



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETROQUÍMICA

**DESARROLLO DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A BASES DE TORTAS RESIDUALES DE SEMILLAS OLEAGINOSAS Y GOMAS NATURALES PARA SU APLICACIÓN COMO RECUBRIMIENTO DE ALIMENTOS**

Javier Sayavedra Delgado



INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

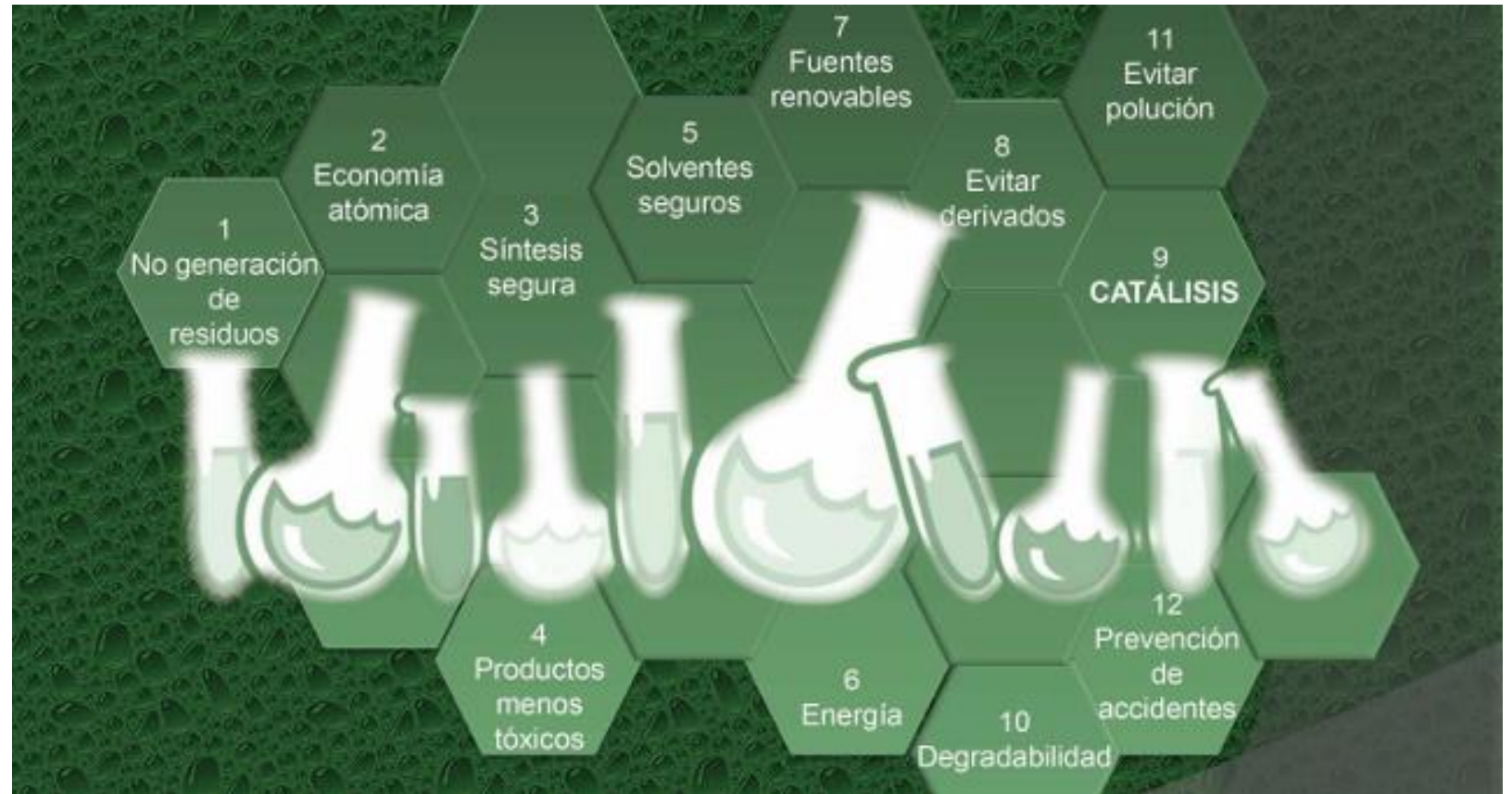
METODOLOGÍA

RESULTADOS

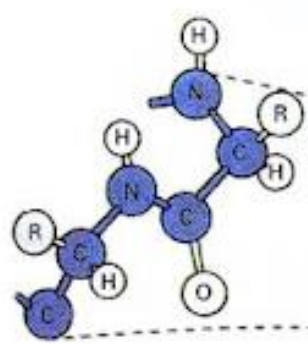
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



