1990)

Cuadro 1.4 Tierras aptas para la reforestación con Tara

Departamentos	Tierras aptas (hectáreas)
Lambayeque	44 273
La libertad	24 672.69
Ancash	45 944.17
Lima	3 049
Huanuco	130 244.19
Cuzco	297 664.75
Ica	913
Cajamarca	342 192.16
Ayacucho	11 942.76
Huancavelica	3 861.73
Apurimac	12 987.34
Amazonas	316 348.57
Total	1 216 093.36

Fuente: Ministerio de Agricultura Dirección General de fauna y reforestación

1.1.5 PRODUCCIÓN DE TARA EN EL PERÚ

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.

El ciclo productivo es prolongado en terrenos con riego, llega en promedio hasta los 85 años. Comienza a producir prematuramente a los 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.

La producción promedio de frutos de Tara en el Perú es de 19,000 TM al año. Se presenta durante cuatro periodos 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.

Cuadro 1.5 Participación departamental en la producción nacional de Tara

Departamentos	Porcentaje de participación
La libertad	50.69
Ancash	0.38
Lima	1.34
Huánuco	0.05
Cuzco	1.46
Moyobamba	4.63
Ica	0.79
Cajamarca	4.11
Ayacucho	32.21
Huancavelica	0.20
Apurímac	0.32
Amazonas	0.05
Junín	0.77
Arequipa	2.5
Moquegua	0.27
Tacna	0.83

Fuente: Huamani(1994)

1.1.6 RECOLECCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA TARA

La mayor producción de Tara proviene de plantas silvestres, las que no son manejadas, aunque esta especie requiere podas de formación y sanitarias. Se puede decir que el rendimiento es sostenido, ya que es una simple recolección de los frutos sin dañar a la planta. En algunos sectores más alejados es incluso sub-explotada, debido a la lejanía de las vías de comunicación, por lo que no resulta atractivo al agricultor acopiar, transportar y comercializar dicho producto, el que finalmente es consumido por el ganado, principalmente caprino, o se pudre.

En las parcelas agroforestales se utiliza la tara como lindero o cortina rompevientos y en muchos casos no se les da el manejo requerido (podas).

La cosecha consiste en la recolección de los frutos, se logra una alta eficiencia y las pérdidas son mínimas. Una vez cosechados se almacenan en lugares secos y no son atacados por hongos, insectos o roedores. No se da ningún tratamiento poscosecha.

Al momento de la comercialización, se suelen presentar problemas. Si en la cosecha se han recolectado frutos inmaduros se castiga en el precio, ya que baja la calidad y dificulta su procesamiento industrial.

La comercialización de la Tara es sencilla, pero también atraviesa por una serie de intermediarios que adquieren el producto en chacra o, en pequeñas cantidades, en el mercado local, y después de acumular un cierto volumen lo venden a la industria ubicada en la zona o a otros intermediarios que lo llevan directamente a Lima, para su comercialización.

A pesar de estos inconvenientes que afectan a la tara, los cuales han sido mencionados anteriormente, nuestro país es el más grande productor de tara a nivel mundial (80% de la producción mundial) pudiéndose mejorar esto con un adecuado cultivo y comercialización de este recurso.

1.1.7 IMPORTANCIA ECONÓMICA Y EXPORTACIÓN DE LA TARA

La Tara es un producto agropecuario no tradicional cuyas ventas han evolucionado positivamente desde el año 1998, como se puede observar en la Fig. 1.4. En el año 2003 las ventas alcanzaron un total de US\$ 6 519 549. El precio promedio del polvo de Tara en el mercado internacional es de US\$ 1 033.5 la tonelada.

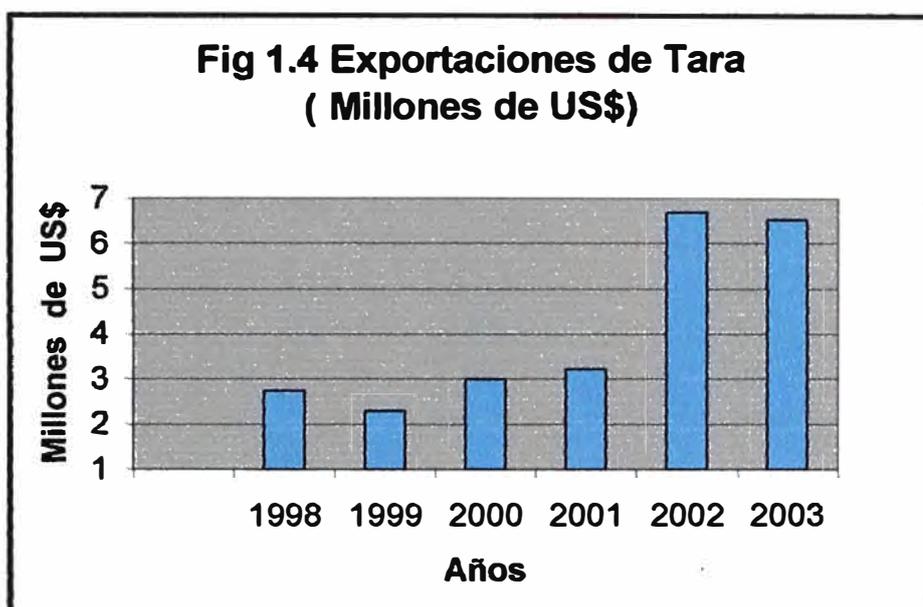
Como parte de las exportaciones de los productos no maderables en el año 2002 la Tara ha sido el producto de mayor exportación, como se puede apreciar en el cuadro 1.7, en esta tabla también se aprecia la exportación de 6 590.14 TM, así el Perú es el más grande productor de tara a nivel mundial aunque existe mercado para 10 000 TM. Hay que hacer notar que la producción existente es exclusivamente silvestre por lo cual es necesario su cultivo para satisfacer esta demanda.

La Tara se encuentra entre los 25 principales productos agropecuarios de mayor exportación a los principales mercados del mundo, siendo sus principales mercados de destino Estados Unidos, Alemania y Francia, lo cual se puede apreciar en el Cuadro 1.8, en ella también se observa que el principal importador de Tara es los Estados Unidos con US\$ 1.15 millones seguido por Alemania con US\$ 0.42 millones.

Cuadro 1.6 Precio del polvo de tara en el mercado mundial

Periodo	Precio(US\$)
Enero 2003	1 136
Febrero 2003	1 066
Marzo 2003	935
Abril 2003	930
Mayo 2003	1 106
Junio 2003	927
Julio 2003	1 077
Agosto 2003	1 038
Septiembre 2003	956
Octubre 2003	920

Fuente: Prompex



Cuadro 1.7: Exportaciones de productos no maderables

Productos	Peso bruto, año 2002 (TM)
Cochinilla e insectos similares	295.49
Cocos frescos	42.03
Nueces del Brasil con cáscara	49.68
Nueces del Brasil sin cáscara	1 970.03
Uña de gato	0.39
Achiote	717.26
Tara	6 590.14

Fuente: Ministerio de Agricultura, Dirección General de información agraria

Cuadro 1.8 Exportación de productos agropecuarios a los principales mercados del mundo en el año 2002 (En millones de US\$)

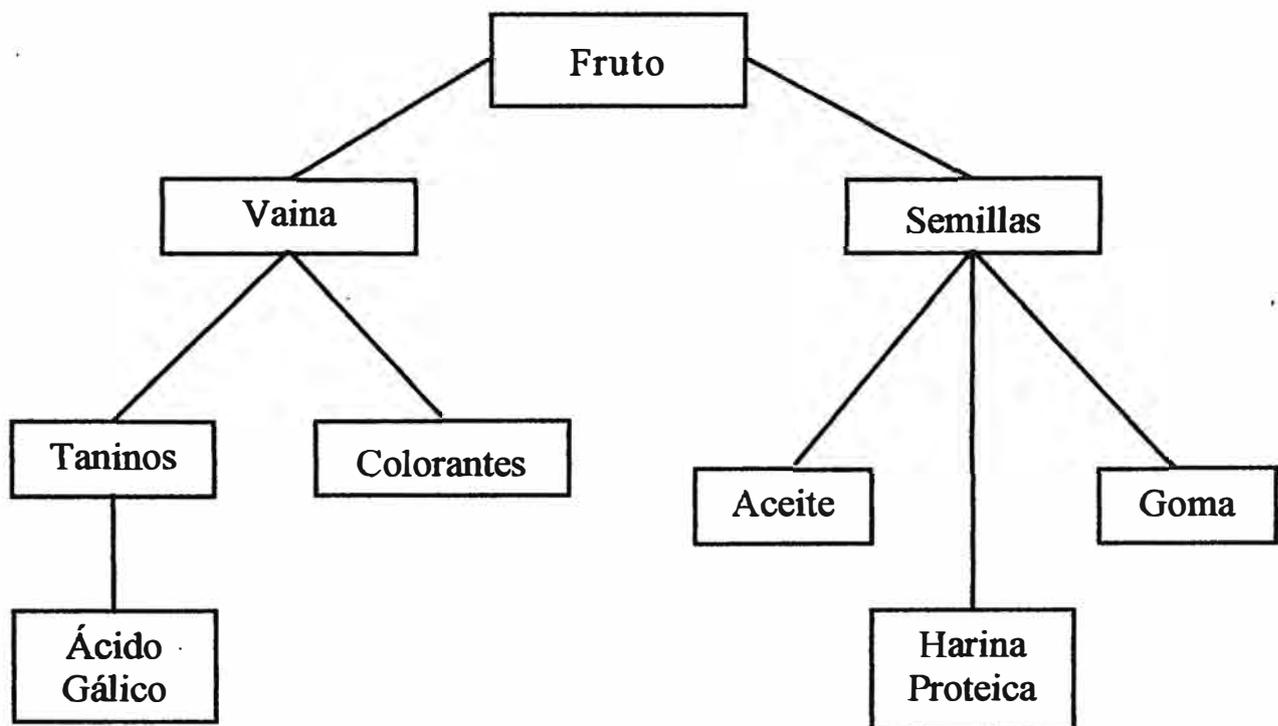
DESCRIPCIÓN	ESTADOS UNIDOS	ESPAÑA	ALEMANIA	PAÍSES BAJOS	FRANCIA	REINO UNIDO	OTROS PAÍSES	TOTAL
CAFÉ VERDE	56.04	0.91	67.44	12.11	4.63	6.19	40.62	187.94
ESPÁRRAGOS EN CONSERVAS	1.81	51.64	2.67	4.85	16.32	0.68	7.11	85.09
ESPÁRRAGOS FRESCOS	64.36	6.07	0.19	8.12	0.51	4.06	1.13	84.44
MANGOS FRESCOS	21.29	3.73	0.05	3.72	2.76	0.88	1.11	33.54
UVAS FRESCAS	5.59	0.08	0.04	—	—	4.74	10.65	21.10
PIMENTÓN	6.30	10.56	0.09	—	—	—	2.35	19.31
LEGUMBRES Y HORTALIZAS CONGELADAS	8.07	4.67	0.56	0.08	0.89	0.65	3.69	18.60
AZÚCAR DE CAÑA EN BRUTO	16.26	—	—	—	—	—	0.03	16.29
CEBOLLA AMARILLA FRESCAS	12.95	0.04	—	0.01	—	—	0.19	13.19
HARINA DE FLORES DE MARIGOLD	0.20	—	—	—	—	—	12.97	13.17
GALLETAS DULCES	0.03	—	—	—	—	—	11.54	11.57
ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES	—	—	—	—	—	—	11.50	11.50
LEGUMBRES Y HORTALIZAS EN CONSERVA	0.47	10.58	0.01	0.10	—	0.01	0.20	11.37
CIGARRILLOS DE TABACO RUBIO	5.21	—	—	—	—	—	5.59	10.80
FRIJOLES DESVAINADOS PARA CONSERVA	6.80	0.02	—	0.07	0.01	0.03	2.75	9.68
LECHE EVAPORADA	0.12	0.05	—	—	—	—	9.35	9.51
DEMÁS FRÉJOLES EXCEPTO. PARA SIEMBRA	1.02	1.36	0.04	0.36	0.05	0.55	5.98	9.37
MANTECA DE CACAO	3.15	—	0.05	2.16	3.30	0.18	0.09	8.94
LEGUMBRES Y HORTALIZAS SECAS	2.22	—	4.84	—	0.22	—	0.50	7.78
PASTAS ALIMENTICIAS	—	—	—	—	—	—	7.48	7.48
MANDARINAS FRESCAS	0.04	0.18	—	2.27	—	3.04	1.84	7.37
PRODUCTOS DE PANADERÍA	0.30	0.01	0.01	—	—	—	7.03	7.35
TARA	1.15	0.02	0.42	0.02	0.34	—	4.74	6.69
BANANAS TIPO "CAVENDISH VALERY"	3.53	—	1.16	0.11	0.11	—	1.27	6.18
ACEITUNAS CONSERVADAS	0.35	—	—	—	0.04	—	5.13	5.52
25 PRINCIPALES PRODUCTOS POR PRINCIPAL PAÍS	217.24	89.92	77.57	33.99	29.19	21.01	154.86	623.78
OTROS PRODUCTOS	35.21	12.93	4.70	6.91	6.11	3.33	72.72	141.91
TOTAL GENERAL SEGÚN PRINCIPAL PAÍS	252.45	102.85	82.26	40.91	35.30	24.35	227.58	765.69

Fuente: ADUANAS

1.2 POTENCIALES DE LA TARA

La Tara es un recurso agrícola muy importante, posee un inmenso potencial clínico, alimenticio e industrial, siendo de gran utilidad para la producción de taninos, ácido gálico, gomas, colorantes y aceites.

Fig.1.5 Productos obtenidos de la Tara



Cuadro 1.9 Aplicaciones industriales de los productos obtenidos de la tara

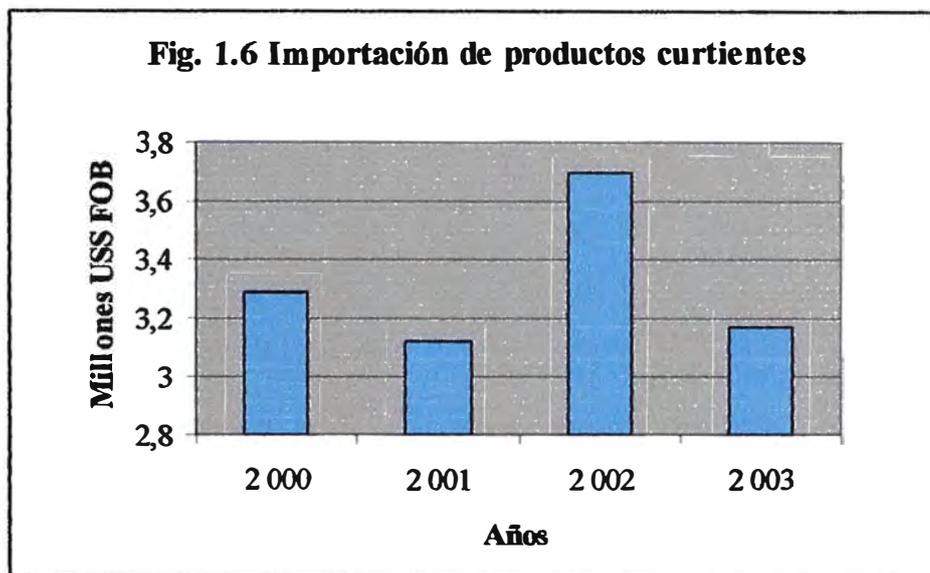
Productos de la tara	Campo de aplicación
Taninos	<ul style="list-style-type: none"> • Curtido de pieles • Clarificador de vinos • Fabricación de plásticos y adhesivos • Galvanoplastia y galvanizado • Industria del caucho
Colorantes	Teñido de lana y algodón
Ácido gálico	<ul style="list-style-type: none"> • Antioxidante • Elemento blanqueante o decolorante • Fotografía • Tintes
Aceite	Consumo humano
Gomas	<ul style="list-style-type: none"> • Industria alimentaria • Productos farmacéuticos y cosméticos • Industria del papel • Industria textil • Industria minera
Harina proteica	Alimento balanceado para pollos y vacunos

1.2.1 LA TARA COMO FUENTE DE TANINOS

Las vainas de Tara poseen un alto contenido de taninos (53% del polvo de Tara), el cual tiene numerosas aplicaciones en la industria tales como:

- En el curtido de pieles.
- Fabricación de plásticos y adhesivos.
- Conservación de aparejos de pesca.
- Industria de alimentos: Los taninos se usan como clarificadores del vino y como desincrustantes de las calderas de vapor.
- Protección de metales: Por su acción bacteriostática los taninos sirven como agentes conservadores de metales tales como el hierro, acero, aluminio, etc.
- Contra la acción corrosiva del medio ambiente y del agua.
- Perforación de pozos de petróleo.
- Sirve como materia prima para la elaboración de ácido gálico y tánico.

Por sus numerosas aplicaciones los taninos son muy apreciados en el mercado internacional, en el Perú solo se obtiene tara en polvo y un reducido porcentaje de extracto tánico, exportándose así solo la materia prima. Por otra parte, nuestro país incurre en cuantioso gastos producto de la importación de productos curtientes para la industria nacional, como se pueden apreciar en la Fig. 1.6. Por estas razones es una necesidad implementar tecnologías y fomentar inversiones en la elaboración de concentrado tánico. Así ya no solo se exportaría nuestra materia prima sino un producto manufacturado de gran potencial a nivel mundial, con lo cual se obtendrá mayores ingresos para nuestro país.



Fuente: ADUANAS

1.2.2 LA TARA COMO FUENTE DE ÁCIDO GÁLICO

De la vaina de Tara también se obtiene el ácido gálico que es utilizado como antioxidante en la industria del aceite, en la industria cervecera como un elemento blanqueante o decolorante, en fotografía, en tintes, como agente curtiembre, en manufactura del papel, en productos de farmacia y otros relacionados al grabado y litografía.

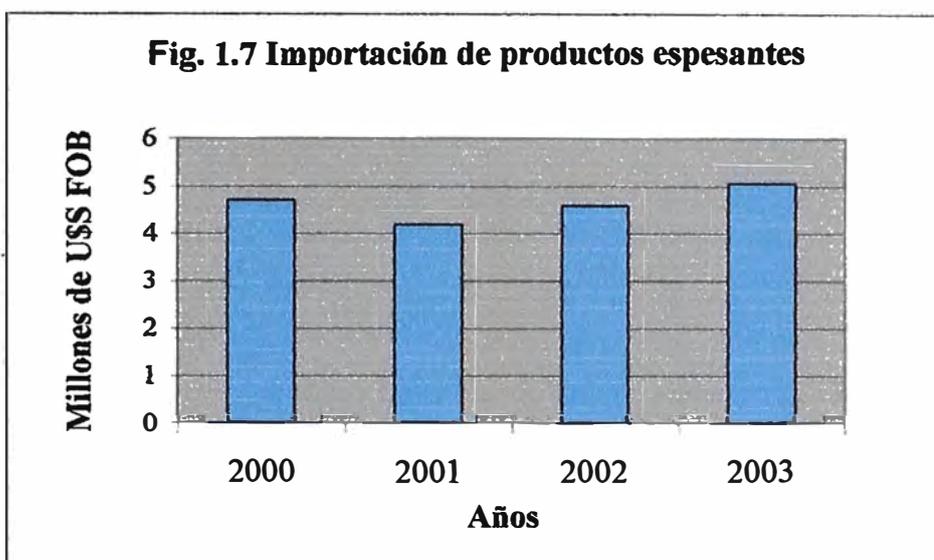
En el Perú la producción de ácido gálico es casi nula, solo se exporta el polvo de Tara, que sirve como materia prima para la elaboración de este producto. Últimamente se está utilizando la biotecnología para obtener ácido gálico de alta calidad y a bajo costo, siendo necesaria la investigación en esta materia a fin de obtener un producto de buena calidad capaz de competir con el mercado internacional y así dar trabajo y generar mayores divisas a nuestro país.

1.2.3 LA TARA COMO FUENTE GOMAS

Del endospermo de la semilla de Tara se obtiene una goma que puede ser usada como aditivo alimentario por sus propiedades espesantes. La goma de esta semilla da altas viscosidades a bajas concentraciones, tiene propiedades similares a otras gomas de semillas que se importan como la goma de guar y la de algarroba con lo cual se disminuirá sus importaciones. También puede reemplazar en algunas aplicaciones a las gomas importadas de otros orígenes, como son: el carboximetil celulosa, goma arábica, goma tragacanto, agar –agar etc.

El Perú importa cada año una gran cantidad de espesantes, insumo de amplia aplicación en la industria alimentaria, farmacológica, cosmetológica y grafica, generando cuantiosos gastos a nuestro país. En la Fig. 1.7 se muestran las importaciones de productos espesantes en los últimos años. Uno de los objetivos de esta propuesta es la de disminuir estas importaciones con el desarrollo de una tecnología para la producción en el Perú de la goma de Tara con propiedades capaces de reemplazar a las gomas importadas tanto de semillas como de otras fuentes.

En el año 1996 la Comunidad Europea aprobó el uso de la goma de Tara como aditivo alimentario, esto es muy importante porque permite la comercialización de la goma Tara a nivel mundial, siendo otro objetivo de este estudio el desarrollo de una tecnología a fin de obtener un producto de alta calidad que cumpla las especificaciones de este aditivo alimentario.



Fuente: ADUANAS

1.2.4 LA TARA COMO FUENTE DE ACEITES Y PROTEINAS

En la producción de goma de Tara se obtiene como desecho industrial la almendra, el cual tiene un alto contenido de proteínas (41%) de gran concentración de metionina y triftofano de buena calidad, por esta razón puede ser usado como alimento balanceado para pollos y vacunos.

De la almendra de la semilla de tara también se puede obtener aceite(22.67% en base seca), el cual está compuesto de 3.07% de ácido mirístico, 19.67% de ácido palmítico, 3.12% de ácido palmitoleico, 15.98% de ácido esteárico, 18.54 de ácido oleico y 34.2% de ácido linoleico, comprendiendo un total de 58.93% de ácidos grasos insaturados y 41.07% de ácidos grasos saturados. Este aceite de Tara se puede ubicar dentro del grupo “oleico-linoleico”, es decir son las más valiosas para el consumo humano.

De esta manera se puede aprovechar un desecho de producción de la goma de Tara (almendra o germen), que se desprende en la etapa quebrado-tamizado de la semilla tanto en la producción de alimento para animales como en la producción de aceite para consumo humano, generando así un mayor valor agregado al producto.

1.2.5 OTRAS APLICACIONES Y USOS DE LA TARA

- Pueden obtenerse colorantes de las astillas del tronco y de la vaina del fruto de buena calidad, e incluye los matices siguientes: 3 matices de negro, morado negruzco, amarillo paja, marrón oscuro, amarillo oscuro, color paja, azul oscuro y palo rosa
- Industrialmente se integra como parte de los medicamentos gastroenterológicos, para curar úlceras, cicatrizantes, por sus efectos astringentes, antiinflamatorios, antisépticos, antidiarreicos, antimicóticos, antibacterianos, antiescorbúticos y odontológicos, siendo más utilizados aquellos que producen constricción y sequedad
- Es utilizada, muy frecuentemente en la medicina tradicional para aliviar malestares de la garganta; sinusitis; infecciones vaginales y nicóticas; lavado de los ojos inflamados; heridas crónicas y en el diente cariado, dolor de estómago, las diarreas, cólera, reumatismo y resfriado, depurativo del colesterol.
- La madera sirve para la confección de vigas, viguetas, para construir viviendas; mangos de herramientas de labranza, Así como leña y carbón debido a sus bondades caloríficas.

1.3 GOMAS O HIDROCOLOIDES

Las gomas o hidrocoloides son producidas por ciertas estructuras complejas en las plantas superiores. Algunas plantas de la familia de las leguminosas pueden producir solamente una pequeña cantidad o en otros casos puede producirse en forma abundante, con notable incrustación sobre la superficie, como por ejemplo la goma de zapote.

Se han hecho varios estudios respecto al metabolismo de formación de algunas gomas en las plantas, Howes (1946) reporta que algunas gomas son parte o porción del metabolismo normal de algunas plantas, algunas gomas se originan de esta manera y pueden ser parte del contenido de células normales, como la goma de azúcar de remolacha. Otros creen (Thaysen y Bunker(1927)) que las gomas deben su origen a infecciones del tejido por algunas formas de microorganismos. En algunos casos la producción de goma ha sido atribuida al ataque de hongos, estos hongos son los responsables para que las enzimas penetren en los tejidos y transformen las células en gomas, esto puede ser el origen de las gomas producidas por la enfermedad de “gomosis” de ciertos árboles caducos y otros tantos.

En cambio el origen de la goma tragacanto y algunas gomas relacionadas se deben a que son producidas dentro de las plantas por la transformación de las paredes de la célula y zonas adyacentes de la capa medular, esta luego absorbe agua para hincharse y ejercer presión sobre el contorno de los tejidos circundantes. Como consecuencia, eventualmente exudan desde los tallos debido a lesiones o daños causados.

Las gomas presentes en el endospermo de las semillas de algunas plantas leguminosas (algarroba, tara, guar) están formadas principalmente de polisacáridos hidrocoloides de alto peso molecular, compuestos de unidades de galactosa y manosa.

1.3.1 DEFINICIÓN DE GOMAS

Las gomas o hidrocoloides son polímeros que están constituidos por unidades moleculares siguiendo una determinada secuencia. En estas unidades moleculares aparecen grupos hidrofílicos, hidrófobos y grupos iónicos. Estos grupos son los que actúan como lugar de interacción entre las propias gomas, el agua y los demás constituyentes químicos de los alimentos. La función de las gomas es atrapar el agua disolviéndose en estas de modo que aumente la viscosidad o consistencia del gel en los sistemas alimenticios.

De forma genérica se puede definir las gomas como largas cadenas ramificadas de alto peso molecular de estructura definida a lo largo de las cuales existen zonas específicas de reacción capaces de interactuar con otras cadenas de goma, con constituyentes alimentarios y con el agua. Esto originará una estructura semirrígida, desordenada que inmovilizará en su interior a otras moléculas presentes, mediante un sistema complejo de enlaces cruzados. Las gomas presentan cargas eléctricas en las partículas o macromoléculas, lo cual les permite formar puentes de hidrógeno con el agua, reduciendo la movilidad o fluidez e incrementando la viscosidad del medio.