## QUÍMICA VERDE



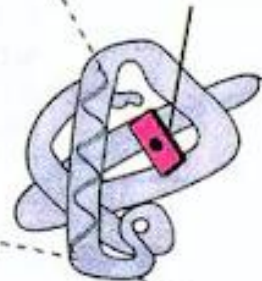
## Proteína



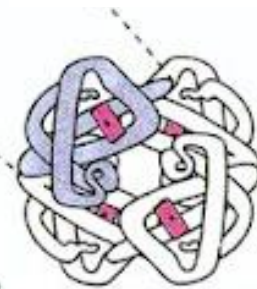
Estructura primaria



Estructura secundaria

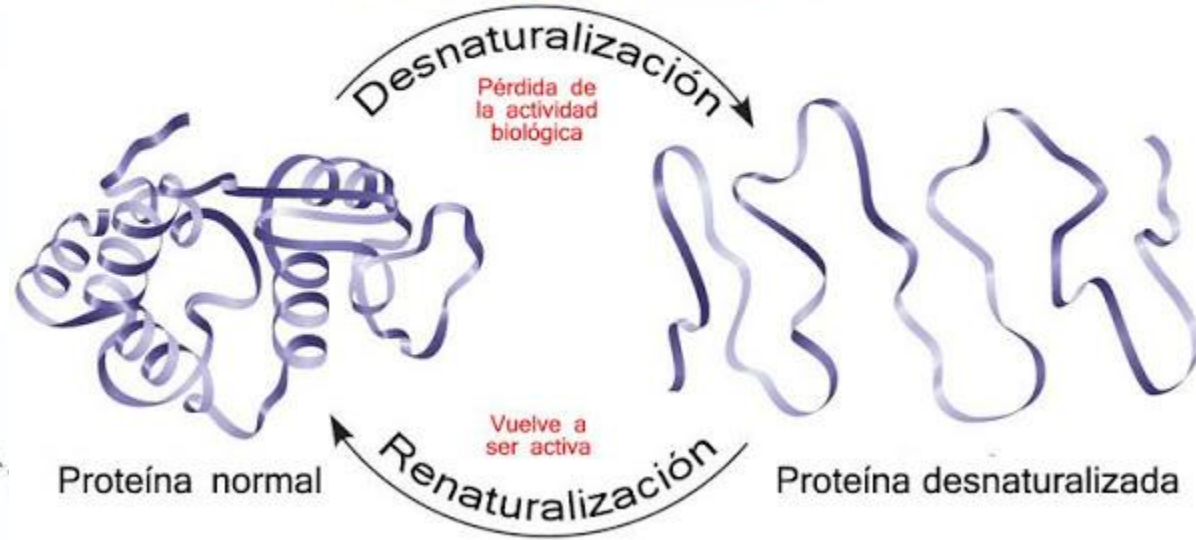


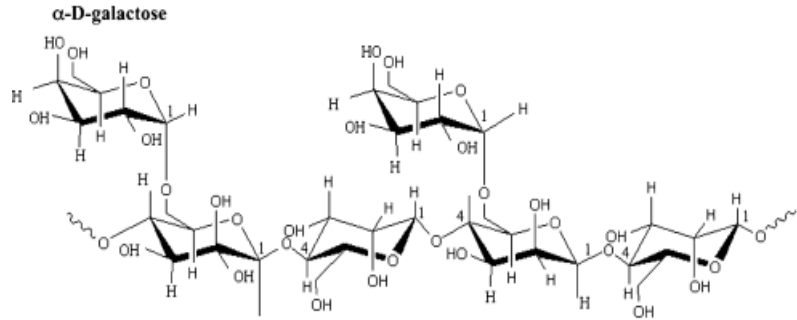