1.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS GOMAS

Las gomas se pueden clasificar en tres grandes grupos: gomas naturales, gomas modificadas y gomas sintéticas:

a) Gomas Naturales

Son aquellas gomas que se pueden obtener de fuentes naturales tanto vegetal como animal, utilizando para ello procedimientos físicos, químicos o enzimáticos. Así por ejemplo, se muestra el Cuadro 1.10.

Cuadro 1.10 Fuente de las gomas naturales

Fuentes	Tipo
Exudado de árboles	Karaya Gatti Arábiga Tragacanto Zapote
Extracto de semillas	Tara Locust bean Linaza Tamarindo Guar
Extracto de algas	Furcellaran Carragenano Agar Alginatos
Frutas cítricas	Pectina
Animal	Gelatina
Fermentación microbiana	Xantano Dextrina

b) Gomas Modificadas.

Son gomas que son derivadas de algunos polisacáridos naturales (celulosa, almidón, goma de guar, goma de Locust bean, etc.), las cuales han sido modificadas para mejorar sus propiedades de aplicación, por ejemplo el almidón presenta problemas en alimentos ácidos o cuando estos deben calentarse o congelarse, inconvenientes que pueden obviarse en cierto grado modificándolo químicamente.

Una de las modificaciones más utilizadas del almidón es el entrecruzado (formación de puentes entre las cadenas de azúcar que forma el almidón), por ejemplo si los puentes se forman utilizando trimetafosfato tendremos el fosfato de dialmidón. Los entrecruzados dan geles mucho más viscosos a altas temperaturas que el almidón normal.

Otra modificación posible es la formación de ésteres o éteres de almidón (substitución), por ejemplo cuando se hace reaccionar el almidón con trípolfosfato se obtiene el fosfato de monoalmidón. Estos derivados son muy útiles para elaborar alimentos que deben ser congelados o enlatados.

Los derivados de la celulosa se obtienen químicamente por un proceso en dos etapas: en la primera la celulosa se trata con soda cáustica; en la segunda esta celulosa alcalinizada se hace reaccionar con distintos compuestos orgánicos según el derivado que se quiera obtener, un ejemplo es cuando se hace reaccionar con monocloroacetato de sodio para formar la carboxil metil celulosa.

A excepción de la carboxil metil celulosa, y a la inversa de los demás estabilizantes vegetales los derivados de la celulosa son mucho menos soluble en caliente que en frío. Las principales gomas modificadas se muestran en el Cuadro 1.11

Cuadro 1.11 Principales fuentes de las gomas modificadas

Fuente	Tipo
Derivados de celulosa	Carboxilmetil celulosa Celulosa microcristalino Metil celulosa Hidroxipropil metil celulosa Hidroxipropil celulosa Etil hidroxilico Etil celulosa Metil Etil celulosa
Derivados de almidón	Polidextrosa Fosfato de monoalmidón Fosfato de dialmidón Carboxilmetil almidón HidroxiEtil almidón Hidroxipropil almidón
Otras gomas modificadas	Carboxilmetil goma de algarrobo Carboxilmetil goma de guar Aliganato de propileno glicol

c) Gomas Sintéticas

Son gomas que no están presentes en la naturaleza, son sintetizados a nivel de laboratorio. Un ejemplo de goma sintética es el ácido poliacrílico, el cual absorbe enormes cantidades de agua. Absorbe muchas veces su propio peso por lo cual es usado en la fabricación de pañales, también se usa en la fabricación de geles para cabello.

Otra goma sintética de importancia es la poliacrilamida el cual es soluble en agua pudiendo formar geles con ella, se emplea para hacer lentes de contacto blando. Las principales gomas sintéticas se muestran en el cuadro 1.12

Cuadro 1.12 Fuente de gomas sintéticas

Fuente	Tipo
Polímeros vinílicos	Alcohol polivinílico Polímero carboxivinílico
Polímeros acrílicos	Ácido poliacrílico Poliacrilamidas
Otras gomas sintéticas	Polímero de oxido de etileno Carbopols Gantrezan

1.3.3 ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE LAS GOMAS

a) Estructura de las gomas de semillas.

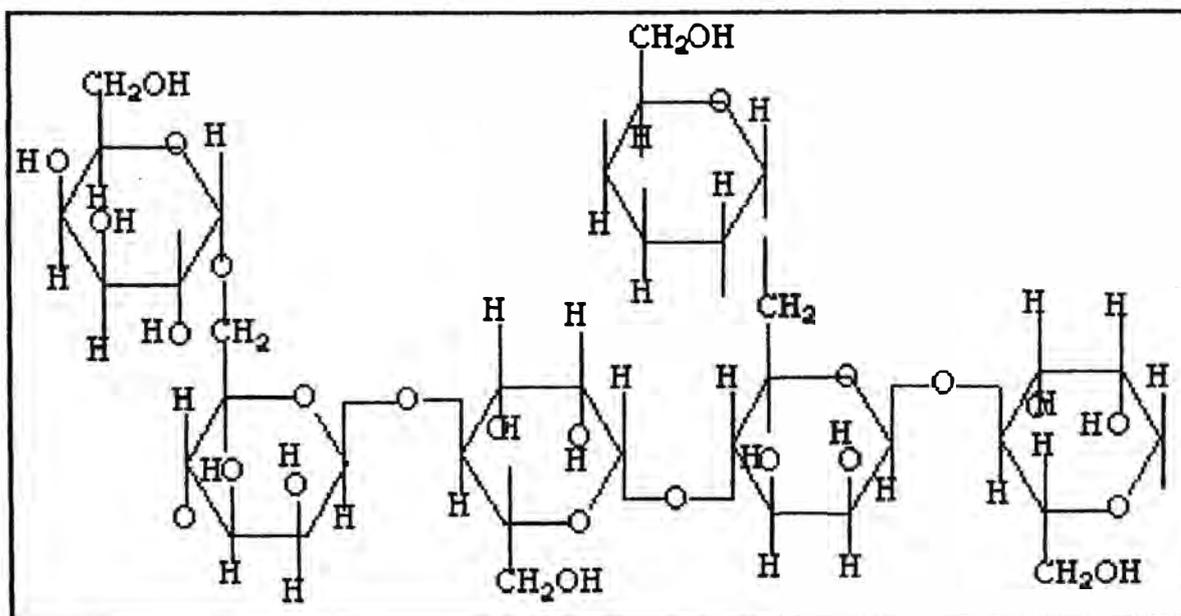
Las gomas de semillas están compuestas por galactomananos. Los galactomananos son polisacáridos compuestos de manosa y galactosa que son comúnmente encontrados en semillas de plantas leguminosas, particularmente en el endospermo.

La cantidad de galactosa y manosa varía de 81 % de manosa y 16 % de galactosa en la goma de sophora japónica, a 59% de manosa y 38% de galactosa en la goma de guar. Entre las principales gomas compuestas de galactomananos tenemos:

- **Goma de Guar**

La goma de guar es un galactomanano que se obtiene del endospermo de la semilla de *Cyamopsis tetragonolobus*, una planta anual que pertenece a la familia de las leguminosas. Su estructura tiene una cadena lineal de unidades de (1-4)- β -D-manopiranosas unidos con unidades de α -D-galactopiranosas con enlaces (1-6). La bifurcación lateral mayor de las moléculas de goma guar causa su mejor hidratación en agua fría, así como una mayor actividad en la fijación de hidrógeno. Hay aproximadamente 2 unidades de manosa por cada unidad de galactosa. En la Fig. 1.8 se observa la estructura de esta goma

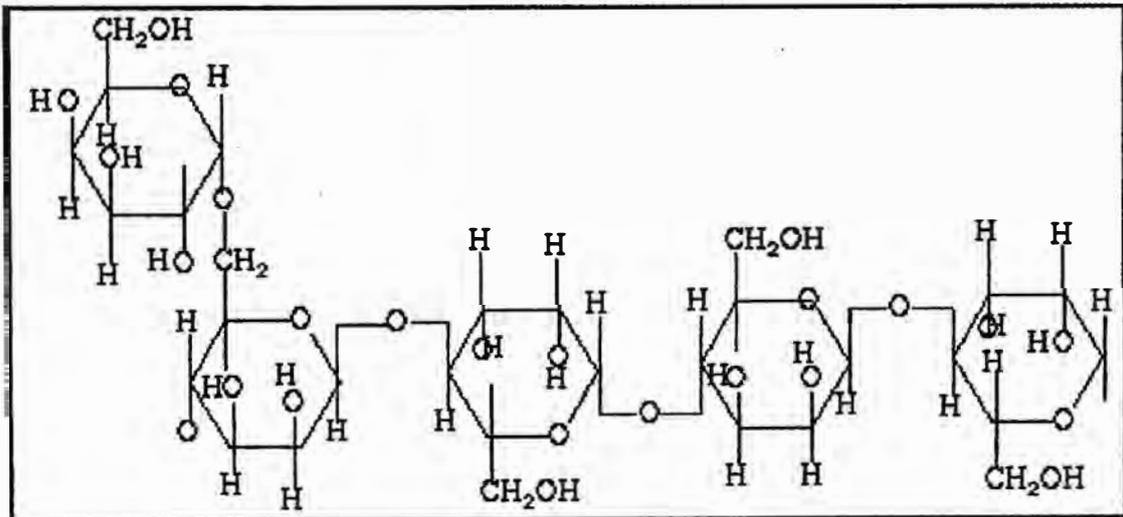
Fig. 1.8 Estructura de la goma de guar



- **Goma de Locust Bean**

La goma de Locust Bean es un galactomanano que se obtiene del endospermo de carob o locust bean (*Ceratonia siliqua L*), un árbol extensamente cultivado en la región mediterránea. Su estructura tiene una cadena lineal de unidades de (1-4)- β -D-manopiranosas unidas con unidades de α -D-galactopiranosas con enlaces (1-6). Tiene una proporción de manosa: galactosa de 4:1. En la Fig. 1.9 se muestra la estructura de esta goma

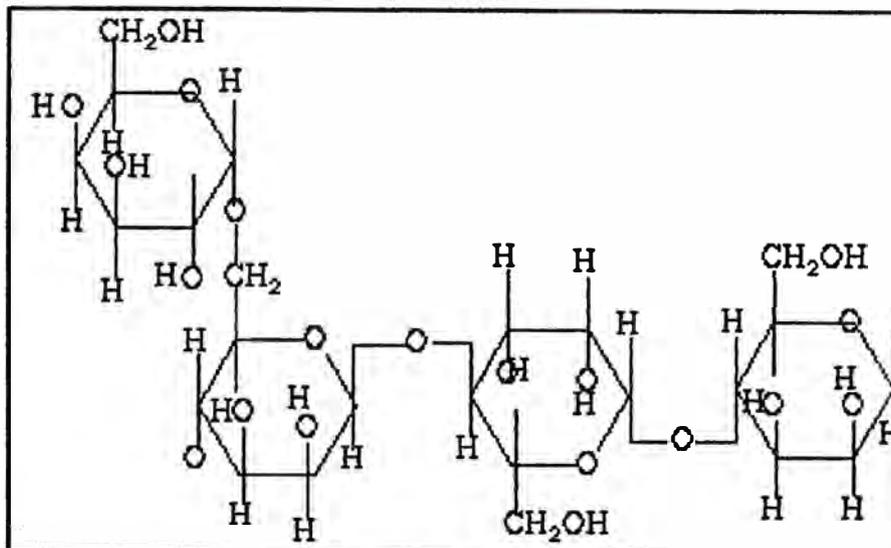
Fig. 1.9 Estructura de la goma de Locust bean



- **Goma De Tara**

La goma de Tara es un galactomanano que se encuentra en el endospermo de las semillas de la tara (*Caesalpinia tinctoria*), un árbol silvestre originario del Perú. Su estructura tiene una cadena lineal de unidades de (1-4) β -D manopiranosas unidos con unidades de α -D-galactopiranosas con enlaces (1-6). Tiene una proporción de manosa: galactosa de aproximadamente de 3:1. En la Fig. 1.10 se presenta la posible estructura de la goma de Tara.

Fig. 1.10 Posible estructura de la goma de Tara



b) Estructura de Gomas de Otras fuentes

- **Extracto De Algas**

En las gomas de extractos de algas en su mayoría están compuestas de cadenas de galactosa unidas en forma alternada, en posición α -(1→3) y β -(1→4). El Cuadro 1.13 muestra la composición de azúcares en las principales gomas de esta fuente.

Cuadro 1.13 Composición de azúcares de gomas de extracto de algas

Gomas	Unidades de azúcares
Agar-agar	D-Galactosa β -(1→4), 3,6 anhidro-L-galactosa α -(1→3) + grupos ácidos de ésteres sulfúricos
Carragenano	D-galactosa 3,6 Anhidro-D-Galactosa +grupos ácidos de ésteres sulfúricos

Fig. 1.11 Estructura del agar agar

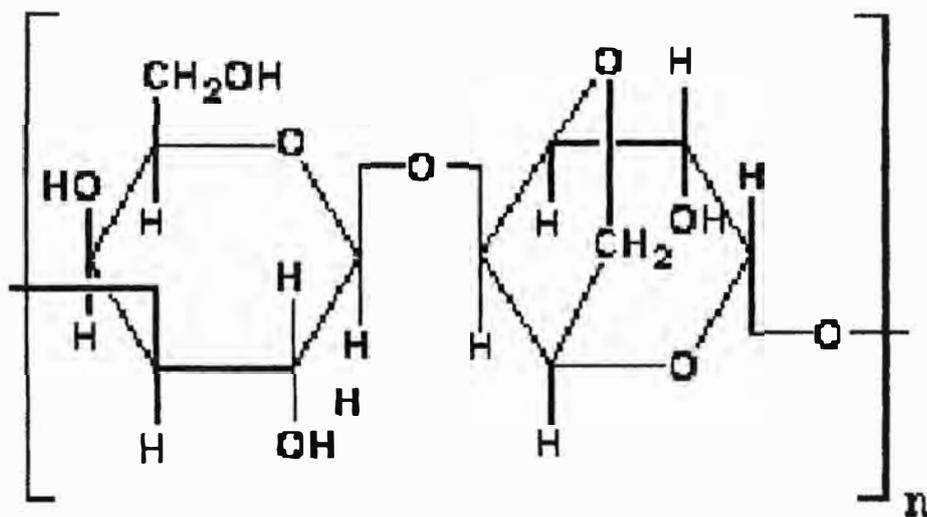
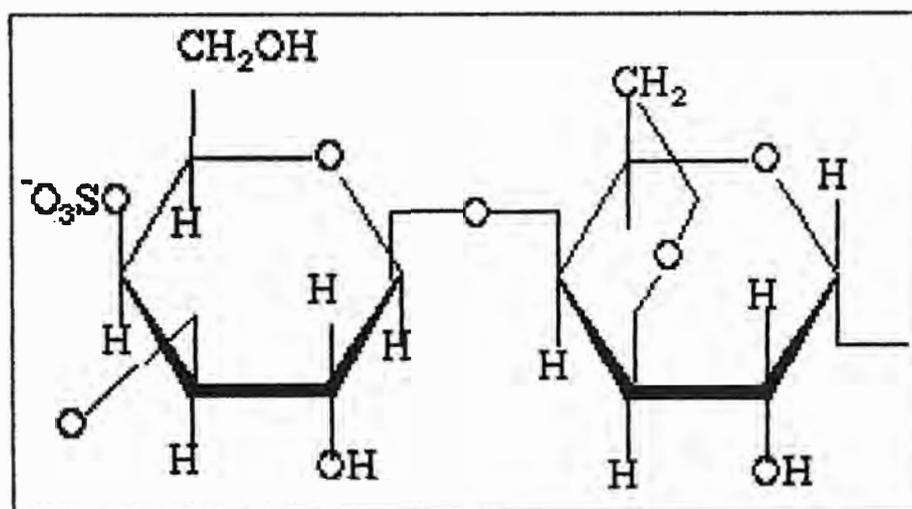


Fig. 1.12 Estructura del Carragenano



- **Exudado de árboles**

Los exudados de árboles tienen una estructura compleja de varios azúcares. En el Cuadro 1.14 se muestra la composición de azúcares en las principales gomas de esta fuente.

Cuadro 1.14 Composición de azúcar de gomas de exudado de árboles

Gomas	Unidades de azúcares
Arábica	L-arabinosa, D-galactosa, L-rhamnosa-D-ácido glucorónico
Ghatti	L-arabinosa, D-xylosa, D-manosa-D-ácido glucorónico
Karaya	D-galactosa, L-rhamnosa, D-ácido galacturónico
Tragacanto	D-galactosa, D-xylosa, D-ácido glucorónico

- **Derivados de celulosas**

La celulosa y sus derivados son unidades de glucosa en posición β unidas por enlace 1,4-glicosídicos. Los principales derivados son: carboxil metil celulosa y la celulosa metílica. En la Fig. 1.13 y 1.14 se presentan las estructuras de estos polisacáridos

Fig. 1.13 Estructura Del Carboxil Metil Celulosa-sal de sodio

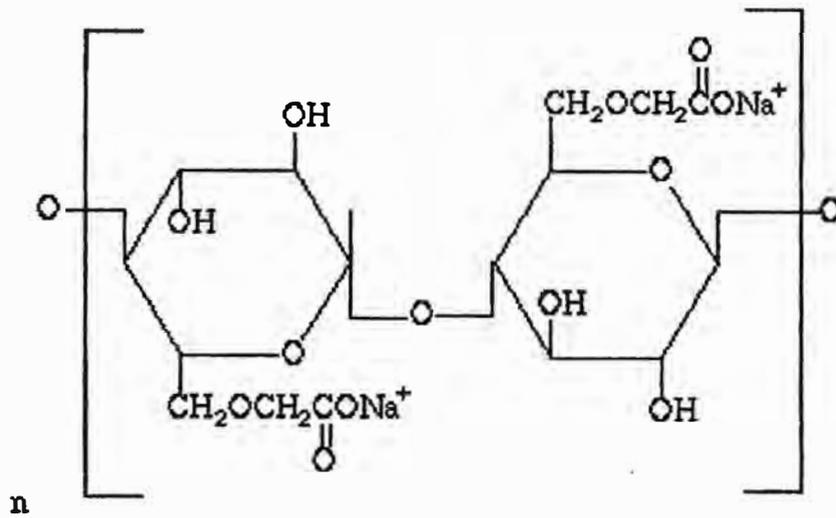
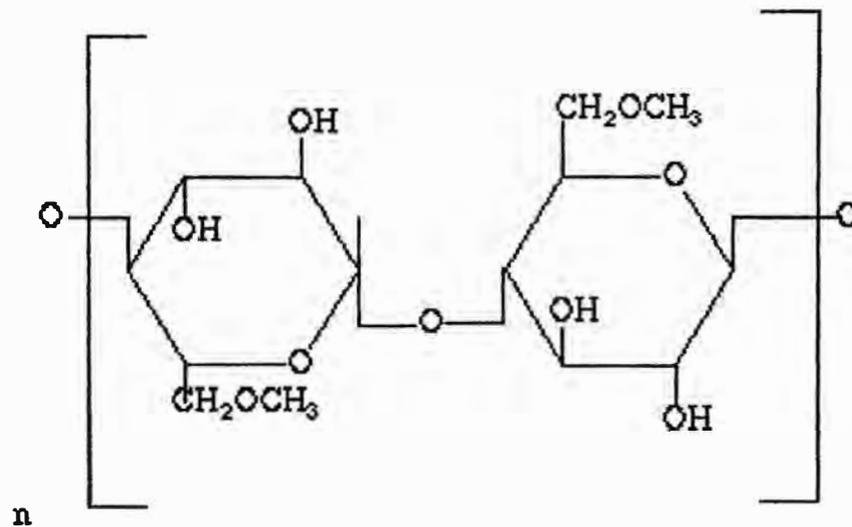


Fig. 1.14 Estructura De La Celulosa Metilica



1.3.4 PRINCIPALES GOMAS DE IMPORTANCIA

a) Goma Arábica

La goma arábica es un polisacárido obtenido a partir de exudados de árboles de la *Acacia Senegal (L)*, *Willdenow* y otras especies emparentadas de *acacia (familia leguminosae)*. Esta planta es cultivada en numerosos países, principalmente en Sudán (80 % de la producción mundial), Senegal, Malí y Mauritania

Es la más soluble en agua de todas las gomas, y tiene múltiples aplicaciones en tecnología de los alimentos: como fijador de aromas, estabilizante de espuma, emulsionante de aromatizantes en bebidas, en mazapanes, en caldos y sopas deshidratadas y en salsas. Se considera un aditivo perfectamente seguro, no conociéndose efectos indeseables.

b) Goma Tragacanto

Conocido también como goma de Basora y goma de Siria, se obtiene de especies del género *astrágalus gummifer*, de las familias de las *leguminosas*. La parte soluble de la goma llamada “tragantina” o ácido tragántico da con el agua un hidrosol coloidal. La parte insoluble denominada “basorina” se hincha en agua para formar un gel y constituye aproximadamente 60-70 % del total.

La viscosidad de la goma tragacanto es realmente una medida para valorar la goma y sirve de guía para su comportamiento como agente de suspensión y como emulsificador. Su capacidad para hincharse en agua y formar un gel con un contenido elevado de agua, hace que sea útil en la industria de alimentos como agente espesante o estabilizador de budines y aderezos para ensaladas, en la industria textil para el apresto y el estampado.

c) Goma de Guar

La goma de guar es un polisacárido obtenido de las semilla de 2 plantas leguminosas (*Cyamopsis tetragonobulos* y *C.psoraloides*), esta planta es cultivada extensamente en Pakistán y en menor escala en el sur oeste de los Estados Unidos. El endospermo (38%-45% de la semilla) que contiene la goma es separado de la proteína por medio de operaciones mecánicas. La goma de Guar es una sustancia neutra de la clase de galactomananos, contiene aproximadamente 2 unidades de manosa por cada unidad de galactosa, su principal propiedad es su habilidad para formar soluciones viscosas cuando es hidratada en un sistema de agua fría. Se usa como un agente espesante para los alimentos, dando viscosidades muy altas a bajas concentraciones específicamente en la industria de los helados, panadería, bebidas, aderezos y salsas.

d) Goma de Locust Bean

La goma de Locust bean es un polisacárido obtenido de las semillas de locust o carob bean (*cerratonia siliqua L*), la cual crece en la región costera del mediterráneo. La goma de locust bean es un polisacárido neutro de la clase de galactomananos, contiene aproximadamente 4 unidades de manosa por 1 unidad de galactosa. La goma de locust bean o algarroba es un polvo inodoro de color pálido o casi blanco que absorbe gran cantidad de agua, en agua fría se hincha poco a poco, pero hirviendo la solución se consigue rápidamente el máximo de hinchazón y viscosidad. La goma de locust bean no constituye ácidos urónicos como los exudados. Se usa en diversos preparados cosméticos, en jaleas farmacéuticas y en la elaboración de helados.

e) Agar – Agar

El agar se extrae con agua hirviendo varios tipos de algas rojas, entre ellas las del género *Gellidium*. El nombre procede del término malayo que designa las algas secas, utilizadas en Oriente desde hace muchos siglos en la elaboración de alimentos. A concentraciones del 1-2% forma geles firmes y rígidos, reversibles al calentarlas, pero con una

característica peculiar, su gran histéresis térmica. Esta palabra designa la peculiaridad de que exista una gran diferencia entre el punto de fusión del gel (más de 85 °C) y el de su solidificación posterior (según el tipo, menos de 40 °C). Se usa en repostería y en la fabricación de conservas vegetales, en derivados cárnicos, en la cuajada, helados y para formar la cobertura de conservas y semiconservas de pescado, así como en sopas, salsas y mazapanes. Teniendo en cuenta que es él más caro de todos los gelificantes, unas 20 veces más que el almidón, que es el más barato, se utiliza relativamente poco.

f) Goma Xantano

Es un producto relativamente reciente, utilizado solo desde 1969. Se desarrolló en Estados Unidos como parte de un programa para buscar nuevas aplicaciones del maíz, ya que se produce por fermentación del azúcar, que puede obtenerse previamente a partir del almidón de maíz, por la bacteria *xanthomonas campestris*.

No es capaz por sí mismo de formar geles, pero sí de conferir a los alimentos a los que se añade una gran viscosidad empleando concentraciones relativamente bajas de sustancia. La goma xantano es estable en un amplio rango de acidez, es soluble en frío y en caliente y resiste muy bien los procesos de congelación y descongelación. Se utiliza en emulsiones, como salsas, por ejemplo. También en helados y para estabilizar la espuma de la cerveza. Mezclado con otros polisacáridos, especialmente con la goma de algarrobo, es capaz de formar geles, utilizándose entonces en pudines y otros productos. Es muy utilizado para dar consistencia a los productos bajos en calorías empleados en dietética. Prácticamente no se metaboliza en el tubo digestivo, eliminándose en las heces. No se conoce ningún efecto adverso y tiene un comportamiento asimilable al de la fibra presente de forma natural en los alimentos.

1.3.5 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

a) Propiedades Físicas

En general la solubilidad, viscosidad y habilidad de formar geles de las gomas, dependen de las características químicas de las mismas, del contenido de galactomananos, grado de esterificación y peso molecular de los galactomananos.

1) Solubilidad

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

En el caso de la goma de Guar, esta es soluble en agua fría y en caliente, la goma de Locust bean es parcialmente insoluble en agua fría y completamente soluble en agua caliente.

Las gomas aumentan su sensibilidad a la 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, es por estos motivos que las gomas son insolubles en alcoholes y sales de metales.

2) Viscosidad

Podemos decir que todos los hidrocoloides poseen la propiedad de aumentar considerablemente la viscosidad del medio acuoso para concentraciones bajas, aproximadamente al 1%. Este poder espesante varía mucho de una goma a otra; es muy elevada para la goma xantano, los carragenanos, los derivados de la celulosa y los

galactomananos, pero está más limitado para las pectinas, la goma arábica y los almidones.

Mucha de las aplicaciones industriales de las gomas están basadas en la características viscosas de sus soluciones, la viscosidad de las soluciones de los hidrocoloides depende del grado de polimerización de los galactomananos, presencia de electrolitos, tamaño de partícula, tiempo, temperatura, concentración de la goma, pH de la solución y velocidad de corte.

En general, la viscosidad aumenta con un incremento en la concentración de los hidrocoloides y disminuyen con el incremento de la temperatura y la velocidad de corte.

3) Peso Molecular

Los hidrocoloides o gomas tienen alto peso molecular, los cuales varían de acuerdo a las fuentes de cada goma; a continuación en el Cuadro 1.15 se dan los valores de los pesos moleculares de las gomas más importantes.

Cuadro 1.15 Pesos moleculares de gomas importantes

Gomas	Peso molecular
Goma tragacanto	800 000
Goma de guar	50 000-8 000 000
Goma de Locust bean	50 000-3 000 000
Goma arábica	350 000
Goma xantano	1 000 000

Fuente: Comité Mixto FAO/OMS De Expertos En Aditivos Alimentarios

b) Propiedades Químicas

1) Reacción con Bórax

Los galactomananos forman geles con la adición de tetraborato de sodio (bórax), esta reacción es muy usada en la identificación de los galactomananos. El ión del borato actúa como un agente de vinculación cruzada con los galactomananos formando geles de estructuras cohesivas. La formación y fuerza de estos geles dependen del pH, temperatura y concentraciones de los reactivos. La influencia de la concentración de bórax se da en el cuadro 1.16.

La transformación de solución en gel es reversible ajustando el pH debajo de 7 o calentando. La nueva solución tendrá la misma viscosidad como la solución original.

Cuadro 1.16 Influencia del bórax en la goma de Locust Bean

0.2% de Locust bean	
Bórax(%)	Viscosidad (cst)
0.00	4
0.025	4.5
0.050	5.3
0.075	6.5
0.100	7.3
0.5	Gel

2) Sinergia De Los Galactomananos

Una mezcla de dos macromoléculas (gelificantes o no) puede, en ciertos casos, presentar fenómenos de sinergia que conduzcan a diferentes comportamientos reológicos y a veces, a gelificaciones, en el caso de que uno de los dos componentes sea capaz de gelificar.

Las gomas que en su estructura están compuestas por galactomananos los cuales son principalmente las que tienen como fuente las semillas de plantas leguminosas (goma de guar, goma de Locust Bean, goma de Tara) presentan fenómenos de sinergia con la goma xantano y los carragenanos teniendo como consecuencia un aumento de sus propiedades espesantes a menores concentraciones que cuando se aplican solas.

- **Sinergia de los carragenanos con los galactomananos**

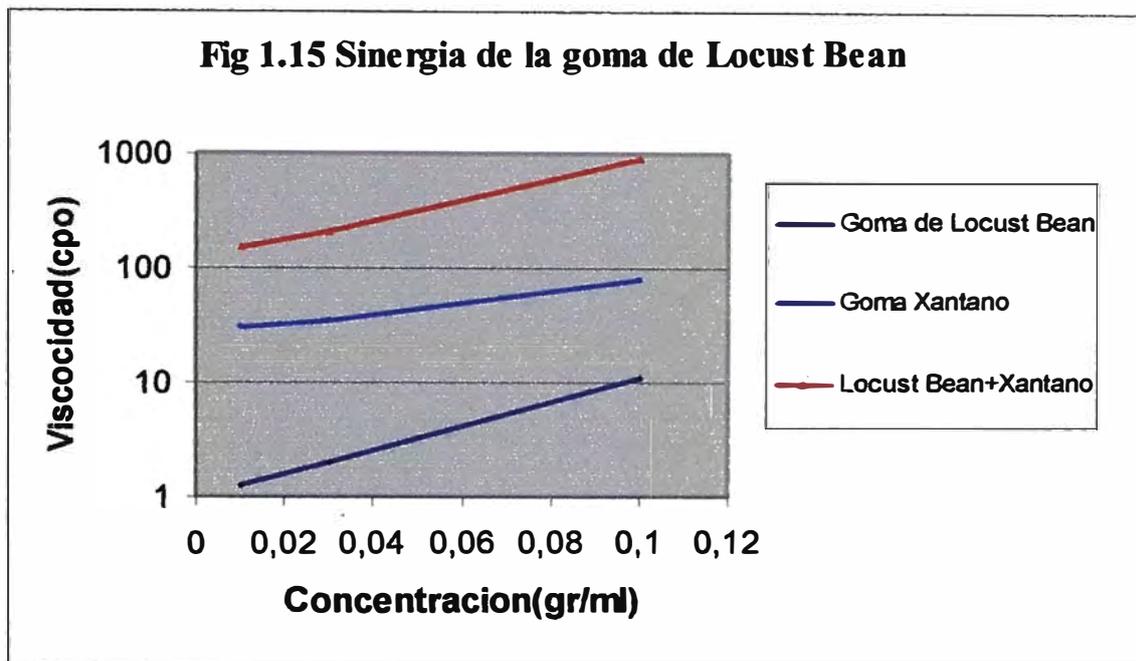
La existencia de interacciones entre los carragenanos y la goma de Locust Bean se ha aprovechado en beneficio industrial, es posible obtener un gel con una mezcla k-carragenano-galactomanano a una concentración, en carragenanos, inferior a la concentración en que gelifican solas.

Las naturalezas de las interacciones que se establecen entre los carragenanos y los galactomananos se explican por la existencia de zonas exentas de galactosa a lo largo de la cadena manano. Estas zonas “lisas” pueden asociarse, gracias a los enlaces hidrógeno, a las dobles hélices de los carragenanos. Cada macromolécula de galactomanano participa así en un gel tridimensional y refuerza la cohesión del gel.

- **Sinergia De La Goma Xantano Con Los Galactomananos**

La goma xantano, como la goma de Locust Bean, no gelifica por sí misma; no posee más que grandes propiedades espesantes. Pero una mezcla de estas dos gomas produce por calentamiento y enfriamiento un gel muy elástico. El mecanismo posiblemente sea una transición de la conformación de la xantano que le permite asociarse con las zonas

“lisas” de los galactomananos. El mismo esquema permite explicar la sinergia entre xantano y goma Guar. En este caso, no se produce gelificación pero se comprueba un aumento muy marcado de la viscosidad. La figura 1.15 muestra el efecto de la sinergia en la goma de Locust Bean con la goma xantano.



3) Derivados de los galactomananos

Los galactomananos dan reacciones de eterificación, estas son: carboximetilación con ácido monocloro acético, hidroxietilación con óxido de etileno, hidroxipropilación con óxido de propileno, y cuaternización con varias aminas cuaternarias.

Significantes cambios en las propiedades de los galactomananos ocurren cuando sus moléculas son substituidas con estos reactivos. El grado de cambio está en función del tipo de reactivo, de la cantidad de reactivo y de las condiciones de reacción. Muchos de los derivados de los galactomananos son diseñados para tomar ventaja de estos cambios para aplicaciones específicas. Por ejemplo, el Hidroxipropil guar, un derivado de la

goma de guar, ha sido diseñado para espesar soluciones divalentes y trivalentes de sales en el cual la goma de guar fracasa como se puede observar en el cuadro 1.17.

Cuadro 1.17 Compatibilidad de la Goma de Guar vs. Hidroxipropil Guar

Sales	Viscosidad(cpo)	
	Go ma de Guar	Hidroxipropil Guar
26% NaCl	9100	9450
38% CaCl ₂	20	7700
56% Ca(NO ₃) ₂	35	22500

4) Reacciones con sales

Los galactomananos dan fuertes reacciones con soluciones de ciertos cationes inorgánicos, por ejemplo la adición de gran concentración de sal de calcio dará un gel bajo condiciones alcalinas.

Otra característica importante es cuando un galactomanano en polvo es agregado a una solución de sal, el galactomanano no hidratará ni espesará la solución

5) Hidrólisis de las gomas.

En forma general las gomas son hidrolizadas por calentamiento con ácido sulfúrico o clorhídrico diluido. La goma arábica es hidrolizada con calentamiento con ácido sulfúrico(0.01-0.1N). Las gomas más estables como los galactomananos son hidrolizados con calentamiento (95-100°C) con ácido sulfúrico (1-2N) o con calentamiento con ácido fórmico concentrado(95%).

1.3.6 APLICACIÓN INDUSTRIAL DE LAS GOMAS

Las gomas o hidrocoloides tienen un amplio campo de aplicación en la industria alimentaria como estabilizantes, emulsionantes o espesantes. Aun cuando no contribuyen al aroma, sabor o poder nutritivo de los alimentos, pueden incidir en su aceptabilidad mejorando su textura o consistencia, un ejemplo típico de la aplicación de las gomas se da en la elaboración de néctares. Son también utilizados en la industria farmacéutica, papelería y textil, mejorando las propiedades de los diferentes productos elaborados. Otras propiedades apreciadas en los hidrocoloides son su acción coagulante, lubricante y formadora de películas, aun encontrándose a muy bajas concentraciones.

Las gomas de semillas de plantas leguminosas contienen en su estructura galactomananos, las cuales están compuestas por unidades de galactosa y manosa. En la goma de Guar la proporción de manosa/galactosa es de 2:1, en la goma de Algarroba es de 4:1 y en la goma de Tara es de 3:1. Los galactomananos tienen la propiedad de formar soluciones muy viscosas a bajas concentraciones, entre estos galactomananos la goma de guar y algarroba se han usado extensamente en la industria; la goma de Tara al tener propiedades similares puede remplazar sus potenciales de aplicación por lo tanto las aplicaciones de la goma de guar y algarroba también pueden ser las de la goma de Tara.

a) Aplicación en la industria alimentaria

La función de las gomas en los alimentos es la de atrapar el agua, es decir, se disuelve en agua. La capacidad de ligarse con el agua depende de varios factores entre los principales tenemos:

- Peso molecular alto.
- Presencia de grupos funcionales: aniónicos y/o catiónicos.
- Presencia de cargas eléctricas en las partículas o macromoléculas.

- Capacidad de formar enlaces con el agua a través de puente de hidrógeno. Mediante estos mecanismos, los hidrocoloides reducen la movilidad del agua, es decir reducen la fluidez aumentando la viscosidad del medio, llegando incluso al extremo a convertirse en un gel.

Por estas propiedades las gomas se utilizan en la industria alimentaria como:

- Estabilizantes : en la preparación de salsas, aderezos, ensaladas
- Espesantes: en la preparación de cremas para repostería y helados
- Emulsificante: en la preparación de mayonesas y pastas dentrificas.
- Gelificantes: en la preparación de mermeladas, confites, productos lácteos, cárnicos.
- Clarificantes: en la industria cervecera
- Encapsulante: en la elaboración de productos deshidratados.
- Inhibidor de cristales: helados y alimentos congelados.
- Inhibidor de sinéresis(perdida de liquido en un gel): quesos y alimentos congelados

En el cuadro 1.18 se da la aplicación de las más importantes gomas en los alimentos de acuerdo a su función y en el cuadro 1.19 se muestra las aplicaciones de la gomas de guar y algarroba en esta industria.



Fig. 1.16 Las gomas en la industria alimentaria

Cuadro 1.18: Aplicación de las gomas en los alimentos

Función	Aplicaciones	Gomas
Adhesivo	Cubierta de panadería	Agar agar
Agente de unión	Embutidos	Algarrobo
Agente controlador de calorías	Alimentos dietéticos	Arábiga
Inhibidor de cristales	Helados y jarabes	Alginatos, arábiga, CMC, tragacanto
Agente clarificante	Cerveza, vino	Carragenina, agar agar
Agente nebulizante	Jugo de frutas	Arábiga
Agente de cobertura	Confitura	Arábiga
Emulsificantes	Salsa para ensaladas	Arábiga, Alginatos
Agente encapsulante	Sabores en polvo	Goma arábiga
Formador de películas protectoras	Cobertura o empaque de embutidos	Alginatos de sodio, almidón
Agente floculante	vinos	Alginatos de sodio
Estabilizador de espuma	Cerveza, crema chantilly	Alginatos, arábiga, Carragenina
Agente gelificante	Pudines y postres	Pectinas, Alginatos, agar agar , Carragenina
Moldeo	Gotas de gomas, caramelos suaves	Arábiga
Coloides protectores	Emulsiones de jabón	Arábiga
Estabilizador	Cerveza y mayonesa	Arábiga, guar, algarrobo, Carragenina, CMC, tragacanto, pectina, alginato.
Agente de suspensión	Leche chocolatada(malteado)	Carragenina
Agente de hinchamiento	Carnes procesadas	Guar
Espesamiento	Mermeladas y salsas	Guar, algarrobo, tragacanto, arábiga, almidón
Inhibidor de sinéresis	Quesos, alimentos congelados	Carragenina, algarrobo, guar
Agente de batido	Marshmellow, batido de huevos	CMC

Fuente: Glicksman (1979), Kirk y Othmer (1966), Jonson y Peterson(1974)

Cuadro 1.19: Aplicación de la goma de guar y algarroba

Aplicación de la goma de guar y algarroba en alimentos

- La goma guar y algarroba se usan como espesante o modificador de viscosidad. Se aplican en los estabilizadores de helado, sobre todo a temperatura alta, en procesos de tiempo corto donde las condiciones requieren 80 ° C durante 20 a 30 segundos.
- Se usa en una variedad de productos de queso suaves, en quesos crema procesados y pasteurizados
- Se usan en la preparación de jaleas, pudines y yogur.
- Alimento para mascotas
- La Goma Guar y algarrobo, 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.
- La goma guar y algarrobo se usan en pasteles y masas de bizcocho, goma guar produce un producto más suave que se saca fácilmente de los moldes y se rebana fácilmente sin desmenuzarse.
- La Goma Guar y algarrobo actúan 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 Guar y algarrobo son útiles espesando diferentes bebidas de fruta y bebidas dietéticas sin azúcar.
- La Goma Guar y algarrobo se usan en combinación con el carragenato para estabilizar jarabes de chocolate y mezclas de chocolate en polvo.
- La propiedad para espesar de la goma guar y algarrobo se usan para mantener la estabilidad y apariencia de aderezos, salsas de encurtidos, aderezos condimentados y salsas de barbacoa.

Fuente: James K. Seaman (Celanese plastic and Specialties Company)

b) Aplicaciones en otras industrias

Las gomas o hidrocoloides también se usan en otras industrias, las más importantes se presentan en el cuadro 1.20 y las principales aplicaciones de la goma de guar y algarrobo se muestran en el cuadro 1.21

Cuadro 1.20 Aplicación de las gomas en otras industrias.

Industrias	Gomas
Adhesivos	<ul style="list-style-type: none">• Son muy usados como adhesivos las gomas de exudado de plantas, como por ejemplo la goma tragacanto.
Cosmética	<ul style="list-style-type: none">• Goma tragacanto en la fabricación de pastas dentales• Son usadas como emulsionante en los cosméticos
Metalúrgica	<ul style="list-style-type: none">• Efecto de la goma tragacanto en la deposición del cobre• Efecto de la goma arábica en la corrosión del cinc y electrolisis del sulfato de cinc• Efecto de la goma arábica en reacciones electrolíticas
Médica y farmacéutica	<ul style="list-style-type: none">• La goma tragacanto como componente de las jaleas medicinales• Tragacanto, locust bean gum y karaya como laxantes.• La goma karaya como medicina y preparaciones farmacéuticas
Emulsiones	<ul style="list-style-type: none">• Formación de emulsiones con goma arábica, tragacanto y karaya• Gomas en emulsiones cosméticas• Goma tragacanto para emulsificar repelentes de insectos• Goma arábica para estabilizar emulsiones en el kerosene

Cuadro 1.21 Aplicación de las goma de guar y algarroba en otras industrias

Industria	Aplicación
Productos Farmacéuticos Y Cosméticos	<ul style="list-style-type: none"> • Goma Guar y algarrobo se usan 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
Industria Del Papel	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza como agente retenedor de humedad en los procesos de manufactura de papel confiriéndoles características especiales. • Se usa también como corrector de irregularidades en las prensas y calandras
Industria Minera	<ul style="list-style-type: none"> • Goma Guar se usa como floculante en el proceso de separación de líquidos de sólidos por medio de filtración, sedimentación y clarificación • Goma guar y algarrobo acelera la sedimentación de lodos suspendidos y facilita su remoción. También se usa como depresor de talco en operaciones de minería
Industria Textil	<ul style="list-style-type: none"> • Los derivados de Goma Guar y algarrobo se usan en los procesos de impresión por rodillo o de silk screen, así como en agentes de acabados. Estos derivados también se usan como espesativo de pastas de impresión.
Explosivos	<ul style="list-style-type: none"> • Como agente impermeabilizante, la goma guar se ha usado para producir un explosivo de nitrato de amonio resistente al agua.
Tratamiento de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Goma Guar aumenta el tamaño de los floculos 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.

Fuente: James K.Seaman(Celanese Plastic and Specialties Company)

CAPITULO II

II. TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN DE LA GOMA DE LA SEMILLA DE TARA

2.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE GOMAS DE SEMILLAS

Las gomas de semillas son extraídas por diversos métodos, el método a usar va a depender de las características de la semilla, de la pureza y de la característica organoléptica de la goma que se desea obtener. Sus principales métodos son:

2.1.1 Extracción por vía seca

También llamado tratamiento térmico, este método consiste en someter a la semilla a un shock térmico de 200 a 300 °C, por 2 a 5 minutos hasta que el endospermo pueda separarse de los demás componentes de la semilla, luego se realiza un quebrado grosero en un molino, aprovechando la diferencia de durezas que existen entre ellas. El siguiente paso es seleccionar el endospermo y molerlo finamente. Este método da un producto con gran cantidad de partículas insolubles en agua y con un alto contenido de impurezas.

2.1.2 Extracción por vía húmeda

Consiste en someter a la semilla a un quebrado o molido grosero, luego se mezcla con agua, se adiciona algunas veces soda cáustica (extracción alcalina) y otras veces ácido cítrico (extracción ácida), la mezcla se somete a ebullición para extraer la goma y luego se deja enfriar. La solución que contiene goma, cáscara y almendra, se filtra en un tamiz y luego se pasa por un filtro prensa, se purifica y se concentra para eliminar el exceso de agua, luego la solución pastosa se somete a un secado por aire caliente. Por último se pulveriza y se envasa. Este método es recomendado por el Dr. Masón (1970), para la extracción de goma de la algarroba europeo (locust bean), en el cual se usó una relación 1:20 (1 g de semilla por 20 mL de agua) y tiempo de ebullición de 2 horas. La

desventaja de este método es la coloración de la solución debido a la solubilización de la cáscara, con lo cual se obtendrá un producto coloreado y poco atractivo para su comercialización.

2.1.3 Extracción por tratamiento químico

Consiste en someter a la semilla a un tratamiento en medio básico (NaOH 30%) durante una hora, luego se lava la semilla hasta obtener neutralidad en el agua de lavado, se seca por convección a una temperatura menor de 40 °C, por 48 horas. Las semillas tratadas se remojan en agua por dos horas, se desprende la cáscara por fricción y se secan nuevamente. El endospermo se separa manualmente de los componentes de la semilla, se seca y se muele finamente.

2.2 MÉTODOS DE PURIFICACIÓN DE LAS GOMAS

2.2.1 Purificación Con Alcohol

Este ha sido el principal método de purificación de las gomas. La técnica consiste en precipitar la solución gomosa (previamente filtrado las impurezas), con la adición en forma gradual de alcohol (puede ser etanol o isopropanol), hasta precipitación, el principio se basa en un desbalance de cargas eléctricas en las moléculas de los hidrocoloides por acción de agentes precipitantes. La desventaja de este método es la tendencia a la coprecipitación, pero esto se supera con una segunda precipitación con alcohol. Adicionalmente se le puede remover las cenizas e iones metálicos con lavado con alcohol acidulado.

2.2.2 Purificación con otros polisacáridos

Este método se usa cuando se tiene que purificar una mezcla de polisacáridos que tienen similar estructura, los cuales son difíciles de separar, sugiriéndose entonces que uno de los polisacáridos sea usado para purificar el otro, y logrando que el nuevo complejo

de polisacárido formado pueda ser separado por medio de tratamiento químico o enzimático. Un ejemplo de esta técnica es el uso de celulosa para formar complejo con la amilosa con el cual se consigue su separación de la amilopectina.

2.2.3 Diálisis

Este método consiste en el sometimiento de la solución gomosa proveniente del filtro a una serie de placas superficiales, promoviendo que agua destilada fluya por los exteriores, de tal manera que por difusión y diferencia de presiones el agua arrastre las impurezas del extracto.

2.2.4 Precipitación Con Sales Metálicas

Otro método usado para la purificación de la goma ha sido la utilización de sales metálicas, tales como cloruro de calcio, de aluminio y otras sales de cobre, níquel y hierro y su posterior remoción de estos iones con lavados con alcohol acidulado. La desventaja de este método es la remoción de estos cationes en el producto final, lo cual es muy difícil.

2.3 EXTRACCIÓN DE LA GOMA A NIVEL DE LABORATORIO

2.3.1 Elección del método usado en la extracción de la goma

El método usado para la extracción de la goma es una combinación de los métodos de extracción por vía seca y vía húmeda, es decir se realiza un tratamiento térmico a la semilla con el objeto de separar el endospermo de los demás componentes seguido por una solubilización con agua caliente del endospermo molido. La elección de este método se justifica por las siguientes razones:

- Se elige este método porque permite obtener una goma con un alto nivel de pureza y buenas características organolépticas.

- Se prefiere este método que el del tratamiento químico porque evita la contaminación del medio ambiente con los efluentes de hidróxido de sodio.
- Se prefiere este método que el de extracción por vía seca porque nos da una goma con un alto nivel de pureza y sin partículas insolubles.
- Se prefiere este método que el de extracción por vía húmeda porque en la etapa de solubilización no se contamina con los otros componentes de la semilla los cuales afectan la calidad del producto.

2.3.2 Procedimiento experimental A nivel de laboratorio.

a) Acondicionamiento de la materia prima

1) Despepado

Las semillas son extraídas de la vaina de tara (hay de 4 a 7 semillas por vaina), lo cual se realiza manualmente. A nivel industrial se pueden usar máquinas despepadoras.



Fig. 2.1 Separación de la semilla de la vaina

2) Limpieza de las semillas

Las semillas pueden estar contaminadas con taninos y cáscara proveniente de la vaina, lo cual contaminará la goma, por tal motivo es necesario eliminar aquellas impurezas. Esta limpieza se realiza manualmente sacudiendo la semilla con ligeras infusiones de aire, a nivel industrial esto se realiza con un limpiador vibratorio con corriente de aire.

3) Clasificación de las semillas.

Es importante la clasificación por tamaño de las semillas, que permitirá un quebrado de la semilla más homogéneo, esta clasificación se realiza con un tamiz de 6 mm de diámetro.

b) Separación del endospermo de la semilla

1) Tostado

En esta etapa se hace tostar la semilla en un tiesto a una temperatura de 200°C durante 1 a 2 minutos, se debe de mover constantemente para evitar quemar el endospermo. Un menor tiempo de tostado no separará bien el endospermo de la cáscara pudiendo quedar parte de la cáscara adherida al endospermo, y un mayor tiempo de contacto puede quemar el endospermo.

2) Quebrado

Esta operación tiene como objetivo separar el endospermo de la cáscara y la almendra aprovechando la diferencia de dureza que existe entre ellas. Para lo cual se muele con mucho cuidado para no quebrar el endospermo y tener un mayor rendimiento, con lo cual se obtiene hojuelas de gomas de aproximadamente 6 mm de diámetro. Esta operación se realiza con un molino manual, a escala industrial esto se realiza con un molino de martillo.

3) Tamizado

En el tamizado se obtiene tres fracciones: la primera fracción la constituyen hojuelas de endospermo de 6 mm aproximadamente con muy pocos restos de cáscara y almendra, la segunda fracción goma partida con restos de cáscara y almendra de aproximadamente 2 a 3 mm, y la tercera fracción almendra y cáscara en polvo. Con fines de facilitar la separación del endospermo se trabaja solo con la primera fracción por encontrarse esta con un tamaño adecuado para su posterior separación, para este propósito se usa un tamiz de 5mm de diámetro.

4) Selección

En esta etapa se separa la almendra y partículas de cáscara adheridas al endospermo que no se ha logrado separar en el proceso anterior quedando el endospermo libre de estas impurezas. Con fines de facilitar la separación del endospermo se trabaja con la primera fracción del tamizado (hojuelas de endospermo de aproximadamente 6 mm de diámetro con pocos restos de cáscara y almendra). La selección se realiza manualmente escogiendo semilla por semilla hasta que el endospermo quede totalmente limpio. Es importante la limpieza total del endospermo porque de ella depende la pureza y calidad del producto.

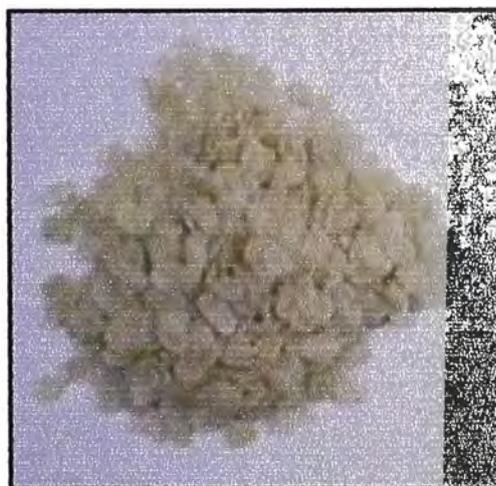


Fig. 2.2 Endospermo limpio

5) Molienda.

El endospermo limpio se muele a un tamaño de partícula de 0.8mm, lo cual se realiza con un molino manual, a escala industrial se usa un molino de martillo o de rodillo.

c) Solubilización.

En esta etapa se solubiliza el endospermo molido en agua caliente para extraer la goma de los demás componentes del endospermo. La temperatura de solubilización no debe de ser mayor de 80°C, porque temperaturas mayores a esta solubilizarán mayores cantidades de pigmentos que colorearán la solución. En esta etapa se controlan variables como pH, temperatura de solubilización, tiempo de solubilización y relación carga / solvente, las cuales se han de evaluar para obtener un rendimiento máximo de goma

d) Purificación

Esta etapa consiste de cinco operaciones: filtración, precipitación con alcohol 96° , lavado con alcohol 96, lavado con alcohol acidulado 96, lavado con alcohol 70 ° y prensado

1) Filtración .