Estructura terciaria



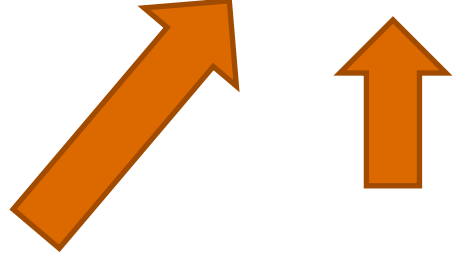
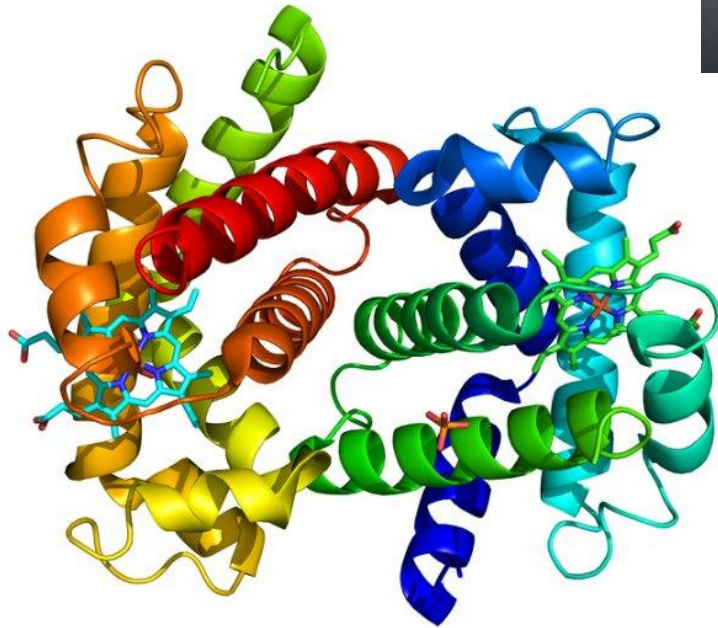
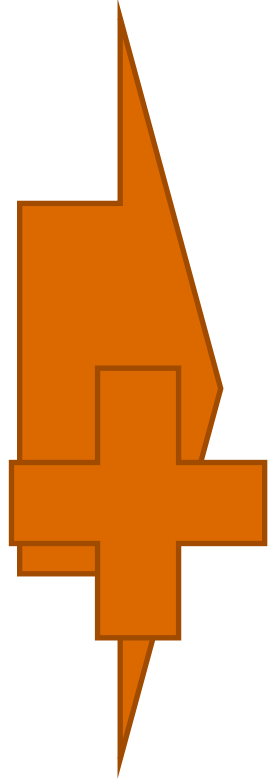
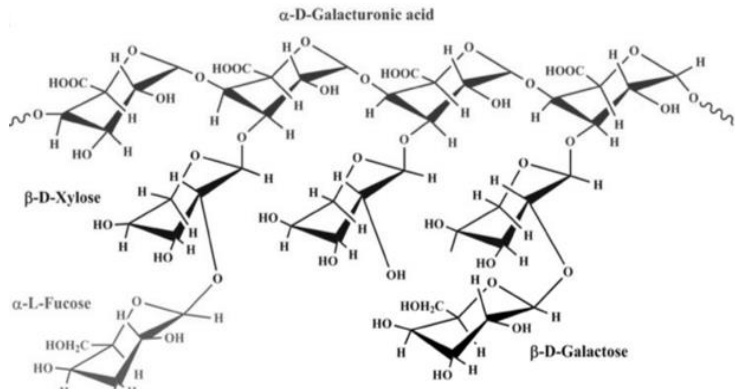
Estructura Cuaternaria

agentes: pH, temperatura, solubilidad, .....