Luego de la etapa de solubilización la solución se filtra con el objeto de separar las materias insolubles de la solución. Lo cual se realiza con una tela nylon, también se puede usar tela tucuyo.

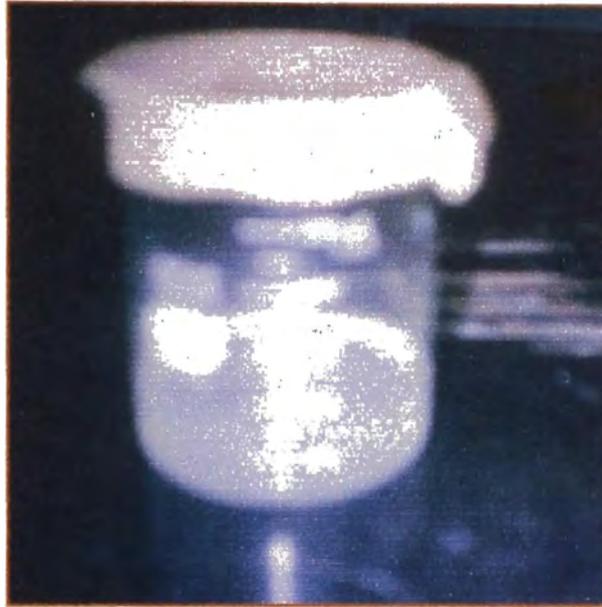


Fig: 2.3 Filtrado de la solución gomosa

2) Precipitación

Filtrada la solución se hace precipitar la goma con alcohol etílico(96°), la precipitación se realiza a temperatura ambiente formándose un coagulo de color blanco. Esta precipitación se debe realizar con un exceso de alcohol porque un déficit de alcohol no precipitará toda la goma, quedando restos de ellas en solución, lo cual dificultará el lavado y se obtendrá menores rendimientos.



Fig 2.4 Coagulo de la goma de Tara

3) Lavado con alcohol 96°

El coagulo proveniente de la precipitación se lava con etanol 96°, Se realiza este lavado para precipitar los restos de gomas que no han precipitado en el proceso anterior.

4) Lavado con alcohol acidulado 96°.

Se realiza un segundo lavado con alcohol acidulado 96°, el alcohol acidulado se usa para retirar las cenizas y iones metálicos de la goma

5) Lavado con alcohol neutro 70°

Se realiza un tercer lavado con alcohol 70° para retirar las impurezas y cenizas que puedan haber quedado en los lavados anteriores.

e) Prensado

En este proceso se retira los restos de alcohol remanente para que el secado sea más rápido y llevar menos carga a la estufa, el prensado se realiza manualmente con una tela muy fina dándole presión. Como resultado del prensado se obtiene la goma parecida a una tela o algodón.

f) Secado

Para que el secado sea más uniforme y eficiente se debe disgregar la goma para luego secarlo en una estufa a $T=60^{\circ}\text{C}$ por 4 horas, mayores temperaturas de 60°C quemarán el producto.

g) Molienda.

Se muele la goma con un mortero hasta un polvo fino, como resultado de este proceso se obtiene una goma de color blanco muy atractivo para su comercialización, a nivel industrial se puede usar molinos de bolas



Fig. 2.5 Goma de Tara en polvo

Fig.2.6 Diagrama de flujo para la extracción de goma de la semilla de Tara

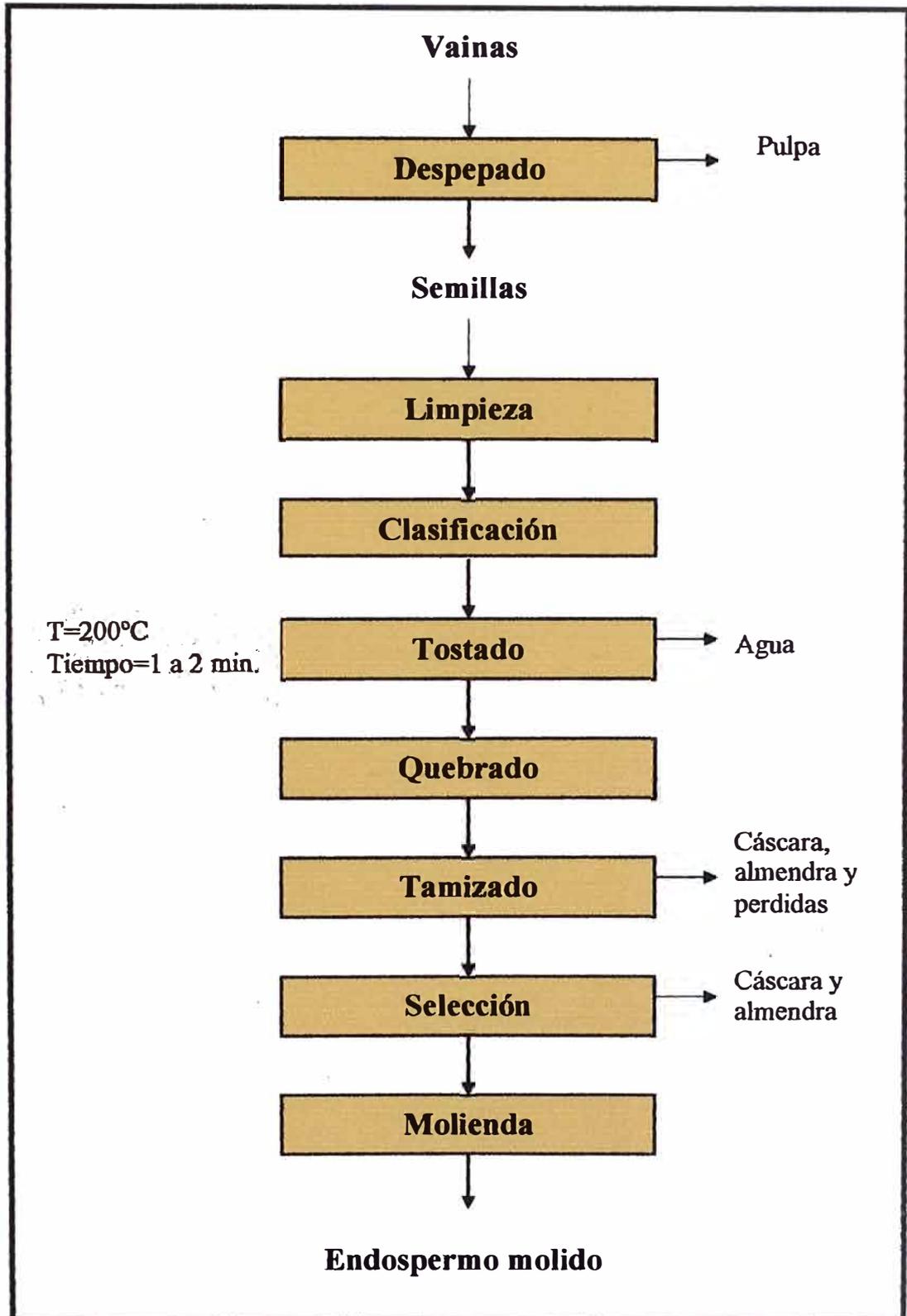
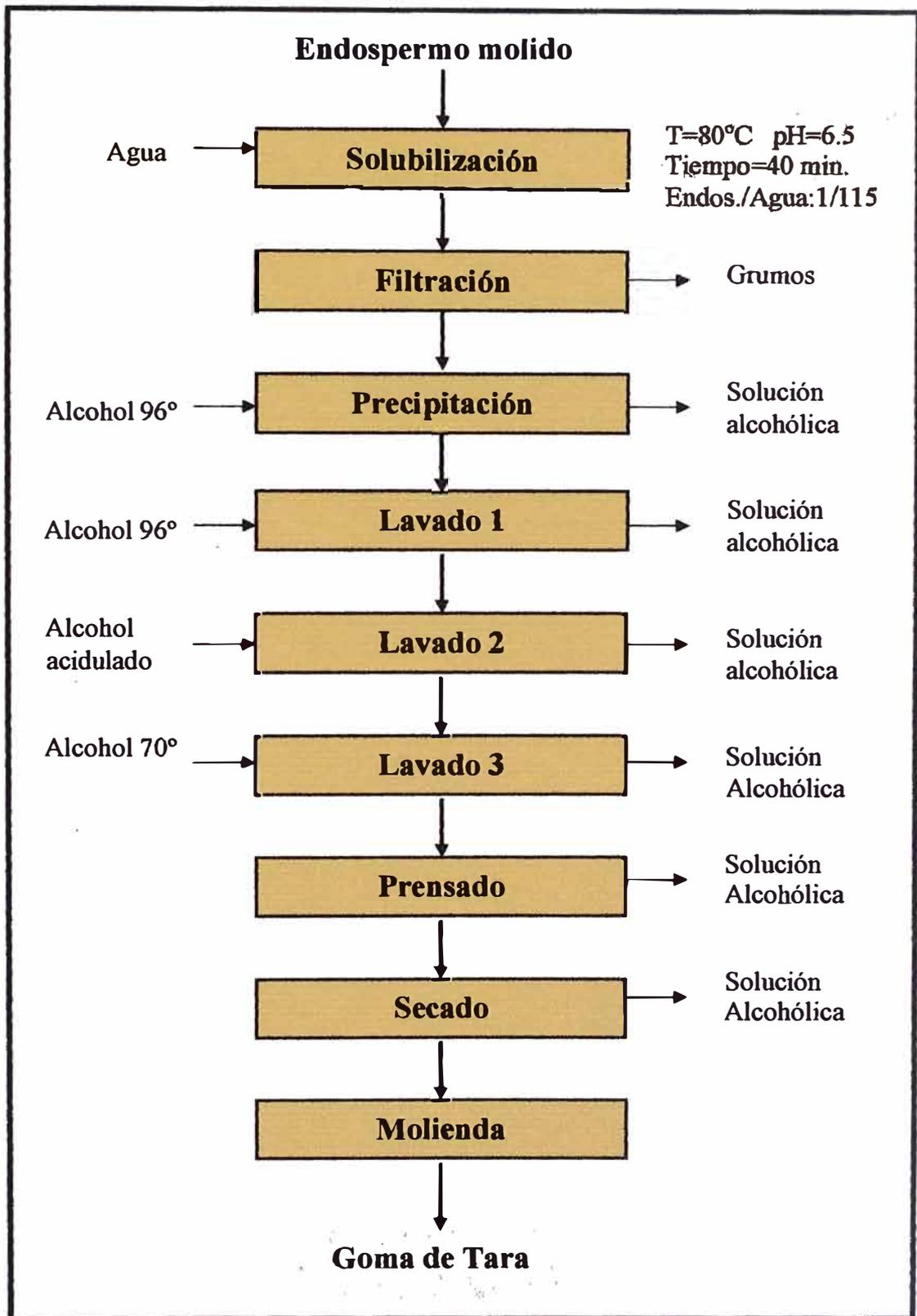


Fig. 2.7 Diagrama de flujo para la extracción de goma de la semilla de Tara (continuación)



CAPITULO III

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Caracterización de la materia prima

En el cuadro 3.1 se presentan las características promedio de la semilla de Tara obtenidas en laboratorio y tomadas de una muestra de 100g de semilla.

Cuadro 3.1 Características de la semilla de Tara	
Color	Marrón oscuro
Forma	Ovalada
Diámetro promedio	0.75 cm
Contenido de cáscara	38.60 %
Contenido de almendra	26.30 %
Contenido de endospermo	27.60 %
Humedad	8.52 %
Cenizas totales	3 %

3.2 Análisis de rendimiento en la etapa de solubilización y separación de la goma

En la etapa de solubilización y separación de la goma se establece cuatro variables independientes tales como:

- Temperatura de solubilización, con esta variable se ensaya cuatro niveles: 40, 60, 80 y 95 °C
- Relación Carga Solvente (Relación del endospermo molido y agua), con esta variable se ensayan cinco niveles: 1/105, 1/110, 1/115, 1/1125 y 1/150
- pH de la solución, también se trabaja con cinco niveles: 4, 5, 6.5, 8 y 9
- Tiempo de solubilización o tiempo de contacto de la solución, con esta variable se ensaya 6 niveles: 10, 20, 30, 40, 50, y 60 minutos

El objetivo de esta fase del proyecto es el de encontrar una combinación de estas variables que permitan obtener un mayor rendimiento de goma de buena calidad para lo cual se utiliza un diseño experimental completamente al azar, variando una variable independiente en estudio y manteniendo constante las otras tres, originando un total de 20 tratamientos con tres repeticiones cada una

3.2.1 Materiales y reactivos

- 1 vaso de 300ml
- 1 bagueta
- 1 plancha de calentamiento
- 1 termómetro
- Tela nylon
- Tela fina
- Alcohol 96°
- Alcohol 70°
- Ácido cítrico
- Bicarbonato de sodio e hidróxido de sodio

3.2.2 Procedimiento

- Pesar 2g de endospermo molido (0.8mm de tamaño de partícula), el cual se le solubiliza en agua caliente en un vaso de 300ml con agitación constante, variando el parámetro en estudio y manteniendo constante los otros.
- Al terminar la extracción, filtrar la solución en una tela nylon para retirar la materia insoluble (se hace dos filtrados para cada ensayo).
- La solución filtrada se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Proceder a la precipitación con alcohol 96°
- Lavar el precipitado con alcohol etílico 96°, un segundo lavado con alcohol acidulado 96 ° y un tercer lavado con alcohol 70°.
- Prensar el coagulo empleando una tela fina, el nivel de presión es manual
- Disgregar y secar el coagulo a una temperatura de 60°C durante 4 horas.
- Moler el producto con un mortero.
- Pesar el producto
- El rendimiento se obtiene de la relación:

$$Rend = \frac{W_{goma}}{W_{endos}} \times 100$$

3.2.3 Influencia de las variables en estudio en la extracción de la goma.

a) Influencia de la temperatura de solubilización

- La temperatura de solubilización es una variable muy importante en la extracción de la goma. Se determinó en laboratorio que a temperaturas mayores a 80°C en la fase de extracción, solubilizan mayor cantidad de pigmentos del endospermo, obteniéndose una solución de color amarillo oscuro, dando como consecuencia tener que decolorar la solución con carbón activado u otros decolorantes permitidos lo que implicará un mayor tiempo y costo de proceso.

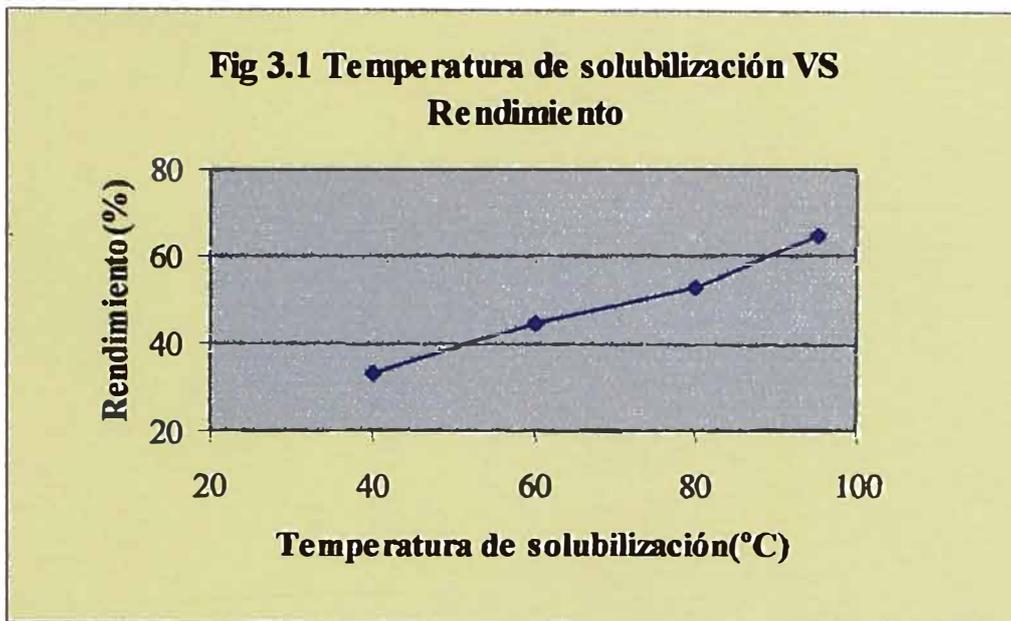
- El aumento de temperatura aumenta la solubilidad de la goma a extraer, por lo tanto mayores temperaturas permitirán extraer más rápido la goma.
- La influencia de esta variable en el rendimiento se realiza manteniendo constante: relación carga /solvente =1/115, pH=6.5, tiempo=30 minutos y variando las temperaturas: 40, 60, 80 y 95 °C. Los resultados de estas variables indican en el Cuadro 3.2 y la grafica en la Fig. 3.1

Cuadro 3.2 Rendimiento de goma a distintos cambios de temperatura

Temp.(°C)	Rendimiento (%)			
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedio
40	33.2	33.5	33.4	33.37
60	44.3	45.5	44.9	44.9
80	53	53.2	53.5	53.23
95	64.9	65	64.7	64.87

Cuadro 3.3 Influencia de la temperatura de solubilización en la calidad de la goma

Temperatura de solubilización(°C)	Color de la goma obtenida
40	Blanco
60	Blanco
80	Blanco
95	Color amarillo oscuro o marrón claro



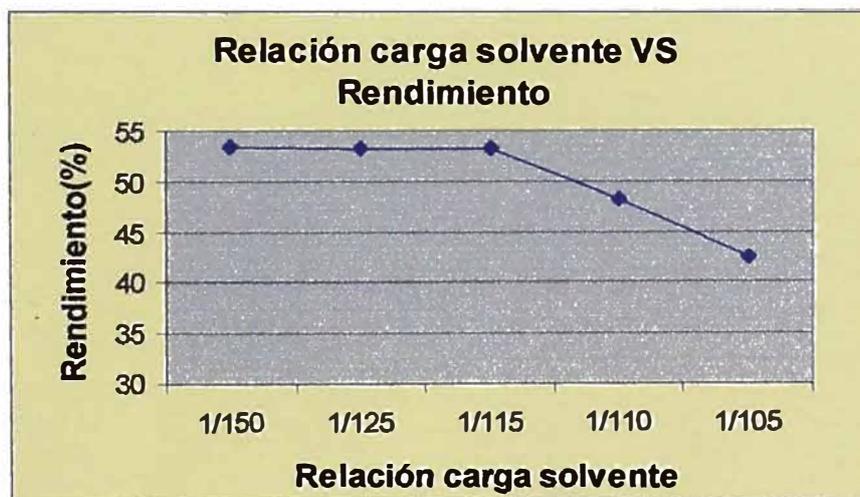
b) Influencia de la relación carga solvente

- El endospermo molido es sometido a una extracción con agua caliente de tal manera que se obtenga un extracto con una viscosidad tal que se pueda pasar por el filtro (tela nylon), esto se da con relación carga solvente menores a 1/105
- La cantidad de agua debe de ser lo suficiente para la extracción de la goma, mayor cantidad de agua implicara usar mayor cantidad de alcohol para precipitar la goma, teniendo como consecuencia mayores costos.
- A mayor cantidad de agua se extraerá mayor cantidad de goma pero esto sucede hasta un cierto límite, siendo innecesario luego seguir aumentando la cantidad de agua, como se puede observar en la figura 3.2.
- Para determinar la influencia de esta variable en el rendimiento se ensayaron 5 niveles: 1/150, 1/125, 1/115, 1/110, 1/105 manteniendo constante: T=80°C,

tiempo = 30 minutos, pH = 6.5. Los resultados se dan en el cuadro 3.4 y la grafica en la figura 3.2

Cuadro 3.4 Rendimiento de goma a distintas relación carga solvente

Relación carga solvente	Rendimiento (%)			
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedio
1/150	53	53.4	52.9	53.1
1/125	53.33	52.9	53.5	53.58
1/115	53	53.5	53.3	53.27
1/110	47.2	48.3	49.2	48.23
1/105	43	41.8	42.5	42.43



c) Influencia del pH de solubilización

- El pH tiene una influencia directa con las cenizas totales, a mayor pH se tendrá mayor cantidad de cenizas totales en el producto.

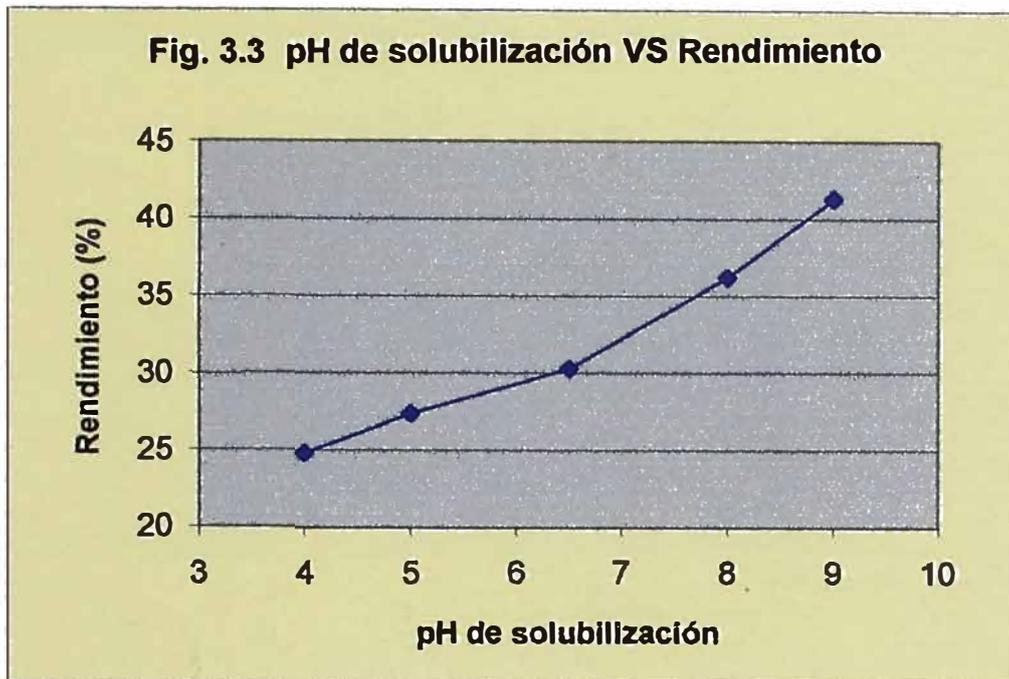
- De los resultados experimentales, se puede observar que la extracción de la goma se da más rápidamente a pH mayores. También se observa que cuando se extrae la goma a un pH mayor a 6.5 la solución tiende a oscurecerse de un color blanco a amarillo (color del endospermo de la semilla de tara), dando un producto del mismo color afectando la calidad del producto.
- Cuando la extracción se realiza en medio alcalino es decir a pH mayores que 6.5 la aplicación de mucho calor es indeseable, oscureciéndose la solución gomosa de un color blanco a amarillo y en otros casos a marrón claro, dependiendo del grado de contaminación
- Para determinar la influencia del pH en el rendimiento de la goma se ensayan 5 niveles: 4, 5, 6.5, 8 y 9 manteniendo constante: Relación carga solvente=1/115, Tiempo=20 min. , T=80°C, los resultados se dan en el Cuadro 3.5 y la grafica en la figura 3.3

Cuadro 3.5 Rendimiento de goma a distintos valores de pH

pH	Rendimiento (%)			
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedio
4	24.9	24.69	24.83	24.8
5	27.3	27.6	27.2	27.37
6.5	30	30.3	30.5	30.27
8	36.1	36.2	36.3	36.2
9	41.1	41.3	41.5	41.3

Cuadro 3.6 Influencia del pH en la calidad de la goma

pH de solubilización	Color
4	Blanco
5	Blanco
6.5	Blanco
8	Amarillo
9	Amarillo oscuro



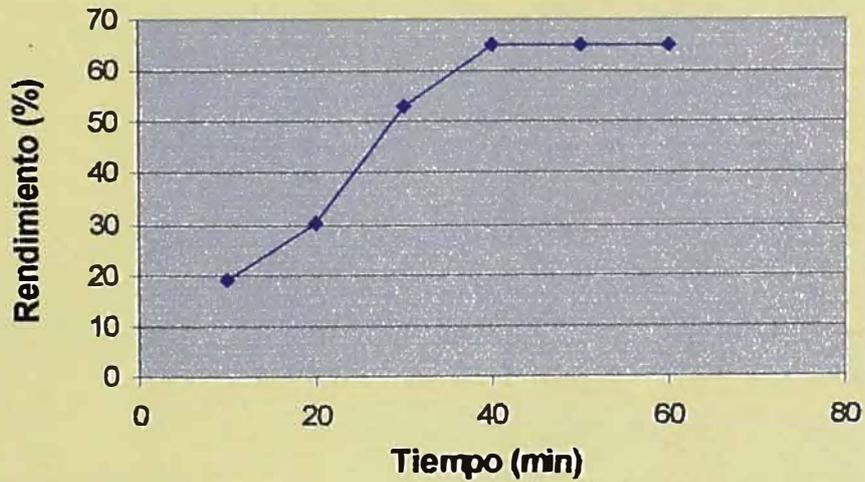
d) Influencia del tiempo de solubilización.

- El tiempo de solubilización o tiempo de contacto con el solvente debe de ser lo suficiente para extraer la mayor cantidad de goma del endospermo. Un aumento del tiempo de contacto extraerá mayor cantidad de goma, pero esto sucede hasta un cierto límite, donde el incremento de tiempo es innecesario. Como se puede observar en la figura 3.4
- Un mayor tiempo de contacto que la necesaria para extraer la goma también producirá una mayor solubilización de pigmentos del endospermo, lo cual pigmentara la solución, afectando la calidad del producto.
- La influencia de esta variable en el rendimiento se realiza manteniendo constante: relación carga solvente=1/115, pH =6.5, T=80°C y variando los tiempos de contacto: 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos. Los resultados se indican en el Cuadro 3.7 y su grafica en la Fig. 3.4.