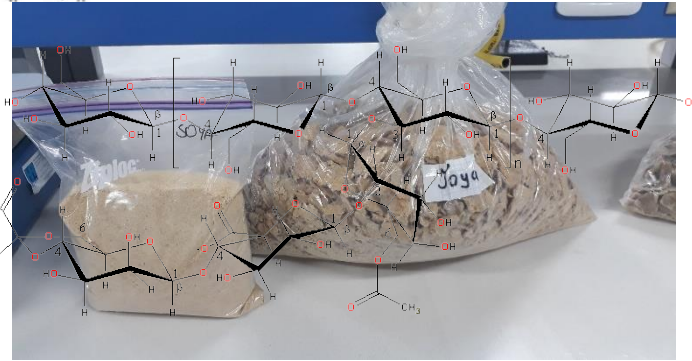




**β-D-mannopyranose backbone**

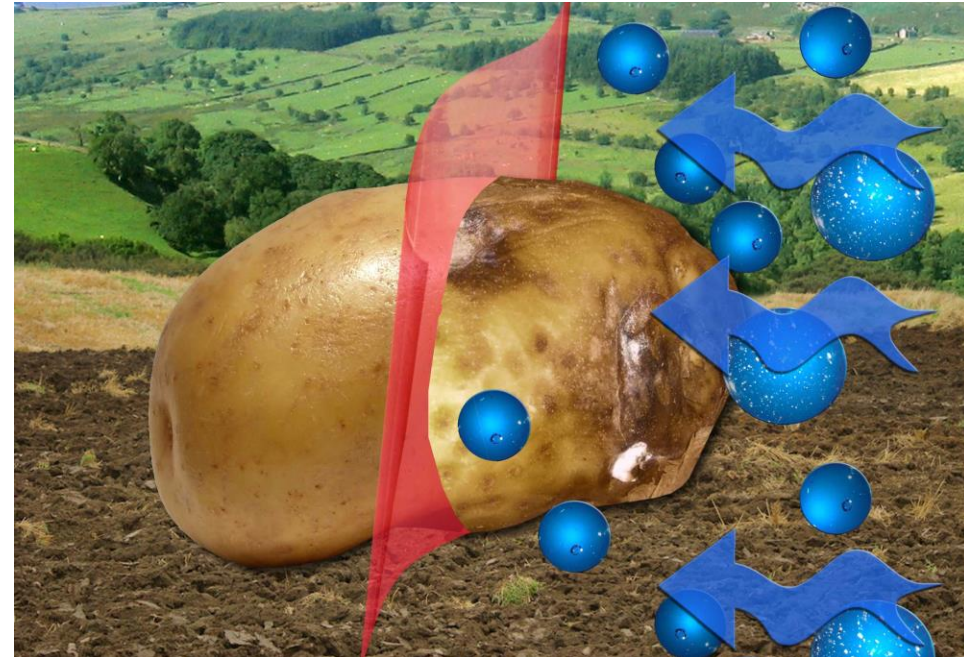


Solvente  
Agente regulador  
de pH  
Calor



## Propiedades de barrera

Mantener las cosas malas fuera y cosas buenas dentro es la función esencial de las películas de barrera.