Cuadro 3.7 Rendimiento de la goma a diferentes tiempos

Tiempo(min.)	Rendimiento (%)			
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Promedio
10	19.09	19.5	18.5	19.03
20	30	30.3	30.5	30.27
30	53	52	54	53
40	64.8	65	65.3	65.03
50	64.7	65	64.9	64.87
60	64.6	65.1	65.3	65

Fig. 3.4 Tiempo de solubilización Vs Rendimiento



3.2.4 Análisis de los parámetros evaluados de mayor rendimiento

La elección de los parámetros de mayor rendimiento en la extracción de la goma de tara se da en función al máximo rendimiento en los parámetros evaluados y a la calidad del producto obtenido, estos parámetros se dan en el Cuadro 3.8

Cuadro 3.8. Parámetros de mayor rendimiento en la extracción de la goma

Variables	Valor
Temperatura	80 °C
Relación carga/ solvente	1/115
Tiempo	40 min.
pH	6.5(pH normal de la solución)

3.3 Validación de resultados

3.3.1 Análisis estadístico para la variable relación carga solvente

Cuadro 3.9 Datos experimentales para el análisis estadístico

Rendimiento (%)	Relación carga solvente					Total
	1/105	1/110	1/115	1/125	1/150	
X1	43	47.2	53	53.3	53	249.5
X2	41.8	48.3	53.5	52.9	53.4	249.9
X3	42.5	49.2	53.3	53.5	52.9	251.4
Xtotal	127.3	144.7	159.8	159.7	159.3	750.8
Promedio	42.43	48.23	53.27	53.23	53.1	

a) Análisis de varianza

- **Hipótesis**

H_0 : Son iguales los promedios dados por los 5 tratamientos

H_1 : No son iguales los promedios dados por los 5 tratamientos

- **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\%$

- **Construcción de la tabla de ANAVA:**

Empleando los procedimientos enunciados en el apéndice C y con un nivel de significancia de 5% se construye la tabla de ANAVA que se indica en el Cuadro 3.10

Cuadro 3.10 ANAVA para la variable relación carga solvente

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.
Entre tratamiento	4	273.29	68.32	214.4	3.48
Error experimental	10	3.19	0.32		
Total	14	276.48			

- **Región crítica**

Para $\alpha = 5\%$, $k-1=4$, $n-k=10$ $F_{tab} = F_{5\%}(4,10) = 3.48$

Luego la región crítica de tamaño α será:

$$C = \{F_{cal} : F_{cal} > 3.48\}$$

- **Conclusión:**

Como $F_{cal} = 214.4 > F_{tab} = 3.48$ se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de 5% que hay diferencias significativas en los tratamientos. Debemos realizar análisis posterior por el método del Rango múltiple de Duncan para determinar cual es el mejor tratamiento.

b) Prueba de Duncan

- **Hipótesis**

H_0 : Los tratamientos son iguales entre si

H_1 : Los tratamientos tienen efectos desiguales

- **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\%$

- **Desviación estándar de los promedios:**

$$S_x = \sqrt{\frac{0.32}{3}} = 0.3259$$

- Con el grado de libertad del error =10, nivel de significancia = 5%, el número de tratamientos=5, A.E.S(D) y $S_x=0.3259$ se construye la tabla de amplitud de límite de significancia de Duncan que se indica en el cuadro 3.11

Cuadro 3.11. Amplitud límite de significancia de Duncan

Valores de p	2	3	4	5
A.E.S(D)	3.151	3.293	3.376	3.430
A.L.S(D)	1.027	1.075	1.098	1.118

- **Ordenamiento de los promedios de los tratamientos en forma creciente**

Cuadro 3.12. Ordenamiento de los tratamientos en forma creciente

Relación Carga Solvente	Rendimiento promedio (%)	Orden
1/105	42.43	I
1/110	48.23	II
1/150	53.1	III
1/125	53.23	IV
1/115	53.27	V

- Construcción de la tabla de decisión y ordenamiento de los tratamientos promedios

Cuadro 3.13 Construcción de la tabla de decisión

Comparación múltiple			
Comparaciones		ALSD	Decision
V-I	10.84	>1.118	Sig.
V-II	5.04	>1.118	Sig.
V-III	0.17	<1.118	No sig.
V-IV	0.04	<1.118	No sig.
IV-I	10.8	>1.098	Sig.
IV-II	5	>1.098	Sig.
IV-III	0.13	<1.098	No sig.
III-I	10.67	>1.075	Sig.
III-II	4.87	>1.075	Sig.
II-I	5.8	>1.027	Sig.

Cuadro 3.14 Ordenamiento en grupos Duncan

Grupos Duncan	Promedio de rendimientos(%)	Tratamientos
A	42.43	I
B	48.23	II
C	53.1	III
C	53.23	IV
C	53.27	V

- **Conclusión:**

En el Cuadro 3.14 se observa que el uso del rango múltiple de Duncan produce tres grupos de tratamientos. Concluyéndose que Los promedios poblacionales de tratamientos dentro de los grupos entre ellos no son diferentes por lo tanto en el grupo C se encuentran 3 tratamientos con diferencias no significativas. El promedio poblacional dentro de un grupo es diferente del promedio poblacional del tratamiento de cualquier otro grupo.

c) Conclusión del análisis estadístico

Según el análisis de varianza los resultados señalan que los tratamientos si difieren significativamente entre sí, siendo necesario realizar la prueba puntual. La prueba de Duncan confirma la elección del tratamiento V, relación carga solvente=1/115 como punto en el que se obtiene mayor rendimiento de goma al no existir diferencias significativas entre los tratamientos III y IV.

3.3.2 Análisis estadístico de la variable temperatura

Cuadro 3.15 Datos experimentales para el análisis estadístico

Rendimiento(%) Repetición	Temperatura de solubilización(°C)				Total
	40	60	80	95	
x1	33.2	44.3	53	64.9	195.4
x2	33.5	45.5	53.2	65	197.2
x3	33.4	44.9	53.5	64.7	196.5
Xtotal	100.1	134.7	159.7	194.6	589.1
promedio	33.37	44.9	53.23	64.87	

a) Análisis De Varianza

- **Hipótesis**

H_0 : Son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

H_1 : No son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

- **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\%$

- **Construcción de la tabla de ANAVA:**

Empleando los procedimientos enunciados en el apéndice C y con un nivel de significancia de 5% se construye la tabla de ANAVA que se indica en el cuadro 3.16

Cuadro 3.16 ANAVA para la variable temperatura de solubilización

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Entre tratamiento	3	1592.55	530.85	4517.87	4.07
Error experimental	8	0.94	0.1175		
Total	11	1593.49			

- **Región crítica**

Para $\alpha = 5\%$, $k-1=3, n-k=8$;

$$F_{tab.} = F_{5\%}(3,8) = 4.08$$

Luego la región crítica de tamaño α será:

$$C = \{F_{cal} : F_{cal} > 4.08\}$$

- **Conclusión**

Como $F_{cal} = 4517.87 > F_{tab} = 4.08$ se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de 5% que hay diferencias significativas en los tratamientos. Debemos realizar análisis

posterior por el método del Rango múltiple de Duncan para determinar cual es el mejor tratamiento.

b) Método del rango múltiple de Duncan

- **Hipótesis**

H_0 : Los tratamientos son iguales entre si

H_1 : Los tratamientos tienen efectos desiguales

- **Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$**

- **Desviación estandar de los promedios:**

$$S_x = \sqrt{\frac{0.1175}{3}} = 0.1979$$

- **Tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan**

Con el grado de libertad del error=8, nivel de significancia=5%, el numero de tratamientos=4, $S_x=0.1979$ y A.E.S(D) se construye la tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan que se indica en el cuadro 3.17

Cuadro 3.17. Amplitud limite de significancia Duncan

Valores de p	2	3	4
A.E.S(D)	3.261	3.399	3.475
A.L.S(D)	0.645	0.673	0.688

- **Ordenamiento de los promedios de los tratamientos en forma creciente**

Cuadro 3.18 Ordenamiento de los tratamientos en forma creciente

Temperatura de solubilización(°C)	Rendimiento Promedio(%)	Tratamiento
40	33.37	I
60	44.9	II
80	53.23	III
95	64.87	IV

- **Construcción de la tabla de decisión y ordenamiento en grupos Duncan**

Cuadro 3.19 Construcción de la tabla de decisión

Comparación Multiple			
Comparaciones		A.L.S(D)	Decisión
IV-I	31.5	>0.688	Sig
IV-II	19.97	>0.688	Sig
IV-III	11.64	>0.688	Sig
III-I	19.86	>0.673	Sig
III-II	8.33	>0.673	Sig
II-I	11.53	>0.645	Sig

Cuadro 3.20 Ordenamiento en grupos Duncan

Grupos Duncan	Promedio de rendimientos(%)	Tratamientos
A	33.37	I
B	44.9	II
C	53.23	III
D	64.87	IV

- **Conclusión:**

En el cuadro 3.20 se observa que el uso del rango múltiple de Duncan produce cuatro grupos de tratamientos. Concluyéndose que existen diferencias significativas entre todos los tratamientos

c) Conclusión Del Análisis Estadístico

Según el análisis de varianza los resultados señalan que los tratamientos si difieren significativamente entre sí, siendo necesario realizar la prueba puntual. La prueba de Duncan confirma la elección de del tratamiento III, temperatura =80°C como punto de mayor rendimiento de goma de buena calidad, al existir diferencias significativas entre el resto de los tratamientos.

3.3.3) Análisis estadístico para la variable pH

Cuadro 3.21 Datos experimentales para el análisis estadístico

Rendimiento(%) Repetición	Valores de pH					Total
	4	5	6.5	8	9	
X1	24.9	27.3	30	36.1	41.1	159.4
X2	24.69	27.6	30.3	36.2	41.3	160.09
X3	24.83	27.2	30.5	36.3	41.5	160.33
Total	74.42	82.1	90.8	108.6	123.9	479.82
Promedio	24.8	27.37	30.27	36.2	41.3	

a) Análisis de varianza

- **Hipótesis**

H_0 : Son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

H_1 : No son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

- **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\%$

- **Construcción de la tabla de ANAVA:**

Empleando los procedimientos enunciados en el apéndice C con un nivel de significancia de 5% se construye la tabla de ANAVA que se indica en el cuadro 3.22

Cuadro 3.22. ANAVA para la variable pH

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Entre tratamiento	4	541.37	135.259	4023.17	3.48
Error experimental	10	541.04	0.0336		
total	14	15348.48			

- **Región crítica**

Para $\alpha = 5\%$, $k-1=4$, $n-k=10$;

$$F_{tab} = F_{5\%}(4,10) = 3.48$$

Luego la región crítica de tamaño α será:

$$C = \{F_{cal} : F_{cal} > 3.48\}$$

- **Conclusión:**

Como $F_{cal} = 4023.17 > F_{tab} = 3.48$ se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de 5% que hay diferencias significativas en los tratamientos. Debemos realizar análisis posterior por el método del Rango múltiple de Duncan para determinar cual es el mejor tratamiento.

b) Método del rango múltiple de Duncan

- **Hipótesis**

H_0 : Los tratamientos son iguales entre si

H_1 : Los tratamientos tienen efectos desiguales

- **Nivel de significancia=5%**

- **Desviación estándar de los promedios:**

$$S_x = \sqrt{\frac{0.0336}{3}} = 0.1059$$

- **Tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan:**

Con el grado de libertad del error=10, nivel de significancia=5%, el numero de tratamientos=5 , $S_x=0.1059$ y A.E.S(D) se construye la tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan que se indica en el Cuadro 3.23

Cuadro 3.23. Amplitud límite de significancia Duncan

Valores de p	2	3	4	5
A.E.S(D)	3.151	3.293	3.376	3.430
A.L.S(D)	0.334	0.349	0.357	0.363

- **Ordenamiento de los promedios de los tratamientos en forma creciente**

Cuadro 3.24 Ordenamiento de los tratamientos en forma creciente

pH de solubilización	Rendimiento Promedio(%)	Orden
4	24.87	I
5	27.37	II
6.5	30.27	III
8	36.2	IV
9	41.3	V

- Construcción de la tabla de decisión y ordenamiento en grupos Duncan

Cuadro 3.25 Construcción de la tabla de decisión

Comparación múltiple			
Comparaciones		A.L.S(D)	Decisión
V-I	16.5	>0.363	Sig
V-II	13.93	>0.363	Sig
V-III	11.03	>0.363	Sig
V-IV	5.1	>0.363	Sig
IV-I	11.4	>0.357	Sig
IV-II	8.83	>0.357	Sig
IV-III	5.93	>0.357	Sig
III-I	4.47	>0.349	Sig
III-II	2.9	>0.349	Sig
II-I	2.57	>0.334	Sig

Cuadro 3.26 Ordenamiento en grupos Duncan		
Grupos Duncan	Rendimiento promedio(%)	tratamiento
A	24.87	I
B	27.37	II
C	30.27	III
D	36.2	IV
E	41.3	V

- **Conclusión**

En el cuadro 3.26 se observa que el uso del rango múltiple de Duncan produce cinco grupos diferentes de la variable pH. Concluyéndose de que los promedios poblacionales de cada grupo de tratamiento tienen diferencias significativas.

c) Conclusión del análisis estadístico

El análisis estadístico rechaza la hipótesis que los tratamientos son iguales entre si, por lo tanto existen diferencias altamente significativas siendo necesario realizar la prueba puntual. La prueba de Duncan confirma la elección del tratamiento III, pH=6.5 como punto de mayor rendimiento de goma de buena calidad al existir diferencias significativas entre los demás grupos de tratamientos.

3.3.4) Análisis estadístico para la variable tiempo

Cuadro 3.27 Datos experimentales para el análisis estadístico

Rendimiento(%) Repetición	Tiempo de solubilización(min.)						Total
	10	20	30	40	50	60	
X1	19.09	30	53	64.8	64.7	64.6	296.19
X2	19.5	30.3	52	65	65	65.1	296.9
X3	18.5	30.5	54	65.3	64.9	65.3	298.5
Xtotal	57.09	90.8	159	195.1	194.6	195	891.59
Promedio	19.03	30.27	53	65.03	64.87	65	

a) Análisis de varianza

- **Hipótesis**

H_0 : Son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

H_1 : No son iguales los promedios de rendimientos dados por los tratamientos

- **Nivel de significancia:** $\alpha = 5\%$
- **Construcción de la tabla de ANAVA:**

Empleando los procedimientos enunciados en el apéndice C y con un nivel de significancia de 5% se construye la tabla de ANAVA que se indica en el Cuadro 3.28

Cuadro 3.28. ANAVA para la variable tiempo

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	FT
Entre tratamiento	5	6084.76	1216.95	4763.96	3.11
Error experimental	12	3.0654	0.255		
Total	17	6087.83			

- **Región crítica**

Para $\alpha = 5\%$, $k-1=5$, $n-k=12$

$$F_{tab} = F_{5\%}(5,12) = 3.11$$

Luego la región crítica de tamaño α será:

$$C = \{F_{cal} : F_{cal} > 3.11\}$$

- **Conclusión**

Como $F_{cal} = 4763.96 > F_{tab} = 3.11$ se rechaza H_0 y se concluye con un nivel de 5% que hay diferencias significativas en los tratamientos. Debemos realizar análisis posterior por el método del Rango múltiple de Duncan para determinar cual es el mejor tratamiento.

b) Método del rango múltiple de Duncan

- **Hipótesis :**

H_0 : Los tratamientos son iguales entre si

H_1 : Los tratamientos tienen efectos desiguales

- Nivel de significancia=5%
- Desviación estándar de los promedios:

$$S_x = \sqrt{\frac{0.255}{3}} = 0.2918$$

- Tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan

Con el grado de libertad del error=12, nivel de significancia=5%, el numero de tratamientos=6 y $S_x=0.2918$ y A.E.S(D) se construye la tabla de amplitud de limite de significancia de Duncan que se indica en el Cuadro 3.29

Cuadro 3.29. Amplitud limite de significancia Duncan

Valores de p	2	3	4	5	6
A.E.S(D)	3.082	3.225	3.313	3.370	3.419
A.L.S(D)	0.899	0.941	0.967	0.983	0.998

- Ordenamiento de los promedios de los tratamientos en forma creciente

Cuadro 3.30. Ordenamiento de los tratamientos en forma creciente

Tiempo de solubilización(min.)	Rendimiento Promedio(%)	Orden
10	19.03	I
20	30.27	II
30	53	III
50	64.87	IV
60	65	V
40	65.03	VI

- **Construcción de la tabla de decisión y ordenamiento en grupos Duncan**

Cuadro 3.31. Construcción de la tabla de decisión

Comparación múltiple			
Comparaciones		ALSD	Decisión
VI-I	46	>0.998	Sig
VI-II	34.76	>0.998	Sig
VI-III	12.03	>0.998	Sig
VI-IV	0.16	<0.998	No sig
VI-V	0.03	<0.998	No sig
V-I	45.97	>0.983	Sig
V-II	34.73	>0.983	Sig
V-III	12	>0.983	Sig
V-IV	0.13	<0.983	No sig
IV-I	45.84	>0.967	Sig
IV-II	34.6	>0.967	Sig
IV-III	11.87	>0.967	Sig
III-I	33.97	>0.941	Sig
III-II	22.73	>0.941	Sig
II-I	11.24	>0.899	Sig

Cuadro 3.32 Ordenamiento en grupos Duncan

Grupos Duncan	Rendimiento promedio(%)	Tratamiento
A	19.03	I
B	30.27	II
C	53	III
D	64.87	IV
D	65	V
D	65.03	VI

- **Conclusión**

En el cuadro 3.32 se observa que el uso del rango múltiple de Duncan produce cuatro grupos de tratamientos. Concluyéndose que Los promedios poblacionales de tratamientos dentro de los grupos entre ellos no son diferentes por lo tanto en el grupo D se encuentran 3 tratamientos con diferencias no significativas. El promedio poblacional dentro de un grupo es diferente del promedio poblacional del tratamiento de cualquier otro grupo.

c) Conclusión del análisis estadístico

Según el análisis de varianza los resultados señalan que los tratamientos si difieren significativamente entre sí, siendo necesario realizar la prueba puntual. La prueba de Duncan confirma la elección del tratamiento VI, tiempo=40 minutos como punto de mayor rendimiento al no existir diferencias significativas entre los tratamientos IV y V

CAPITULO IV

IV CARACTERIZACIÓN DE LA GOMA DE TARA

4.1 PESO MOLECULAR

Para determinar el peso molecular de la goma de Tara se emplea el método de viscosimetría el cual se detalla a continuación.

4.1.1 Viscosimetría

El método viscosimétrico es el más empleado en la determinación de pesos moleculares de altos polímeros por su exactitud y sencillez, puede aplicarse en un gran rango de pesos moleculares de polímeros, excepto en el caso de macromoléculas esféricas (como las proteínas globulares), este método no es absoluto por lo que debe de ser calibrado mediante otros métodos (osmometría, difracción de la luz, velocidad de sedimentación, etc.), el presente método tiene un error de +- 5%.

El principio se basa en la propiedad de la molécula de polímero a incrementar la viscosidad de un solvente para el cual este es un buen disolvente del polímero el cual va depender de la concentración, del peso molecular medio y de la forma de las moléculas. Para relacionar este incremento de viscosidad con las propiedades del soluto se hace uso de diferentes coeficientes de viscosidad:

a) Viscosidad relativa, η_{rel} :

Es la relación entre las viscosidades de la disolución y del disolvente puro

$$\eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \quad (4.1)$$

b) Viscosidad específica, η_{sp} :

Es la variación relativa de la viscosidad de la disolución

$$\eta_{sp} = \frac{(\eta - \eta_0)}{\eta_0} = \frac{(t - t_0)}{t_0} = \eta_{rel} - 1 \quad (4.2)$$

c) Viscosidad reducida, η_{red} :

Es la capacidad del polimero a incrementar la viscosidad específica por unidad de concentración.

$$\eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (4.3)$$

d) Viscosidad inherente, η_{inh} :

También llamado índice de viscosidad logarítmica se define:

$$\eta_{inh} = \frac{\ln \eta_{rel}}{c} \quad (4.4)$$

e) Viscosidad intrínseca, $[\eta]$:

Es el límite de η_{red} o η_{inh} a dilución infinita (c tiende a cero)

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \left(\frac{\eta_{sp}}{c} \right) \quad (4.5)$$

$$[\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \left(\frac{\ln \eta_{rel}}{c} \right) \quad (4.6)$$

Para bajas concentraciones y viscosidades relativas entre 1.1-2, el ploteo de la viscosidad relativa e inherente contra la concentración se acerca a una recta y en ambos casos se le puede aproximar como una variación del cuadrado de la viscosidad intrínseca. Huygens propuso la ecuación:

$$\eta_{red} = [n] + k_1 \times [n]^2 \times c \quad (4.7)$$

$$\eta_{inh} = [n] + k_2 \times [n]^2 \times c \quad (4.8)$$

La primera es una recta de pendiente positiva, mientras que la segunda tiene pendiente negativa, ambos convergen en $c=0$ (viscosidad intrínseca). Las constantes k_1 y k_2 guardan una relación aproximada:

$$k_1 - k_2 = 0.5 \quad (4.9)$$

La viscosidad intrínseca permite la determinación del tamaño molecular de los altos polímeros, pues esta relacionada con el peso molecular por la ecuación de Kuhn-Mark-Houwink

$$[\eta] = k \overline{M}_w^a \quad (4.10)$$

Que es una ampliación de la ecuación de Staudinger:

$$[\eta] = k \overline{M}_w \quad (4.11)$$

Donde k y a son constantes empíricas que dependen de la pareja de polímetro y disolvente considerados y de la temperatura. El valor de k es del orden de 10^{-3} a 10^{-4} y el de a , de 0.5 a 1.

Los estudios realizados para hallar la viscosidad intrínseca en las gomas guar y algarrobo, determinaron que están relacionados a la cadena principal de polímero, por lo que se utiliza para la determinación del peso molecular la siguiente ecuación, que resulta de considerar $k = 11.55 \times 10^{-4}$ y $a = 0.98$

$$[\eta] = 11.55 \times 10^{-4} [(1-x)M_w]^{0.98} \quad (4.12)$$

Esta ecuación es útil para todas las gomas que tienen galactomananos en su estructura, el valor de x se puede calcular mediante la ecuación 4.13

$$x = \frac{G}{(G+M)} \quad (4.13)$$

Donde :

$G = galactosa$

$M = manosa$

$M_w = Pesomolecularpromedio$

4.1.2 Evaluación del peso molecular de la goma de Tara.

a) Materiales

- Viscosímetro Ostwald N° 50
- Solución de goma de tara de 0.0006 g/ml.
- Fiolas de 25 ml
- Pipetas volumétricas de 10 ml.
- Cronometro

b) Procedimiento

- Se prepara una concentración inicial de 0.0006 g/ml y a partir de esta se diluye a 2/3, 1/2, 1/3 y 1/4 de la concentración inicial.
- Se mide el tiempo de flujo del solvente (agua), se agrega 10ml de agua al viscosímetro y se toma 2 medidas(si estas difieren mucho entre si realizar de nuevo las mediciones), para el calculo se toma el promedio de estas. Los resultados se dan en el Cuadro 4.1
- Se procede a medir los tiempos de flujo para cada concentración de goma. Para cada medida se agrega 10 mL de solución de goma a través del capilar y se mide el tiempo de flujo de la solución en el bulbo, se realizan dos mediciones de los tiempos de caída y si estos difieren mucho entre si se repite el procedimiento porque pequeños detalles pueden perturbar la uniformidad, como por ejemplo cambios de temperatura, ligera inclinación del viscosímetro, el tiempo se da como un promedio de las dos mediciones.
- Se calcula η_{rel} con la ecuación 4.1 para cada una de las concentraciones.
- Con los valores de η_{rel} se calcula con las ecuaciones 4.7 y 4.8 los valores de η_{red} y η_{inh} como se puede observar en el cuadro 4.2
- Se grafica η_{red} y η_{inh} vs. la concentración, la intersección de estas rectas determina la viscosidad intrínseca, el cual se puede determinar por mínimos cuadrados, en la figura 4.1 se muestra esta grafica.