- **Objetivo General**

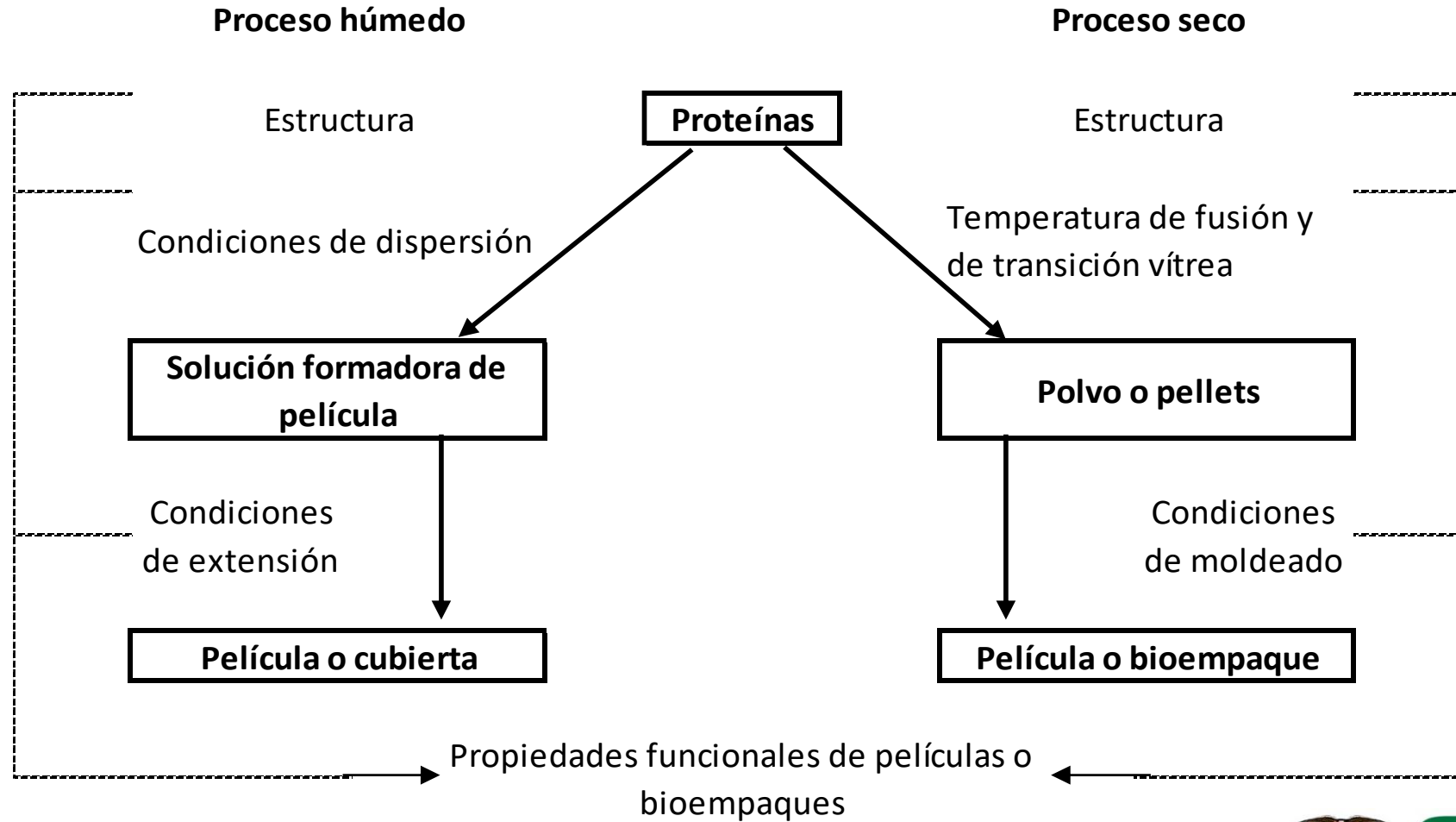
Desarrollar de películas biodegradables a base de proteínas de tortas residuales de semillas oleaginosas y gomas naturales para su aplicación como recubrimiento de alimentos.

- **Objetivos Específicos**

- Analizar la concentración de proteína contenida en las tortas residuales de la extracción de aceites de semillas oleaginosas como soya, sachá Inchi y ajonjolí.
- Identificar los beneficios en las propiedades de barrera al añadir las gomas naturales de guar, xantana y tragacanto.
- Evaluar la efectividad de las películas en base a proteínas mediante pruebas como permeabilidad, solubilidad, transparencia, contenido de humedad y propiedades mecánicas como resistencia a la tracción.
- Analizar la composición final de la muestra más viable en base a las Normas ASTM.



## Método de obtención de películas







**TORTA DE  
AJONJOLÍ**

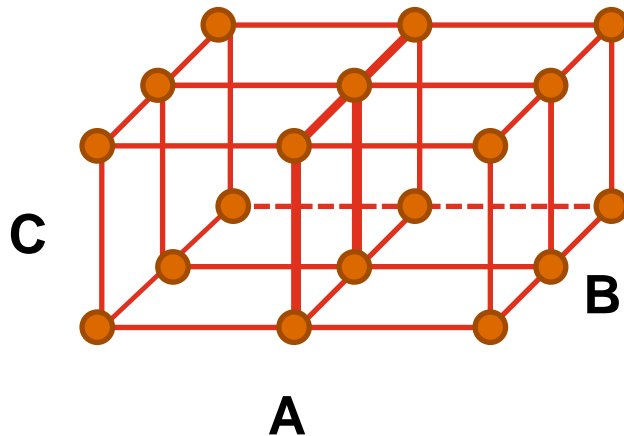
**TORTA DE  
SOYA**

**TORTA DE  
SACHA INCHI**

# Diseño experimental. Diseño multifactorial con 3 factores

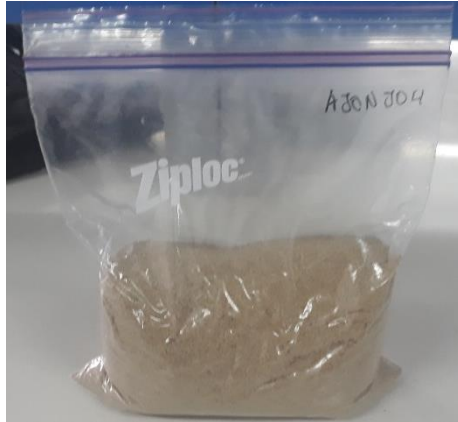
## Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

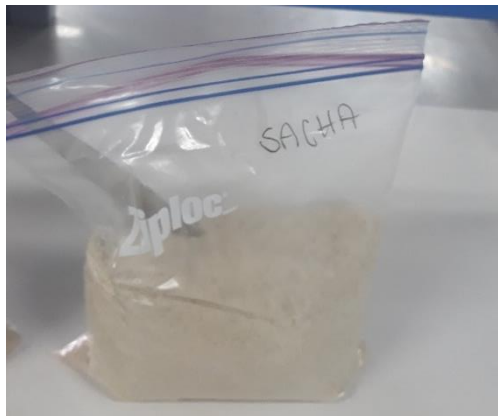


Factores	Niveles de estudio
A: Tipo de proteína	Proteína de ajonjolí
	Proteína de sachá inchi
	Proteína de soya
B: Tipo de goma	Goma guar
	Goma tragacanto
	Goma xantana
C: Cantidad de goma	0,05 g
	0,08 g

## Desengrasado de las tortas residuales



Torta de ajonjolí



Torta de sachá inchi

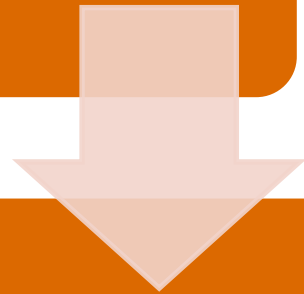


Torta de soya

Torta	Cantidad obtenida (g)	% de aceite
Ajonjolí	472,73	16,73
Sacha Inchi	438.19	9,88
Soya	416,44	8.13

## Rendimiento de extracción de proteína

Solubilización  
pH: 11, 11/12,  
9



Precipitación  
pH: 4,5

Torta	Cantidad de proteína obtenida	Cantidad de proteína teórica	Rendimiento
Ajonjolí	11,6	11,8	98,30
Sacha Inchi	11,76 / 44.3	49,5	23,76 / 91.51
Soya	35,6	37,4	95,18