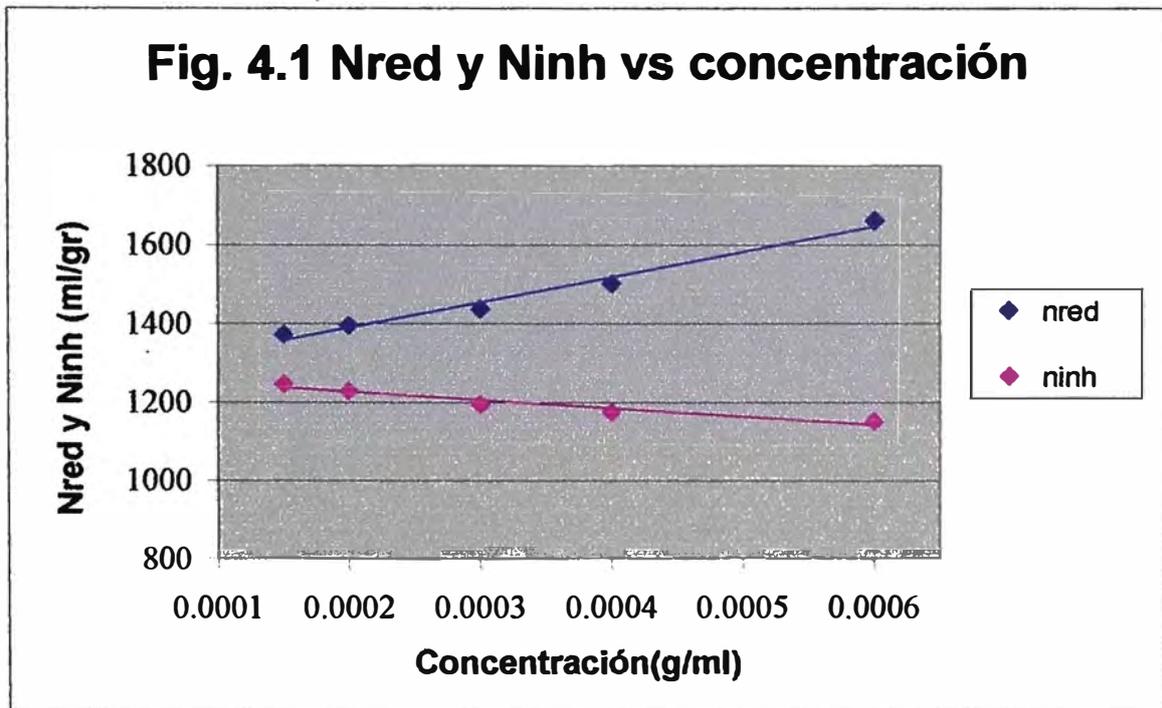
Cuadro 4.1: Tiempo de flujo del solvente en el viscosímetro ostwald

Solvente	T1(seg)	T2(seg)	Prom (seg)
Agua	411	410	410.5

Cuadro 4.2 *Calculo de la viscosidad reducida e inherente*

C(g/ml)	T1 (seg)	T2 (seg)	Prom(seg)	Nrel	Nred(ml/g)	Ninhe(ml/g)
0.0006	820	819	819.5	1.996	1 660.576	1 152.197
0.0004	657	657	657	1.600	1 501.218	1 175.770
0.0003	588	587	587.5	1.431	1 437.272	1 195.001
0.0002	525	525	525	1.279	1 394.641	1 230.112
0.00015	495	495	495	1.206	1 372.310	1 247.879

Fig. 4.1 Nred y Ninh vs concentración



$$\eta_{red} = 1261.8 + 640654 \times c \quad r^2 = 0.98$$

$$\eta_{inh} = 1269.8 - 210824 \times c \quad r^2 = 0.93$$

Las graficas se interceptan en $c=0.0000009395$ entonces:

$$[\eta] = 1267.82$$

El peso molecular se halla remplazando $[\eta]$ en la ecuación:

$$[\eta] = 11.55 \times 10^{-4} [(1-x)M_w]^{0.98}$$

De donde se obtiene el peso molecular = 1 931 129.4

En el cuadro 4.3 se dan las viscosidades intrínsecas y peso moleculares de las otras gomas de semillas:

Cuadro 4.3 Peso molecular de gomas de semillas

Gomas	Viscosidad intrínseca	Peso molecular
Goma de Tara	1 266.64	1 932 964
Goma de Locust Bean	1000	1 422 579
Goma de guar	675	1 137 579

4.2 SOLUBILIDAD EN AGUA

- La goma de Tara obtenida en laboratorio tiene una limitada solubilidad en agua a temperatura ambiente. Esta goma se solubiliza o hidrata completamente cuando la solución es calentada. La goma obtenida es insoluble en alcohol.
- Se determinó que la total solubilización de la goma de Tara obtenida en laboratorio al 1% de concentración y a una temperatura de 95°C (contada desde que la solución alcance los 95°C.) se da en 30 minutos
- La disolución más rápida de la goma de Tara obtenida se da en medio alcalino
- La goma de Tara obtenida cuando es hidratada forma soluciones blanquecinas y de alta viscosidad
- Se determinó en laboratorio que el mejor método para preparar una solución de goma de Tara es primero humedecer la goma en polvo en agua fría o en alcohol, para facilitar su dispersión en agua caliente, esto evita la formación de grumos en la solución.

4.3 ANÁLISIS DE VISCOSIDAD

La viscosidad de las soluciones de goma de Tara depende de la concentración, temperatura, pH y velocidad de agitación.

4.3.1 Materiales y reactivos

- Viscosímetro brookfield modelo LVT con sus accesorios
- Solución de goma de tara: 0.5 %, 1% y 1.5%
- Ácido cítrico
- Hidróxido de sodio 0.01%

4.3.2 Procedimiento

- Se hidrata la goma de Tara en agua destilada a concentración deseada a una temperatura de 95°C durante 30 minutos, es recomendable hidratar la goma primero con agua fría y luego llevar gradualmente a $T=95^{\circ}\text{C}$ para evitar el aglutamiento de la goma, se toma el tiempo cuando la solución llega a 95°C.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente durante 3 horas, quedando lista la solución gomosa para ser utilizado para el análisis de viscosidad.
- Medir la viscosidad de la solución gomosa a diferentes cambios de temperatura, gradiente de velocidad de corte, concentración y pH. Se realizaron tres lecturas para cada variable.
- Se calcula el promedio de las lecturas y se multiplica por un factor de corrección del equipo (apéndice E), el resultado de esta operación representa la viscosidad de la solución.



Fig. 4.2 Medición de la viscosidad de la goma en el viscosímetro Brookfield

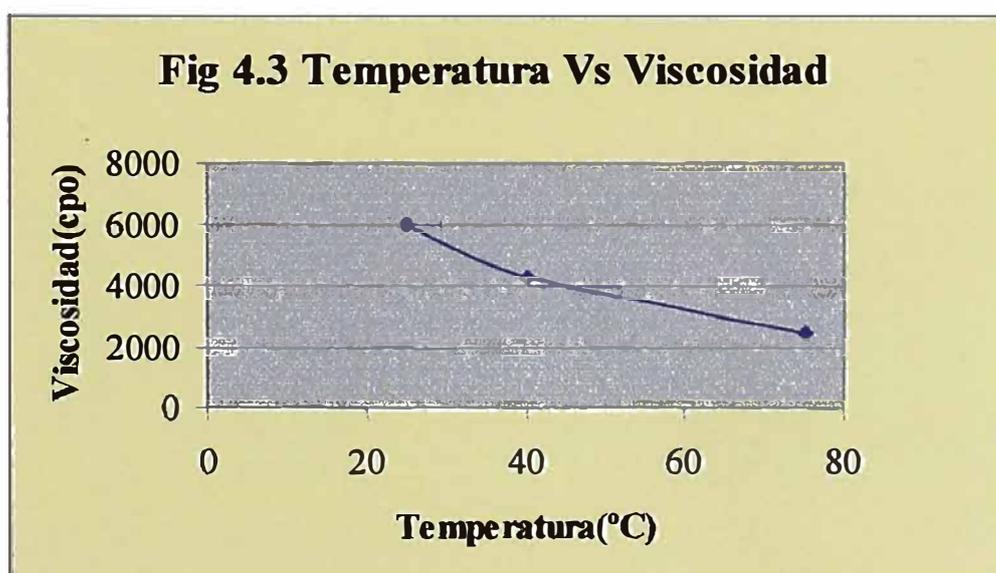
4.3.3 Variables que influyen en la viscosidad de la goma de tara obtenida

a) Influencia de la temperatura

- Para hallar el efecto de la temperatura en la viscosidad de la solución de la goma de Tara se prepara una solución al 1% de esta goma y se mide en un viscosímetro broockfield con una velocidad de agitación de 30 rpm, se ensayaron tres temperaturas: 25, 40 y 75 °C. Los resultados se dan en el cuadro 4.4
- La viscosidad aparente de la solución disminuye al aumentar la temperatura, este efecto se puede apreciar en la figura 4.3.

Cuadro 4.4 Valores de viscosidad a diferentes temperaturas

Temp. (°C)	Lect. Prom	Factor	Vis(cpo)
25	29,66	200	5 932
40	21,3	200	4 260
75	12,5	200	2 500

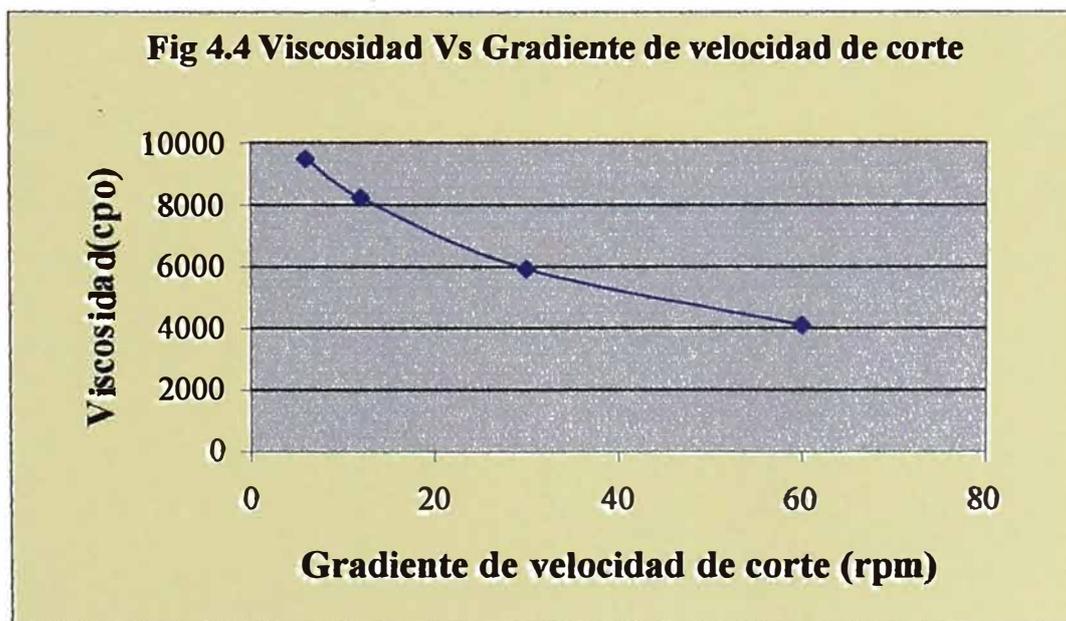


b) Influencia de la gradiente de velocidad de corte.

- Para hallar el efecto de esta variable se prepara una solución de 1% de goma de Tara y se mide la viscosidad en un viscosímetro broockfield a diferentes niveles de velocidades de agitación: 6, 12, 30 y 60 rpm, a una temperatura de 25°C , los resultados de esta influencia se puede muestran en el cuadro 4.5
- Un aumento en la velocidad de corte disminuye la viscosidad aparente de la solución como se puede ver en la figura 4.4.

Cuadro 4.5 Viscosidad a diferentes gradientes de velocidad de corte

Vel(rpm)	Lect. Prom.	Factor	Vis(cpo)
6	9,5	1 000	9 500
12	16,5	500	8 250
30	29,67	200	5 934,67
60	41	100	4 100

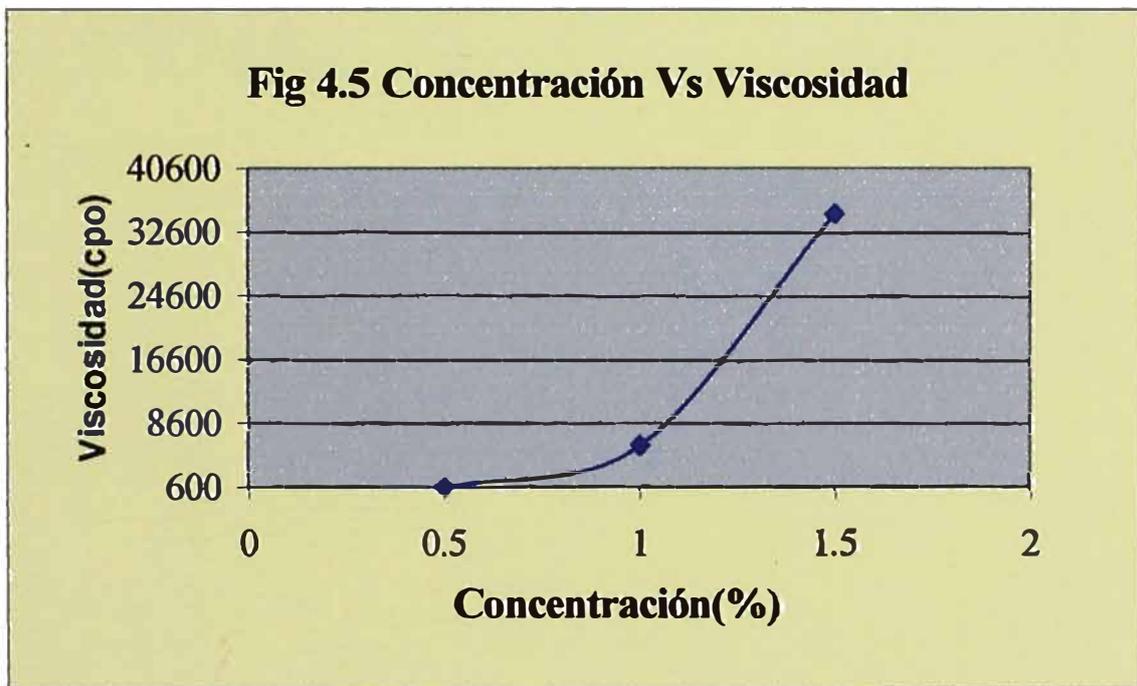


c) Influencia de la concentración

- Para hallar el efecto de esta variable se preparan soluciones de 0.5, 1 y 1.5% de goma de Tara y se miden sus viscosidades en un viscosímetro brookfield, manteniendo la temperatura a 25°C y la velocidad de agitación a 30rpm. Los resultados de este efecto se muestran en el cuadro 4.6.
- La viscosidad aparente de la goma de Tara se incrementa con el aumento de la concentración de la solución(Fig. 4.5), estas forman soluciones muy viscosas a bajas concentraciones tanto que a una concentración de 1.5% tiene consistencia de gel

Cuadro 4.6. Viscosidad de la goma de tara a diferentes concentraciones

Conc(%)	Lect Prom.	Factor	Vel(rpm)	Vis(cpo)
0.5	3	200	30	600
1	29,66	200	30	5 932
1.5	82,5	500	12	41 250 (34 968 a 30rpm)

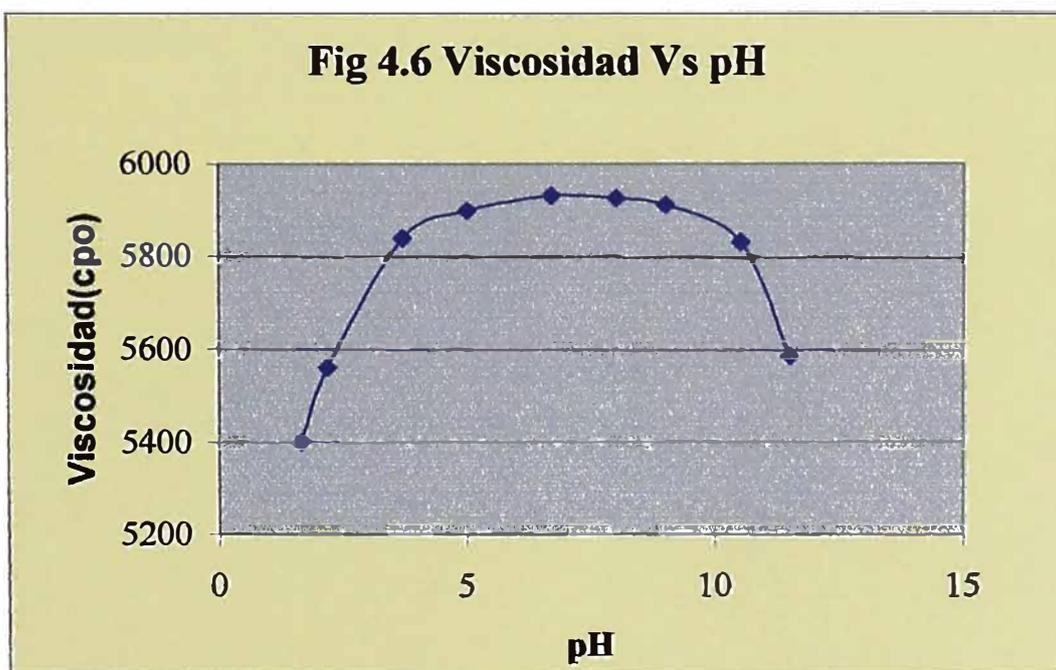


d) Influencia del pH.

- Para hallar la influencia de esta variable se prepara una solución al 1 % de goma de Tara a un pH=8 y se ajusta el pH tan alto como 11 y tan bajo como de 1.65. Se mide la viscosidad en el viscosímetro broockfield a diferentes pH, a 25 °C y 30 rpm.Los resultados del cálculo de viscosidad se presentan en el cuadro 4.7.
- La goma de Tara es poco sensible al cambio de pH, el cual se mantiene constante en un rango de pH de 3.7 a 10.5 como se puede apreciar en la figura 4.6.

Cuadro 4.7 Viscosidad a diferentes cambios de pH

pH	Lect. Prom	Factor	Vis(cpo)
1,65	27	200	5 400
2,18	27,8	200	5 560
3,7	29,2	200	5 840
5	29,5	200	5 900
6,5	29,66	200	5 932
8	29,63	200	5 926
9	29,56	200	5 912
10,5	29,16	200	5 832
11,5	27,93	200	5 586



4.4 ANÁLISIS DE HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO

4.4.1 Análisis de humedad de la materia prima.

Procedimiento

- Pesar exactamente 5 gramos de muestra
- Dejar secar una placa petric hasta peso constante a las mismas temperatura a las que va ha ser secado la muestra (105°C) luego dejar enfriar en un desecador hasta peso constante.
- Agregar la muestra a la placa petric y pesar la placa con la muestra.
- Llevar la placa con la muestra a una estufa a 105°C hasta peso constante.
- Retirar la placa de la estufa y llevar a un desecador hasta peso constante es decir hasta que la perdida de peso en dos pesadas consecutivas no exceda de 2-3mg
- Calculo de humedad

$$\%humedad = \frac{\text{perdidapeso}}{\text{pesomuestra}} * 100$$

$$\%humedad = \frac{0.426}{5.000} * 100 = 8.52\%$$

4.4.2 Análisis de humedad del producto

Para determinar la humedad del producto se utiliza 2 gramos de muestra (goma de Tara finamente molida) y se procede de la misma manera que para la determinación de la humedad de la materia prima

$$\%humedad = \frac{\textit{perdidadepeso}}{\textit{pesomuestra}} * 100$$

$$\%humedad = \frac{0.2354}{2} * 100 = 11.77\%$$

4.5 ANÁLISIS DE CENIZAS TOTALES DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO

Las cenizas de un alimento es un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica. Las cenizas normalmente no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en la muestra original debido a las pérdidas por volatilización o las interacciones químicas de los constituyentes.

Los elementos minerales en los alimentos se encuentran en combinaciones orgánicas e inorgánicas. Las sales inorgánicas, tales como: fosfato, carbonato, cloruro, sulfato, nitrito de sodio, potasio, calcio, son comunes. También pueden encontrarse presentes sales de ácidos orgánicos: málico, oxálico, acéticos, péptico, etc. Por otra parte ciertos elementos minerales pueden encontrarse formando complejos de moléculas orgánicas. Las cenizas contienen los elementos inorgánicos, mucho de los cuales son de interés nutricional como es el caso del calcio, fósforo, etc.

Cuando en algún producto alimenticio hay un alto contenido de cenizas se sugiere la presencia de algún adulterante inorgánico. El método más común para determinar cenizas es la calcinación en mufla a temperaturas entre 500 y 600 C°.

El valor principal de la determinación de cenizas es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitara en parte su identificación.

4.5.1 Análisis de cenizas totales de la materia prima

Procedimiento.

- Pesar exactamente 8 gramos de muestra (semilla de tara previamente clasificada en un tamiz de 6 mm de diámetro)
- Deshumedecer un crisol, llevándolo a una mufla a 550°C durante 15 minutos, luego dejarlo enfriar en un desecador durante 30 minutos, pesar
- Transferir la muestra al crisol y pesar la muestra con el crisol.
- Llevar el crisol con la muestra a una mufla a una temperatura de 550°C durante 8 horas
- Retirar el crisol con la muestra de la mufla e inmediatamente taparlo con vidrio de reloj
- Se pasa el crisol con las cenizas a un desecador durante 30 minutos, pesar
- Calculo de las cenizas totales

$$\%cenizas = \frac{(cc - c)}{W} \times 100$$

CC= Peso del crisol más la ceniza

C= Peso del crisol vacío

W= Peso de la muestra

$$\%cenizas = \frac{(21.7260 - 21.4862)}{8} \times 100 = 3\%$$

4.5.2 Análisis de cenizas totales del producto

Para determinar las cenizas totales del producto se utiliza 2 gramos de muestra (goma de Tara finamente molida) y se procede de la misma manera que para la determinación de las cenizas de la materia prima

$$\%cenizas = \frac{(cc - c)}{w} \times 100$$

CC= Peso del crisol más la ceniza

C= Peso del crisol vacío

W= Peso de la muestra

$$\%cenizas = \frac{(7.1892 - 7.1757)}{2} \times 100 = 0.6750\%$$

4.6 ANÁLISIS DE PROTEÍNAS DEL PRODUCTO (método kjeldahl)

El método Kjeldahl determina la proteína bruta de la materia nitrogenada total, esta se calcula multiplicando el nitrógeno total (N) por un factor empírico y el resultado se expresa como proteína. Estos factores se han calculado considerando los componentes básicos de un gran número de muestras del mismo alimento, para el caso de las gomas este factor es de 5.7.

4.6.1 Materiales y reactivos.

- Aparato de destilación kjeldahl
- Matras de digestión kjeldahl de 100ml
- 1 matras de 125 ml

- Sulfato de sodio
- Sulfato de cobre
- Rojo de alizarina

4.6.2 Procedimiento

a) Digestión.

- Pesar 0.6 g de muestra y se pasa a un pequeño matras de digestión kleldahl de 100 ml seco
- Se añade una mezcla de 0.3 g de sulfato de cobre y 0.7 g de sulfato de sodio y luego agregar 5 mL de ácido sulfúrico concentrado exento de nitrógeno y se mezclan por agitación.
- Se calienta el matraz en posición inclinada en una vitrina de gases hasta que el líquido hierva moderadamente, de vez en cuando se hace girar el matraz con el fin de recoger cualquier material carbonizado adherido a la pared.
- Calentar hasta que la solución tome un color azul claro
- Se diluye la mezcla con 2ml de agua quedando listo para la destilación
- Se realiza el mismo procedimiento para prepara el blanco

b) Destilación

- Se pasa vapor por el aparato de destilación kledhal.
- Se pone 20 ml de de agua destilada y 3 gotas de indicador rojo de alizarina en el matraz colector de 125 ml.

- Se transfiere la muestra proveniente de la digestión al aparato de destilación kjeldahl y se agrega 20 mL de hidróxido de sodio al 40 % y se comprueba que él liquida este alcalino (la alcalinidad se comprueba cuando él liquido pasa de azul claro a azul oscuro).
- Se pasa vapor a traves de la muestra de reacción y se destila 20ml.
- Se realiza los mismos procedimientos para destilar el blanco.
- Luego se valoran los destilados de la muestra y el blanco con ácido sulfúrico estandarizado 0.0098 N.
- Calculo del contenido de proteínas

Valoración = 5.7 ml de ácido sulfúrico 0.0098N

Blanco=0.1 ml de acido 0.0098N

1ml de ácido sulfúrico 0.1N =0.00014 g de nitrógeno entonces:

1 ml de ácido sulfúrico 0.0098N =0.0001372 g de nitrógeno

$$N_{total} = \frac{(5.7 - 0.1)}{0.6} \times 0.0001372 \times 100 = 0.1281\%$$

$$Proteina = F * N_{total}$$

F para las gomas =5.7, entonces:

$$Proteína\ bruta = 0.1281 * 5.7 = 0.730\%$$

4.7 PRUEBA DE GELIFICACIÓN DE LA GOMA

4.7.1 Materiales y reactivos

- Tubos de ensayo
- Viscosímetro Otswald N°150
- Ácido cítrico
- Bórax

4.7.2 Procedimiento

- Preparar soluciones de 0.5, 1, 1.2, 1.4, y 2.5% de bórax.
- Preparar 100 ml de una solución de goma de Tara al 0.2%
- Añadir 10 ml de solución de goma de Tara al 0.2% a 6 tubos de ensayo
- Al primer tubo de ensayo no se le agrega nada de bórax y a las demás se le agrega 3 gotas de 0.5, 1, 1.2, 1.4 y 2.5 % de bórax y se procede a agitar los tubo de ensayos vigorosamente durante 2 minutos
- Medir las viscosidades con un viscosímetro Otswald (por triplicado).

Se observa que Las soluciones de goma de Tara aumentan su viscosidad al aumentar la concentración de borato de sodio llegando incluso a formar un gel a una concentración de 2.5% de bórax. La formación de este gel indica la presencia de galactomananos en la solución esta prueba representa una manera rápida de identificar galactomananos en gomas.