## Diseño experimental

Tratamientos	Cod.	Tortas residuales	Gomas Naturales	g. de Gomas	Permeabilidad al vapor de agua x 10 <sup>-10</sup>
1	AG	Ajonjolí		0	1,5449299
2	AG005	Ajonjolí	Guar	0,05	1,49885071
3	AG008	Ajonjolí	Guar	0,08	2,10439459
4	AT005	Ajonjolí	Tragacanto	0,05	2,13845956
5	AT008	Ajonjolí	Tragacanto	0,08	1,57416167
6	AX005	Ajonjolí	Xantana	0,05	1,9482344
7	AX008	Ajonjolí	Xantana	0,08	1,51165242
8	SIG	Sacha Inchi			3,16526512
9	IG005	Sacha Inchi	Guar	0,05	1,55706174
10	IG008	Sacha Inchi	Guar	0,08	1,2286276
11	IT005	Sacha Inchi	Tragacanto	0,05	0,90642685
12	IT008	Sacha Inchi	Tragacanto	0,08	1,17636488
13	IX005	Sacha Inchi	Xantana	0,05	1,2385452
14	IX008	Sacha Inchi	Xantana	0,08	1,11931082
15	SG	Soya			1,35990078
16	SG005	Soya	Guar	0,05	1,80928114
17	SG008	Soya	Guar	0,08	1,05450225
18	ST005	Soya	Tragacanto	0,05	2,09274189
19	ST008	Soya	Tragacanto	0,08	0,50429925
20	SX005	Soya	Xantana	0,05	1,17094091
21	SX008	Soya	Xantana	0,08	0,92980204