Cuadro 4.8 Influencia de la concentración de bórax en la viscosidad de una solución de goma de Tara al 0.2 %

Bórax(%)	Tiempo promedio (seg.)	Factor	Vis (cst)
0	421.3	0.035	14.75
0.5	439	0.035	15.36
1	450.67	0.035	15.77
1.2	599.3	0.035	20.97
1.4	900.33	0.035	31.51
2.5	----	----	Gel

Esta reacción es completamente reversible con los cambios del pH. El gel formado por la adición de bórax desaparece al disminuir el pH del medio menores a 7, volviendo la solución a su estado original, el efecto del cambio del pH en la viscosidad de la solución goma de tara-bórax (gel formado) se da en el cuadro 4.9

Cuadro 4.9 Efecto del pH en la viscosidad de la solución goma de Tara-bórax

pH	Tiempo Promedio(seg.)	Factor(cst/seg)	VIS(cst)
10.9	----	----	Gel
9.7	596.67	0.035	20.883
8.5	510.33	0.035	17.867
6	424.67	0.035	14.87

4.8 IDENTIFICACIÓN DE GALACTOMANANOS EN LA GOMA DE TARA

4.8.1 Análisis por cromatografía de capa fina

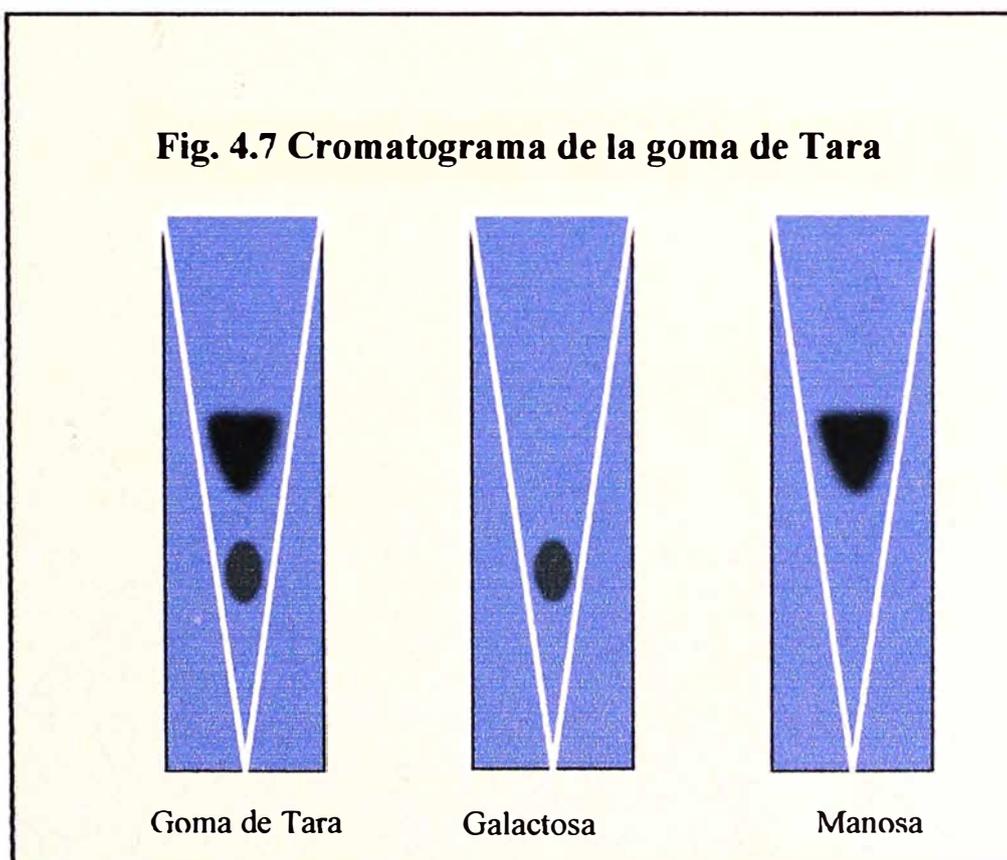
a) Materiales y reactivos

- Solvente: n-butanol / piridina / ácido acético glacial / agua (10/5/1.5/7).
- Revelador: 1 g de difenilamina en 1 ml de anilina en 50 ml de acetona y 7.5 ml de ácido fosforico, se dejo reposar 7 días antes de su uso.
- Placas cromatograficas con celulosa de fase estacionaria
- Capilares

b) Procedimiento.

- Pesar 0.5 g de goma finamente molida, se agrega 40 ml de ácido sulfúrico (1M) y se calienta a reflujo por 2 horas.
- Dejar enfriar y agregar un exceso de carbonato de bario, mezclándolo con un agitador magnético hasta que la solución alcance un pH =7.
- Separar el sulfato de bario por filtración y centrifugación.
- La solución se concentra al vacío a una temperatura de 60 °C y se disuelve en 10 mL de 40% metanol, quedando listo para ser utilizado en el análisis cromatografico.
- Se desarrolla cromatogramas de la muestra hidrolizada y patrones (galactosa , manosa) sobre placas de celulosa, en los cuales se marcan trazos en forma de V

- Se desarrolla la cromatografía ascendente a la muestra hidrolizada y a los patrones (galactosa y manosa), usando la siguiente mezcla de solventes: n-butanol / piridina / ácido acético glacial / agua (10/5/1.5/7).
- Bañar las placas con el revelador y dejarlo secar a temperatura ambiente.
- Calentar las placas durante 10 minutos a una temperatura de 100 °C, Con lo cual se identifica la presencia de manosa y galactosa en la muestra hidrolizada, comparando con los patrones de referencia. En la figura 4.7 se observa los resultados de la cromatografía de capa fina de la goma obtenida y sus patrones



4.9 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Determinación de coliformes fecales

Este análisis se realizó en el laboratorio de microbiología de la facultad de industrias alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina

a) Características de la muestra

Cuadro 4.10 Características de la muestra

Nombre de muestra	Goma de tara
Envase	Vidrio con tapa de plástico
Tipo de muestra	Sólida
Características de la muestra	Espesante
Temperatura	Ambiente

c) Resultado Del Análisis Microbiológico

Cuadro 4.11 Resultado del análisis microbiológico

Determinación	Contenido
Recuento de coliformes fecales	1.9×10^2 UFC/g

UFC: Unidades formadoras de colonias

Del análisis microbiológico se concluye que la cantidad de coliformes fecales en la goma de tara obtenida es menor que los límites máximos establecidos por la OMS, por lo tanto esta goma es apta para el consumo humano.

4.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA GOMA OBTENIDA

A continuación se presenta los resultados obtenidos de la caracterización de la goma de Tara

Cuadro 4.12 Especificaciones técnicas de la goma obtenida	
Color	Blanco
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
Apariencia	Polvo
Humedad	11.77 %
Cenizas totales	0.675 %
Proteínas	0.730 %
Solubilidad	100% en agua caliente insoluble en etanol
Tiempo de disolución	30 minutos
Viscosidad (cpo)*	5 932
Peso molecular	1 932 964
Estabilidad(pH)	3.7-10.5

* medido en solución acuosa al 1% , 25°C y 30rpm

Cuadro 4.13 Limites máximos permisibles de pureza de la goma de Tara	
Humedad	Máx. 15 %
Cenizas	Máx. 1.5 %
Proteínas	Máx. 3.5 %
Materia insoluble en acido	Máx. 2%

Fuente: comité mixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios

Cuadro 4.14: Propiedades físicas de la goma de Tara obtenida comparada con las gomas guar y algarroba

Propiedades	Goma Guar	Goma de Locust Bean	Goma de Tara
Solubilidad	100% en agua caliente insoluble en etanol	100% en agua caliente insoluble en etanol	100% en agua caliente insoluble en etanol
Tiempo de disolución (min.)	30	30	30
Viscosidad(cpo)*	6400	2200	5932
Peso molecular	1137579	1 422 579	1 932 964
Estabilidad(pH)	4-10.5	3-11	3.7-10.5

*Medido en solución acuosa al 1%, 25 °C y 30rpm

CAPITULO V

V PERFIL DE PROCESAMIENTO

5.1 Balance De Materia

Cuadro 5.1. Consumo de materiales y residuos del proceso (Base 100 kg de semillas)

Operaciones	Ingreso(Kg.)	Salida(kg.)
Tostado		
Semilla	100	
Agua		7.50
Semilla Tostada		92.50
Quebrado y tamizado		
Semilla tostada	92.50	
Cáscara, almendra y perdidas		56.20
Endospermo ha seleccionar		36.30
Selección y molienda		
Endospermo ha seleccionar	36.30	
Cáscara y almendra		12.91
Endospermo molido		23.39
Solubilización		
Agua	2 689.85	
Endospermo molido	23.39	
Mezcla gomosa		2 619.10
Agua evaporada		94.14

Cuadro 5.2. Consumo de materiales y residuos del proceso (continuación)

Operaciones	Ingreso(Kg.)	Salida(kg.)
Filtración		
Mezcla gomosa	2619.09	
Grumos		432.71
Licor gomoso		2186.38
Precipitación		
Licor gomoso	2186.38	
Alcohol	1140.67	
Mezcla alcohólica		3184.37
Goma fresca		142.68
Lavados		
Goma fresca	142.68	
Etanol 96°	128.64	128.64
Etanol acidulado	128.64	128.64
Etanol 70°	128.64	128.64
Goma lavada		142.68
Prensado		
Goma lavada	142.68	
Solución alcohólica		104.67
Goma húmeda		38.01
Secado y molienda		
Goma húmeda	38.01	
Solución alcohólica		22.90
Goma de Tara en polvo		15.20

5.2 Balance de Energía

Cuadro 5.3 Consumo de energía del proceso (base 100 Kg. de semilla)

Operaciones	Energía(BTU)
Extracción De La Goma	
Energía consumida en la solubilización de la goma	641 779.86
Energía perdida	9 655.08
Total de energía	651 434.94
Recuperación de alcohol	
Energía consumida en la recuperación de alcohol	677 854.04
Energía total consumida	1 329 288.95

5.3 Costo de Procesamiento

En una planta de producción de taninos o exportadora de polvo de Tara, que procesa 223 kg de vainas de Tara por turno, por un balance de masa se obtendrá 100 kg. de semillas, que ingresaran a la una unidad piloto de extracción de goma como materia prima. De esta cantidad, de acuerdo a los resultados experimentales se obtiene 15.2 kg de goma de Tara.

A continuación en los cuadros 5.4 y 5.5 se presentan los cálculos de costos para la producción de los dos primeros lotes de goma de Tara en una unidad piloto, que deberá ser sumado a la planta principal de taninos o de polvo de Tara (productos principales de la Tara.

Cuadro 5.4 Costo de materia prima e insumo del primer lote de una planta piloto para la producción de 15.2 kg de goma de Tara.

Descripción	Primer lote		
	Cantidad	Costo unitario(/s)	Costo total(/s)
Semilla de Tara(kg.)	100	0.00	0.00
Agua de proceso(m ³)	2.69	0.87	2.3404
Insumos			
Etanol 96 °(Gal.)	285.17	10.00	2 851.7
Combustible Disel 2 (Gal.)	9	8.00	72
Total(/s)			2926.04
Total(\$)			836.012

Cuadro 5.5 Costo de materia prima e insumos del segundo lote de una planta piloto para la producción de 15.2 kg de goma de tara.

Descripción	Segundo lote		
	Cantidad	Costo unitario(/s)	Costo total(/s)
Semilla de tara(kg)	100	0.00	0.00
Agua de proceso(m ³)	2.69	0.87	1.071
Insumos			
Etanol 96 °(gal)	28.517	10.00	285.17
Combustible Disel 2 (gal)	9	8.00	72
Total(/s)			359.51
Total(\$)			102.72

Cuadro 5.6 Costo unitario de producción de goma de tara

Costo por kilogramo de goma	
Lote1	Lote2
S/. 192.5	S/. 23.65
US\$ 55	US\$ 6.76

- Analizando el cuadro 5.4 se puede afirmar que el mayor costo que incurre la planta piloto es en la compra de etanol 96°(97.46 % de los costos totales), por lo tanto es necesario su recuperación(se puede recuperar hasta un 90% de este alcohol por destilación)
- En el Cuadro 5.5 se puede observar la disminución de los costos totales de materia prima e insumos en 815% con respecto al primer lote debido a la recuperación de la cantidad de alcohol del lote anterior. A partir del segundo lote los costos de materia prima e insumos permanecerán constantes.
- El precio de venta de la goma de algarroba (una goma de semilla de similares aplicaciones a la goma de Tara) varía de US\$ 24 a US\$ 30 el kilogramo.
- En el Cuadro 5.6 se puede observar que el costo unitario de producción de goma de tara es de 6.76 \$/kg , a excepción del primer lote que es de 55 \$/kg.
- A partir del segundo lote el costo unitario por kilogramo de goma de Tara permanecerá constante debido a que se recupera el alcohol hasta un 90%

Cuadro 5.7: Costo primo mensual para producir 912 kg. De goma de Tara

Descripción	Costo (s/.)
Materia prima e insumos	
Semilla de tara	0.00
Alcohol	17 110.2
Combustible	4 320
Agua	140.42
Total	21 570.62
Costos variables	
Mano de obra	1 500
Servicios	60
Gastos administrativos	40
Total	1 600

Egreso por costo primo mensual en soles = S./ 23 170.62

Egreso por costo primo mensual en dólares = \$ 6 620.18

CAPITULO VI

VI OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

- Con respecto a la influencia de la relación carga solvente en la extracción de la goma, se varía este parámetro en: 1/150, 1/125, 1/115, 1/110 y 1/105. Se puede observar que a relaciones mayores de 1/105 se dificulta la filtración del extracto debido a la alta viscosidad, la relación en la cual se obtiene un mayor rendimiento es: 1/115.
- Con respecto a la influencia del pH en la extracción de la goma, se varía este parámetro en: 4, 5, 6.5, 8 y 9. Se puede observar que un incremento del pH favorece la extracción. También se observa que cuando el pH es mayor a 6.5 la solución tiende a colorearse afectando de esta manera a la calidad del producto, por lo tanto el pH no deberá ser mayor de este valor. El pH elegido es: 6.5 (pH normal de la solución), valor en el cual se tiene un mayor rendimiento de goma de buena calidad.
- Con respecto a la influencia de la temperatura, se varía este parámetro en: 40, 60, 80 y 95°C. Observándose que un aumento de la temperatura favorece la extracción de la goma pero a temperaturas mayores de 80°C afecta la selectividad de la extracción pues solubilizan mayores pigmentos del endospermo afectando de esta manera la calidad del producto. La temperatura elegida es: 80°C, valor en que se tiene mayor rendimiento de goma de buena calidad.
- Con respecto a la influencia del tiempo de solubilización, se varía este parámetro en: 10, 20, 30, 40, 50 y 60 minutos, el tiempo de contacto o tiempo de solubilización de la solución ha de ser lo suficiente para extraer la mayor cantidad de goma del endospermo. Un aumento del tiempo de contacto extraerá

mayor cantidad de goma, pero esto sucede hasta un cierto límite, donde el incremento de mayor cantidad de tiempo es innecesario incrementando así el costo del proceso. El tiempo en la que se obtiene un máximo rendimiento es 40 minutos.

- En la precipitación del extracto gomoso se usa etanol 96° en un 65 % en volumen, menor cantidad de alcohol no precipitara la goma completamente y mayores cantidades de alcohol originaran mayores costos al proceso.
- El peso molecular de la goma de Tara calculado por el método viscosimétrico es de 1 932 964, este valor obtenido por este método no es exacto y debe de ser comprobado con otros métodos.
- En lo que respecta a la influencia de la temperatura en la viscosidad de la goma de Tara, un aumento de la temperatura trae consigo una disminución en la viscosidad de la solución, esto es reversible recuperando su viscosidad original al enfriarse.
- Con respecto a la influencia de la concentración en la viscosidad de las soluciones de goma de Tara, Las soluciones de goma aumentan su viscosidad al aumentar la concentración, incluso puede llegar a formar un gel a concentraciones mayores a 1.5%.
- Con respecto a la influencia del pH en la viscosidad de las soluciones de goma de Tara, esta es estable en el rango de pH de 3.7 –10.5, por lo que se sugiere su aplicación en la industria alimentaria.
- Las soluciones de goma de Tara al 1% de concentración disminuyen su viscosidad al aumentar el gradiente de velocidad de corte, es decir, el líquido aparentemente se hace más fluido, entonces se puede afirmar que la solución se comporta como un fluido seudoplástico.

- Los residuos de la semilla que se obtiene en las etapas de tostado y quebrado pueden ser usados en la producción de aceite y harina proteica para la fabricación de alimentos balanceados para animales.
- Los grumos provenientes de la etapa de filtración se pueden usar como adhesivos de papeles.
- En la etapa de selección del endospermo se debe de evitar en lo mínimo posible la contaminación con cáscara de la semilla, porque de esta se extrae mayores pigmentos en la solubilización coloreando la solución a un color marrón, lo cual tendría que blanquearse con carbón activado u otros decolorantes permitidos lo que hará más costoso el producto final.
- La goma obtenida tiene una viscosidad de 5932 cpo medido a 1% de concentración, a temperatura de 25°C y 30rpm, esta viscosidad es mayor que la goma de algarroba (2200cpo) y ligeramente menor que la goma de guar (6400 cpo). Por lo tanto esta goma puede remplazar en sus aplicaciones a la goma de guar y algarroba y competir en sus aplicaciones con las gomas de otras fuentes.
- La goma obtenida en el laboratorio es de color blanco, insípido e inodoro lo cual es una característica muy importante en la comercialización de los hidrocolides.
- Los parámetros elegidos en la etapa de extracción para obtener mayor rendimiento de goma de buena calidad son: pH=6.5, Relación carga solvente=1/115, T=80°C, y Tiempo=40 minutos. El análisis estadístico confirma la elección de estos parámetros como punto de mayor rendimiento de goma de buena calidad.
- La cantidad de goma obtenida de la semilla de tara es de 15.2%

- Se obtiene 1.3 kg de goma de tara por cada 100 kg de alcohol usado para la precipitación, el cual se puede recuperar hasta en un 90% por destilación.
- El análisis físico químicos de la goma de Tara da como resultado; 11.77% de humedad, 0.67% de cenizas totales y 0.73 % de proteínas totales lo cual cumple con los límites máximos permisibles propuesta por la FAO/OMS .Por lo tanto esta goma obtenida en el laboratorio puede exportarse.
- La goma obtenida en laboratorio es soluble parcialmente en agua fría y totalmente soluble en agua caliente.
- De acuerdo al análisis microbiológico la goma obtenida cumple con los requisitos de la norma de la OMS, por lo tanto esta goma es apta para el consumo humano.
- El recurso es apreciable pues puede tener factibilidad económica, por cuanto los costos de producción son bajos, ya que la materia prima es un residuo que esta cada vez en abundancia por el aumento de las exportaciones de polvo de Tara. Asimismo el precipitante usado es el alcohol, que se recupera por destilación hasta un 90%.

CAPITULO VII

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. **Barriga,C.**, “El cultivo de Tara, seminario alternativa para el desarrollo de la sierra”, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga 1994 .
2. **Céspedes, R.H.**, “Extracción de goma de algarrobo (locust bean)”, Tesis ing. Industrias Alimentarias UNALM Lima Perú 1985.
3. **Chien, J.Y.**, “Determination of molecular weight of high polymers”, Program for scientific translations Jerusalem Israel 1963.
4. **Davidson, R. L.**, “Water soluble resins”, Marchal sitting new; York 1966
5. **Earle, R.L.**, “Ingeniería de alimentos” editorial acribia S.A, Zaragoza España 1988
6. **Glicsman, M.**, “Natural polysaccharide in the industry”, Academic press, New York EE.UU 1979
7. **Hans Deter, B.**, “Química de los alimentos”, editorial Acribia S.A Zaragoza, España 1988
8. **Howes, F.N.**, “Vegetables gums and resins” ,Waltham, Mas, Chronic botanic company U.S.A 1949
9. **Huamani, W.**, “La Tara requerimiento y distribución” INRENA Ministerio De Agricultura Lima Perú 1994

10. **Informe técnico.**, “Proyecto nacional de manejo de cuencas hidrográficas y conservación de suelos (PRONAMACHS)”, Ministerio De Agricultura Lima Perú 1995
11. **Cern, D.**, “Proceso de transferencia de calor” compañía editorial continental S.A , México , 1997
12. **Marques, C.**, “Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas”, editorial McGraw-Hill interamericana de México 1991
13. **Mason, F.C.**, “Dr consulting chemist. Chemical specialities-patent specification of locust bean” 1970.
14. **Megyesy, E.F.**, “Manual de recipientes, presión , diseño y calculo”, editorial Limusa, 1998
15. **Mitac, M.**, “Tópicos de inferencia estadística”, editorial San Marcos Lima Perú 1990
16. **Neira, M. E.**, “Síntesis de una macromolécula para intercambio iónico por vía de radicales libres” Tesis ing. Química UNI Lima Perú
17. **Ordóñez, P.**, “Tecnología de los alimentos”, editorial síntesis volumen I. Madrid, España 1998
18. **Pastor, V.A.**, “Extracción por solventes, caracterización y refinación de aceite de semilla de tara” Tesis ing. Industrias alimentarias, UNALM Lima Perú 1977
19. **Meter, Felows.**, “Tecnología del procesado de los alimentos”, editorial acriba Zaragoza, España 1998

20. **Person, D.**, “Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos”, editorial acriba Zaragoza España 1976
21. **Reynel, C., y León J.** “Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos. Tomo I y II proyecto FAO/Holanda/DGFF Lima Perú 1990
22. **Sicha, A.**, “Determinación cuantitativa de galactomananos en las gomas de tara, charan y uña de gato, por cromatografía de gases”, boletín de la sociedad química del Perú, PUCP 1994.
23. **Sifuentes, A.**, “Agroindustria de la tara-enfoque ilustrativo de los múltiples usos de la tara a nivel agroindustrial y aprovechamiento industrial de la tara”, Facultad de industrias alimentarias UNALM Lima Perú 1994
24. **Smith, F.**, “The chemistry of plant gums and mucilages” New York, Renhold, Publishing Corp, 1959
25. **Thaysen, A.C. AND Bunker, H.J.**,”The Hydrobiology of cellulose, hemicelluloses , pectin and gums.” London , oxford Univ. Press 1927
26. **Whistler, R.L.**, “Industrial gums polysaccharides and their derivates”, academic press new York and London 1959
27. **Wittcof, H.**, “Productos químicos orgánicos industriales”, editorial Limusa S.A México 1985

Bibliografía Obtenida De Internet

28. **Aduanet online**, partidas N°s: 1404103000 y 3202909000

29. **Aspinall, Gerald O.**, “The polysaccharides”, Academic press, New York 1985.
30. **Comité Mixto FOM/OMS De Expertos En Aditivos Alimentarios(JECFA)**, “Base de datos sobre aditivos alimentarios” desde su primera reunión hasta su 55ª reunión (1956-2000)
31. **Dirección de productos forestales, FAO, Roma oficina regional de la FAO para América Latina y el caribe**, “Memoria-consulta de expertos sobre productos forestales no maderables para América latina y el caribe”, serie forestal N°1, Santiago Chile 1995
32. **Glicksman, Martin**, “Food hydrocolloids”; CRC Press,1980
33. **Timm Fritz**, “Fabricación de helados”,Editorial Acribia, Zaragoza España 1989
34. **Multon J. L.**, “Aditivos y auxiliares de fabricación en industrias agroalimentarias, Editorial Acribia, Zaragoza, 1988
35. **Organización Mundial De La Salud**, “manual de resoluciones de la asamblea mundial de la salud y del consejo ejecutivo” , 3 ed ginebra OMS 1992
36. **Whistler, Roy L.**,”Industrial Gums”, Academic Press, New York 1973

CAPITULO VIII

VIII. APÉNDICE

APÉNDICE A

GOMAS EN LAS FORMULACIONES DE ALIMENTOS

Cuadro 8.A.1 Limite Máximo Permisible De Goma De Guar Y Algarroba en alimentos

Alimentos	Porcentaje de goma(%)
Quesos	0.8
Gelatinas, pudines y rellenos	0.75
Jugos y jaleas	0.75
Bebidas no alcohólicas	0.25
Polvo para hornear	0.15
Otras categorías de alimentos	0.5

Fuente: FDA

Cuadro 8.A.2 Composición de las gommas en la formulación de helados

Componentes solidos	Composición (%)
Grasa de mantequilla	10
Leche	12
Azúcar	11
Sólidos de jarabe de maíz	5
Estabilizante/emulsificador	0.3
Total De Sólidos	38.3

APÉNDICE B

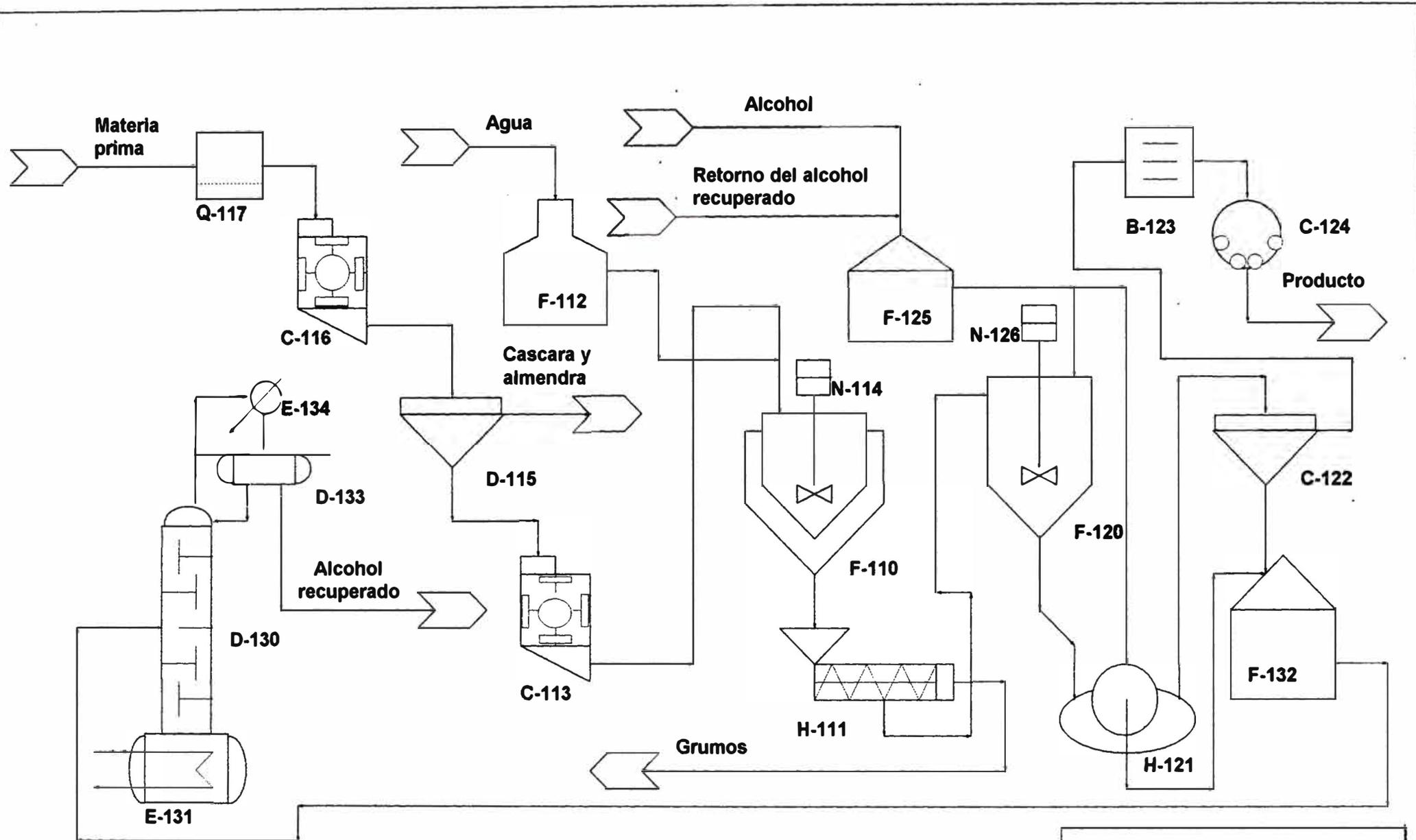
ESPECIFICACIONES DE LOS PRINCIPALES EQUIPOS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA DE LA SEMILLA DE TARA EN UNA PLANTA PILOTO

Con respecto a las especificaciones de los principales equipos para la unidad piloto de extracción de goma de la semilla de Tara se toma como referencia los resultados obtenidos en el laboratorio así como las condiciones de operación observadas en ella.

Para obtener las especificaciones de los equipos necesarios para la elaboración del producto se debe de considerar los siguientes aspectos:

- Proceso discontinuo que permite la flexibilidad del proceso
- Insumos que se utiliza (semillas ,agua ,Alcohol)
- Cantidad de semillas procesada por turno= 100 Kg.
- Equipos de producción no necesariamente sofisticados encontrados Muy fácilmente en el mercado
- Maniobrabilidad de los insumos
- Obtener un producto de buena calidad

A continuación se presentan las especificaciones de los principales equipos para el procesamiento de 100 kg de semilla de Tara por turno con el cual se obtendrá 15.2 kg de goma de Tara de buena calidad basados en el diagrama de flujo de proceso de esta unidad piloto



**Diagrama de flujo del proceso
Extracción de goma de la semilla
de Tara en una planta piloto**

Por: JLMR Fecha: _ 9-06-04

Cuadro 8.B.1 Identificación de los equipos en el diagrama de flujo del proceso

Código	Equipos
Q-117	Horno de tostado
C-116	Molino descascarador
D-115	Tamiz
C-113	Molino pulverizador
F-112	Tanque de agua
F-110	Tanque de extracción
F-125	Tanque de alcohol
F-120	Tanque de precipitación
N-114	Turbina del tanque de extracción
N-126	Turbina del tanque de precipitación
B-123	Secador
C-124	Molino de bolas
D-130	Columna de destilación
E-131	Rehervido
D-133	Acumulador
E-134	Condensador
H-111	Filtro de tornillo
H-121	Filtro de de lavado
D-122	Tamiz con lavado
F-132	Tanque de recuperación de alcohol

a) Especificaciones del horno de tostado

Cuadro 8.B.2

Especificaciones Del Horno De Tostado		
Identificación:	Item Horno	Código: Q-117
		Cantidad: 1
Función : Tostado de la semilla para permitir la separación del endospermo		
Características: Horno cilíndrico de calentamiento constante Fabricado en plancha LAC, con revestimiento de fibra de vidrio, Un Tambor interno de 600mm de diámetro x un largo de 3500mm., un tambor externo de doble capa de 800mm y 600mm de diámetro x un Largo de 4000 mm		
Accesorios: Tolva de alimentación y salida constante		
Capacidad : 50kg/tostada		
Controles : De temperatura		
Potencia: 3 HP.		

b) Especificaciones de los molinos

Cuadro 8.B.3

Especificaciones Del Molino Descascarador		
Identificación:	Item Molino	Código: C-116
		Cantidad: 1
Función: Quebrado de la semilla tostada		
Características : Caja de fierro enchapada en acero inoxidable con 24 martillos locos con malla de acero inoxidable, con malla de ½".		
Accesorios : Tolva de carga y descarga por gravedad		
Capacidad: 8 kg/min		
Potencia: 10 HP		

Cuadro 8.B.4

Especificaciones del molino pulverizador		
Identificación: Item Molino	Código: C-113	Cantidad:1
Función : Molienda del endospermo para facilitar la extracción de la goma		
Características: molino micropulverizador de martillo con 2 zarandas de 0.5 mm y 3.17 mm , 72 martillos todo en acero inoxidable		
Accesorios: Ciclón con válvula de control y descarga		
Capacidad: 3-10kg/min		
Potencia: 15 HP		

c) Especificaciones de los tanques

Para determinar las especificaciones de los tanques ha usar en la extracción de la goma se debe de determinar el volumen de diseño en cada tanque. Para obtener este volumen se debe de tener en cuenta la cantidad de endospermo molido que entra al tanque de extracción y las condiciones de operación observadas en laboratorio.

La cantidad de semilla que se procesa por turno en la planta piloto para la extracción de goma de la semilla de tara es de 100 kg , de lo observado en laboratorio y por un balance de masa se obtiene 23.39 kg de endospermo molido que entra al tanque de extracción de goma de acuerdo al diagrama de flujo de proceso de la planta piloto.

Endospermo molido procesado por turno =23.39 kg

la capacidad del tanque de extracción, de precipitación y de los recipientes de almacenamiento se calcula mediante la relación:

$$Capacidad = \frac{M}{\rho}$$

M=Masa que ingresa al equipo en kg

ρ =densidad de la solución en kg/m³

Este volumen calculado se le denomina volumen nominal (Vn). El volumen de diseño (Vdiseño) se calcula usando un factor de seguridad del 20% sobre el dimensionamiento excepto para el tanque agitado de extracción y de precipitado que se les dará un 30% por razones practicas derivadas de la observación de laboratorio

En el Cuadro 8.B.5 se resume la capacidad de los tanques de almacenamiento, de extracción y precipitación

Cuadro 8.B.5 Capacidad de los tanques de almacenamiento, de extracción y precipitación

Codigo	Descripción	Masa(kg)	Dens (kg/m³)	Vn (m³)	Vd (m³)	Vd(pie³)
F-112	Tanque de agua	2 689.85	1000	2.69	3.23	114.06
F-110	Tanque de extracción	2 713.24	983	2.76	3.59	126.79
F-120	Tanque de precipitación	3 327.05	906.7	3.67	4.77	168.56
F-125	Tanque de alcohol	1 140.67	789	1.46	1.73	61.30
F-132	Tanque de recuperación	3 674.96	921.6	3.99	4.79	169.08

Cuadro 8.B.6

Especificaciones Del Tanque De Dosificación De Agua	
Identificación: Item Tanque Código: F-112 Cantidad: 1	
Función:	Dosificación de agua del proceso
Operación:	Discontinuo o batch
Tipo:	Vertical cilíndrico
Material:	Acero inoxidable 316
Capacidad:	114.06 pie ³
Diámetro:	4.6 pie
Altura:	6.86 pie
Tapa:	Techo plano
Base:	Tronco plano
Servicios auxiliares:	Se usara agua tratada a temperatura de proceso
Controles:	Control de nivel y de temperatura optima
Aislamiento:	Ninguno
Observaciones:	Tuberías de acero inoxidable 316, con válvulas del mismo material

Cuadro 8.B.7

Especificaciones Del Tanque De Extracción De Goma

Identificación: Item Tanque Código: F-110 Cantidad: 1

Función: Tanque de extracción del licor gomoso

Operación: Discontinuo o Batch

Tipo: Vertical cilíndrico

Material: Acero inoxidable 316

Capacidad: 126.79 pie³

Diámetro : 4.7 pie

Altura: 7.3 pie

Tapa: Techo plano

Base : Tronco cónico, con brida de 3 pulg. para descarga

Agitador: Hélice o turbina (84 rpm)

Servicios auxiliares: Se usara agua tratada

Agitador: Hélice o turbina de acero inoxidable

Controles: Control de nivel, temperatura, tiempo y pH

Aislamiento: Enchaquetado para mantener a la temperatura de proceso

Observaciones: Tuberías de acero inoxidable 316, con válvulas del mismo material

Cuadro 8.B.8

Especificaciones del tanque de precipitación	
Identificación: Item tanque Código: F-120 Cantidad: 1	
Función:	Precipitación de la goma
Operación:	Discontinuo o Batch
Tipo:	Vertical cilíndrico
Material:	Acero inoxidable 316
Capacidad:	168.56 pie ³
Diámetro :	5.3 pie
Altura:	7.64 pie
Tapa:	Techo plano
Base:	Tronco Cónico con brida de 3 pulg. para descarga
Agitador:	Hélice o turbina (126 rpm)
Controles:	Control de nivel, control de temperatura
Aislamiento:	Ninguno
Observaciones :	Tuberías de acero inoxidable 316 con válvulas del mismo Material

Cuadro 8.B.9

Especificaciones del tanque de dosificación de alcohol	
Identificación:	Item tanque Código: F-125 Cantidad: 1
Función:	Dosificación de alcohol 96°
Operación:	Discontinuo o Batch
Tipo:	Vertical cilíndrico
Material:	Acero inoxidable 316
Capacidad:	61.30 pie ³
Diámetro :	3.8 pie
Altura:	5.4 pie
Tapa:	Techo plano
Base:	Tronco plano
Servicios auxiliares:	Se usara alcohol etílico grado 96
Controles:	Control de nivel
Aislamiento:	Ninguno
Observaciones:	Tuberías de acero inoxidable 316, con válvula del mismo Material

Cuadro 8.B.10

Especificaciones del tanque de recuperación de alcohol	
Identificación: Item tanque Código: F-132 cantidad: 1	
Función:	tanque de recuperación de alcohol
Operación:	Discontinuo o Batch
Tipo:	Vertical cilíndrico
Material:	Acero inoxidable 316
Capacidad:	169.08 pie ³
Diámetro :	5.3 pie
Altura:	7.66 pie
Tapa:	Techo plano
Base:	Tronco plano
Servicios auxiliares:	Bomba para equipo de destilación
Controles:	Control de nivel
Aislamiento:	Ninguno
Observaciones :	Tuberías de acero inoxidable 316 con válvulas del mismo material

APÉNDICE C

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

a) Metodología de análisis de varianza

1) Formulación de hipótesis

En un modelo de clasificación de una variable frecuentemente estamos interesados en contrastar la hipótesis nula de que todas las muestras proceden de una misma población

$N(\mu, \sigma^2)$ o no, esto es :

$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_k = \mu$ (o los efectos de los tratamientos son iguales)

$H_1: \text{no todos los } \mu_k \text{ son iguales (o los efectos de los tratamientos no son iguales).}$

Se debe notar que aunque la hipótesis nula H_0 sea válida, los X_j no son todos iguales, pues trabajamos con una muestra de la población total de las medias muestrales. El método será contrastar si la variación notada en los X_j es mayor del que se podría esperar bajo la hipótesis H_0 de que las medias son constantes. Si las medias de los tratamientos X_j son diferentes, podemos esperar que ocurra mayor variabilidad en los X_j , el que podría indicar un rechazo de H_0 , concluyendo de que el tratamiento escogido tiene influencia sobre la variable en estudio.

2) Nivel de significancia : α ($0 < \alpha < 1$).

3) Construcción de la tabla de análisis de varianza

Si admitimos que H_0 es verdadero, podemos estimar la varianza común σ^2 de la siguiente manera:

Se estima la varianza común por medio de cada una de las k muestras. Así, para el j -ésimo tratamiento, tenemos:

$$S^2_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n_j - 1}, \quad j=1,2,\dots,k$$

Entonces el estimador de la varianza común σ^2 será dado por la media aritmética de los S^2_j ponderados por sus respectivos grados de libertad $\Phi_j = n_j - 1$, esto es:

$$S^2_r = \frac{\Phi_1 S^2_1 + \dots + \Phi_k S^2_k}{\Phi_1 + \dots + \Phi_k} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n - k}$$

Bajo la condición de que H_0 es verdadera o no, tenemos $E[S_r^2] = \sigma^2$

El numerador de la expresión (1) le llamaremos suma de cuadrados de error y lo denotamos por

$$\text{SCE} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{n - k}$$

Se tiene además que:

$$\frac{(n_j - 1)S^2_j}{\sigma^2} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{\sigma^2} \sim \chi^2(n_j - 1)$$

Como las muestras aleatorias $X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{n_jj}$, $j=1, 2, \dots, k$ son independientes, entonces:

$$\frac{SCE}{\sigma^2} = \frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2}{\sigma^2}$$

Una fórmula práctica para calcular SCE es:

$$SCE = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}^2 - \sum_{j=1}^k \frac{T_j^2}{n_j}$$

También podemos escribir SCT como:

$$SCT = \sum_{j=1}^k n_j (\bar{X}_j - \bar{X})^2 + \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$$

$$SCT = SCTR + SCE$$

Esto es, la variación total es igual a la suma de la variación entre tratamientos y la variación residual.

Resumiendo si H_0 es verdadera, las variaciones SCT/σ^2 , $SCTR/\sigma^2$ y SCE/σ^2 tienen distribución chi-cuadrado con $n-1$, $k-1$ y $n-k$ grados de libertad, respectivamente.

Así:

$$\chi^2_{(n-1)} = \chi^2_{(k-1)} + \chi^2_{(n-k)}$$

Nota: $n-1 = (k-1) + (n-k)$. Siendo esta la condición necesaria y suficiente para que $\chi^2_{(k-1)}$ y $\chi^2_{(n-k)}$ sean independientes.

Luego:

$$F = \frac{\frac{SCTR}{\sigma^2} / (k-1)}{\frac{SCE}{\sigma^2} / (n-k)} = \frac{S^2_{TR}}{S^2_r} \sim F(k-1, n-k)$$

Podemos resumir algunos de los resultados importantes obtenidos anteriormente en una tabla; esta tabla es usualmente conocida como la tabla de análisis de varianza (ANAVA)

Cuadro 8.C.1 ANAVA para un modelo de clasificación de una variable Completamente aleatorizada

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio o varianza	Razón F calculada
Ente tratamientos	SCTR	k-1	$CMTR = \frac{SCTR}{k-1} = S^2_{TR}$	$F_{CAL} = \frac{CMTR}{CME}$
Dentro de los tratamientos(error)	SCE	n-k	$CME = \frac{SCE}{n-k} = S^2_r$	
Total	SCE	n-1		

4) Región crítica:

La región crítica de la prueba de tamaño α es dada por:

$$C = \{ F_{cal} : F_{cal} > F_{\alpha}(k-1, n-k) \}$$

5) Conclusión

Si $F_{cal} > F_{tab} = F_{\alpha}(k-1, n-k)$, se rechaza H_0 y concluimos de que hay diferencia entre las medias y por lo tanto hay influencia de los tratamientos sobre la variable analizada.

b) Prueba del rango múltiple de Duncan

La prueba de rango múltiple de Duncan determina la diferencia entre pares de medias después que se ha rechazado la hipótesis nula en el análisis de varianza. La prueba del rango múltiple de Duncan determina una estimación puntual o una estimación por intervalos de confianza

1) Requisitos

- Homogeneidad de la varianza entre tratamientos
- Orden en los promedios a tratar
- Pares de comparación de promedios según tratante

2) Hipótesis

H_0 = los tratamientos son iguales entre si

H_1 = los tratamientos tienen efectos desiguales

3) Determinar un nivel de significancia ($0 < \alpha < 1$)

4) Determinar la desviación estándar de los promedios:

$$S_x = \sqrt{\frac{CME}{n}}$$

5) Con los grados de libertad de error, el nivel de significancia elegido y un valor “p” que indica el N° de tratamientos, se muestra la amplitud estandarizada significativos de Duncan (AES(D)) que se representa en el Cuadro 8.C.2

$$AES(D) = \int (gl, \alpha, p)$$

Estos valores son multiplicados sucesivamente por la desviación estándar de los promedios para dar los valores de las amplitudes limites de significancia de Duncan(ALS(D))

$$ALS(D) = AES(D) \cdot SX$$

6) Se ordenan los promedios de los tratamientos en forma creciente y se les codifica con números romanos, por mayor sencillez en la comparación

7) Se compara el promedio mas alto con el promedio más bajo y la diferencia se compara si es mayor o menor que la ALS(D) que corresponde al valor p del N° de lugares hay entre los que se comparan entre ellos en forma ordenada sucesivamente hasta terminar con los (t2) comparación

8) Se construye la tabla de decisión $X_k > X_m$

Si $X_k - X_m \geq ALS(D)$ se rechaza H_0

Si $X_k - X_m < ALS(D)$ se acepta H_0

9) Conclusión

- i. Al aceptar H_0 implica que los tratamientos tienen igual efecto
- ii. Rechazar H_0 indica que hay diferencia significativa entre los tratamientos en estudio.

Cuadro 8.C.2 Amplitud Estandarizada Significativos de Duncan (AES(D))

($\alpha = 5\%$)

$g.l.^k$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97	17.97
2	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085	6.085
3	4.501	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516	4.516
4	3.927	4.013	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033	4.033
5	3.635	3.749	3.797	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814	3.814
6	3.461	3.587	3.649	3.680	3.694	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697	3.697
7	3.344	3.477	3.548	3.588	3.611	3.622	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626	3.626
8	3.261	3.399	3.475	3.521	3.549	3.566	3.575	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579	3.579
9	3.199	3.339	3.420	3.470	3.502	3.523	3.536	3.544	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547	3.547
10	3.151	3.293	3.376	3.430	3.465	3.489	3.505	3.516	3.522	3.525	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526	3.526
11	3.113	3.256	3.342	3.397	3.435	3.462	3.480	3.493	3.501	3.506	3.509	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510	3.510
12	3.082	3.225	3.313	3.370	3.410	3.439	3.459	3.474	3.484	3.491	3.496	3.498	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499	3.499
13	3.055	3.200	3.289	3.348	3.389	3.419	3.442	3.458	3.470	3.478	3.484	3.488	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490	3.490
14	3.033	3.178	3.268	3.329	3.372	3.403	3.426	3.444	3.457	3.467	3.474	3.479	3.482	3.484	3.484	3.485	3.485	3.485
15	3.014	3.160	3.250	3.312	3.356	3.389	3.413	3.432	3.446	3.457	3.465	3.471	3.476	3.478	3.480	3.481	3.481	3.481
16	2.998	3.144	3.235	3.298	3.343	3.376	3.402	3.422	3.437	3.449	3.458	3.465	3.470	3.473	3.477	3.478	3.478	3.478
17	2.984	3.130	3.222	3.285	3.331	3.366	3.392	3.412	3.429	3.441	3.451	3.459	3.465	3.469	3.473	3.475	3.476	3.476
18	2.971	3.118	3.210	3.274	3.321	3.356	3.383	3.405	3.421	3.435	3.445	3.454	3.460	3.465	3.470	3.472	3.474	3.474
19	2.960	3.107	3.199	3.264	3.311	3.347	3.375	3.397	3.415	3.429	3.440	3.449	3.456	3.462	3.467	3.470	3.472	3.473
20	2.950	3.097	3.190	3.255	3.303	3.339	3.368	3.391	3.409	3.424	3.436	3.445	3.453	3.459	3.464	3.467	3.470	3.472
24	2.919	3.066	3.160	3.226	3.276	3.315	3.345	3.370	3.390	3.406	3.420	3.432	3.441	3.449	3.456	3.461	3.465	3.469
30	2.888	3.035	3.131	3.199	3.250	3.290	3.322	3.349	3.371	3.389	3.405	3.418	3.430	3.439	3.447	3.454	3.460	3.466
40	2.858	3.006	3.102	3.171	3.224	3.266	3.300	3.328	3.352	3.373	3.390	3.405	3.418	3.429	3.439	3.448	3.456	3.463
60	2.829	2.976	3.073	3.143	3.198	3.241	3.277	3.307	3.333	3.355	3.374	3.391	3.406	3.419	3.431	3.442	3.451	3.460
120	2.800	2.947	3.045	3.116	3.172	3.217	3.254	3.287	3.314	3.337	3.359	3.377	3.394	3.409	3.423	3.435	3.446	3.457
∞	2.772	2.918	3.017	3.089	3.146	3.193	3.232	3.265	3.294	3.320	3.343	3.363	3.382	3.399	3.414	3.428	3.442	3.454

APÉNDICE D

CALCULO DEL BALANCE DE ENERGÍA (Base 100 kg de semilla procesada)

a) Energía usada En La Etapa De Solubilización.

1) Calculo del calor absorbido

$$Q_{Sensible} = q_{agua} + q_{endospermo} \quad (8.D.1)$$

$T_1 = 80^\circ \text{C}$ (Temperatura final de calentamiento)

$T_2 = 20^\circ \text{C}$ (Temperatura ambiente (inicial))

- Calculo del calor sensible absorbido por el agua:

$$q_{agua} = mc_p \Delta T \quad (8.D.2)$$

$$\Delta T = 60^\circ \text{C}$$

$$q_{agua} = 2689.85 \text{kg} * (1 \text{cal} / \text{g}^\circ \text{C}) * (80 - 20)^\circ \text{C} = 161391 \text{ kcal}$$

- Calculo del calor absorbido del endospermo:

De acuerdo con el procedimiento de Earle R (ing. de alimentos)

$$C_{P\text{Endospermo}} = (4.19p/100) + 0.84 * \frac{(100 - p) \text{KJ} / \text{kg}^\circ \text{C}}{100} \quad (8.D.3)$$

p: Humedad (para el endospermo de la semilla de tara)

De los cálculos obtenidos en laboratorio: $p=13.2\%$

Entonces reemplazando en la ecuación 8.D.3

$$C_{p\text{endospermo}} = 1.282 \text{ KJul/Kg}^\circ\text{C} = 0.306 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C}$$

$$q_{\text{endospermo}} = m C_{p\text{endospermo}} \Delta T \quad (8.D.4)$$

$$Q_{\text{endospermo}} = 23.39 \text{ Kg} * 0.306 * 60 = 36.722 \text{ cal} = 429.44 \text{ Kcal}$$

Por lo tanto:

$$Q_{\text{Sensibleabsorbido}} = q_{\text{agua}} + q_{\text{endospermo}} \quad (8.D.5)$$

$$Q_{\text{sensibleabsorbido}} = 161\,391 \text{ Kcal} + 429.44 \text{ Kcal} = 161\,820.44 \text{ Kcal} = 641\,779.86 \text{ BTU}$$

2) Calor perdido

$$Q_{\text{perdido}} = q_{\text{conveccion}} + q_{\text{radiacion}} \quad (8.D.6)$$

$$q_{\text{conveccion}} = h A \Delta T \quad (8.D.7)$$

$$h = k \Delta T^{0.25} \quad (8.D.8)$$

Donde $k = 0.3 \text{ BTU}/(\text{Hr pie}^2 \text{ R}^\circ)$

$$\Delta T = 60^\circ C = 561.78^\circ R$$

Entonces reemplazando en 8.D.8:

$$h=1.4605$$

$$Q_{\text{convección}} = 14\,230.32 \text{ BTU/H}$$

$A=17.35 \text{ pie}^2$ (área de exposición del tanque de 4.7 pie de diámetro)

$$q = \sigma \epsilon_1 A (T_1^4 - T_2^4) \quad (8.D.9)$$

$$\epsilon_1 = 0.79 \quad (\text{Emisividad de tablas de Kern Donald})$$

$$T_1 = 85^\circ C = 210.6^\circ F = 670.6^\circ R$$

$$\sigma = 0.173 \times 10^{-8}$$

$$T_2 = 80^\circ C = 201.6^\circ F = 661.6^\circ R$$

Reemplazando en 8.D.9:

$$Q_{\text{radiación}} = 2\,523 \text{ BTU/H}$$

Entonces el calor perdido será:

$$Q_{\text{perdido}} = 14\,230.32 + 252.3 = 14\,482.62 \text{ BTU/H}$$

Tiempo de proceso 40 minutos

$$q_{perdido} = 14482.62 \text{ BTU} / \text{Hr} * 40 \text{ min} * 1 \text{ Hr} / 60 \text{ min} = 9655.08 \text{ BTU}$$

$$Q_{total} = 641779.86 + 9655.08 = 651434.94 \text{ BTU} = 164260.71 \text{ Kcal}$$

b) Energía usada en la recuperación de alcohol

Dato:

En la etapa de precipitación se quiere recuperar 3184.37 kg de una mezcla de solución alcohólica compuesta de 2151.6 kg de agua y 1032.77 kg de alcohol

$$Q_{sensible} = q_{agua} + q_{alcohol} \quad (8.D.10)$$

$$T_1 = 78^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 20^\circ \text{C}$$

Calor absorbido por el agua

$$q_{agua} = mC_p \Delta T \quad (8.D.11)$$

$$C_{p_{agua}} = 1 \text{ cal} / \text{g}^\circ \text{C}$$

$$\Delta T = 58^\circ \text{C}$$

$$q_{alcohol} = 1032.77\text{kg} * 0.77\text{cal} / \text{g}^{\circ}\text{C} * (78 - 20)^{\circ}\text{C} = 46123.5\text{Kcal}$$

$$q_{agua} = 2151.6\text{kg} * 1\text{cal} / \text{g}^{\circ}\text{C} * (78 - 20)^{\circ}\text{C} = 124792.8\text{Kcal}$$

Entonces el calor sensible en la recuperación de alcohol es:

$$Q_{sensible} = 46123.5\text{Kcal} + 124792.8 = 170916.3\text{Kcal} = 677854.04\text{BTU}$$

C) Energía total del proceso

$$E_{total} = E_{extraccion} + E_{recu.alcohol}$$

$$E_{total} = 651\,434.94\text{ BTU} + 677\,854.04\text{ BTU} = 1\,329\,288.98\text{ BTU}$$

APÉNDICE E

CONSTANTES DEL INSTRUMENTO DE LOS VISCOSÍMETROS USADOS

Cuadro 8.E.1 Constantes de instrumento del viscosímetro Ostwald

Medida N°	Constante del instrumento(cst/seg)	Rango De viscosidad Cinematica(cst)
25	0.002	0.5-2
50	0.004	0.8-4
75	0.008	1.6-8
100	0.015	3-15
150	0.035	7-35
200	0.1	20-100
300	0.25	50-250
350	0.5	100-500
400	1.2	240-1 200
450	2.5	500-2 500
500	8	1 600-8 000
600	20	4 000-20 000

200 segundos como mínimo y 1000 segundos como máximo

Cuadro 8.E.2 Factor del instrumento para el viscosímetro Brockfield modelo LVT

Numero de revoluciones por minuto	Factor
0.3	20 000
0.6	10 000
1.5	4 000
3	2 000
6	1 000
12	500
30	200
60	100