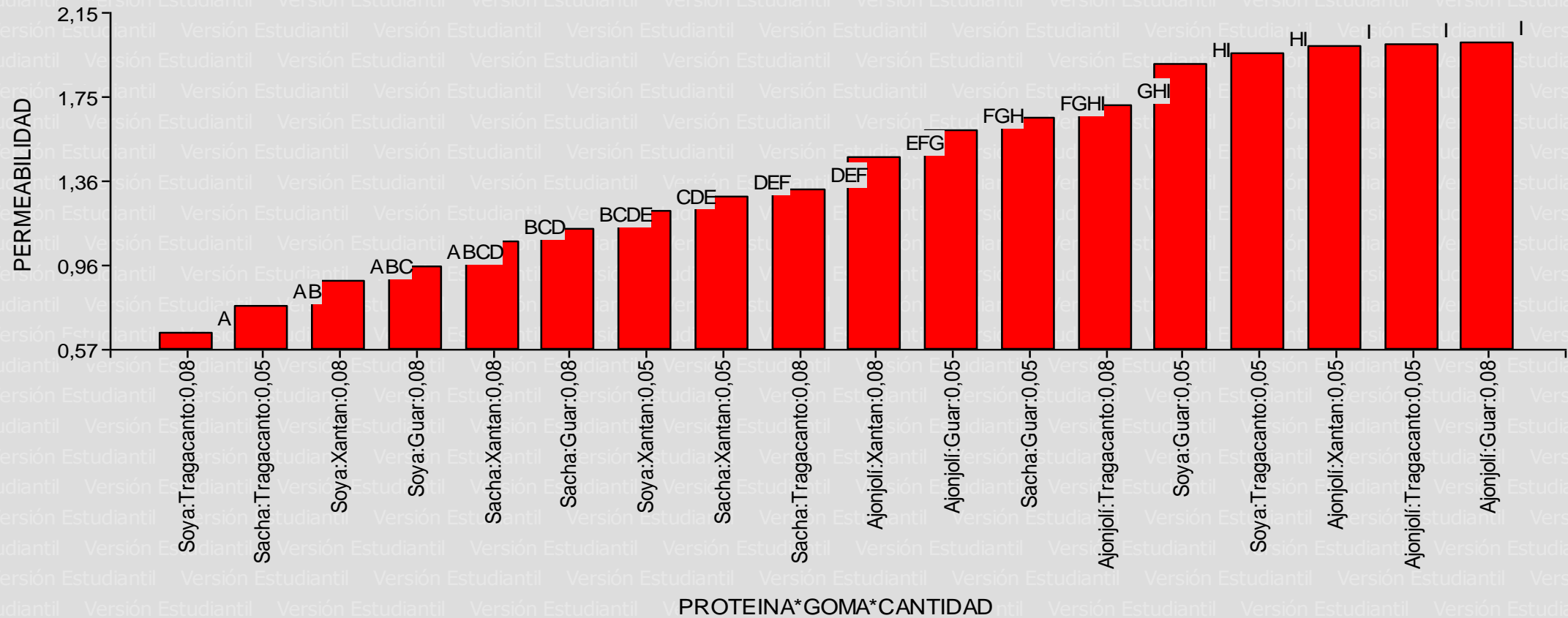


## Análisis de varianza - significancia

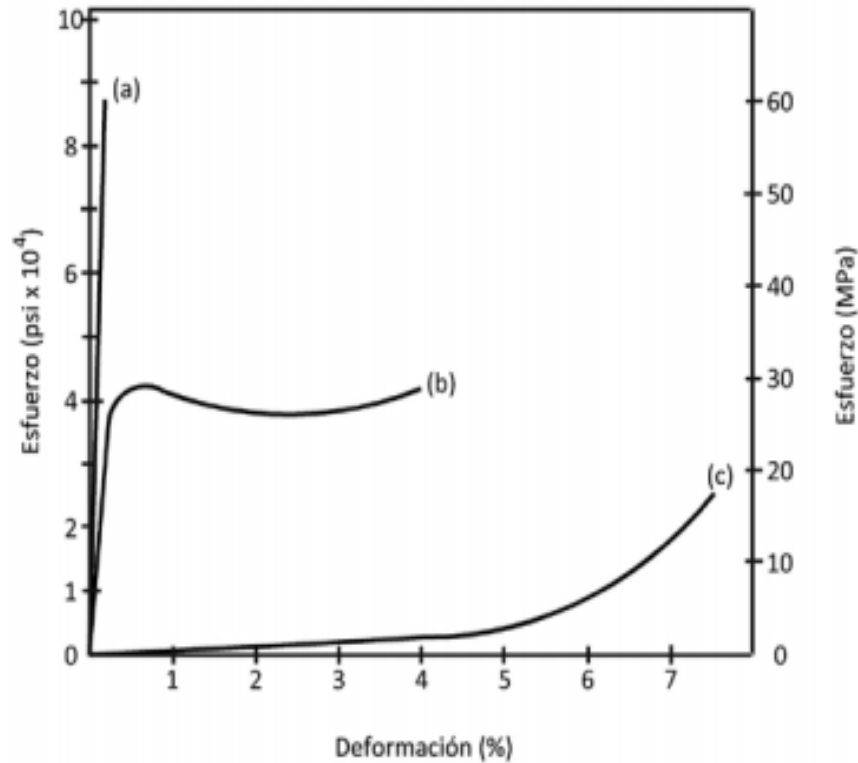
Cuadro de Análisis de Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,64	17	0,63	41,12	<0,0001
REPETICIONES	0,13	2	0,07	4,38	0,0198
PROTEINA	3,84	2	1,92	126,16	<0,0001
GOMA	0,46	2	0,23	15,03	<0,0001
CANTIDAD	1,66	1	1,66	109,17	<0,0001
PROTEINA*GOMA	0,42	4	0,1	6,85	0,0003
PROTEINA*CANTIDAD	1,77	2	0,89	58,21	<0,0001
PROTEINA*GOMA*CANTIDAD	2,36	4	0,59	38,71	<0,0001
Error	0,55	36	0,02		
Total	11,19	53			



**Interacción entre todos los factores**

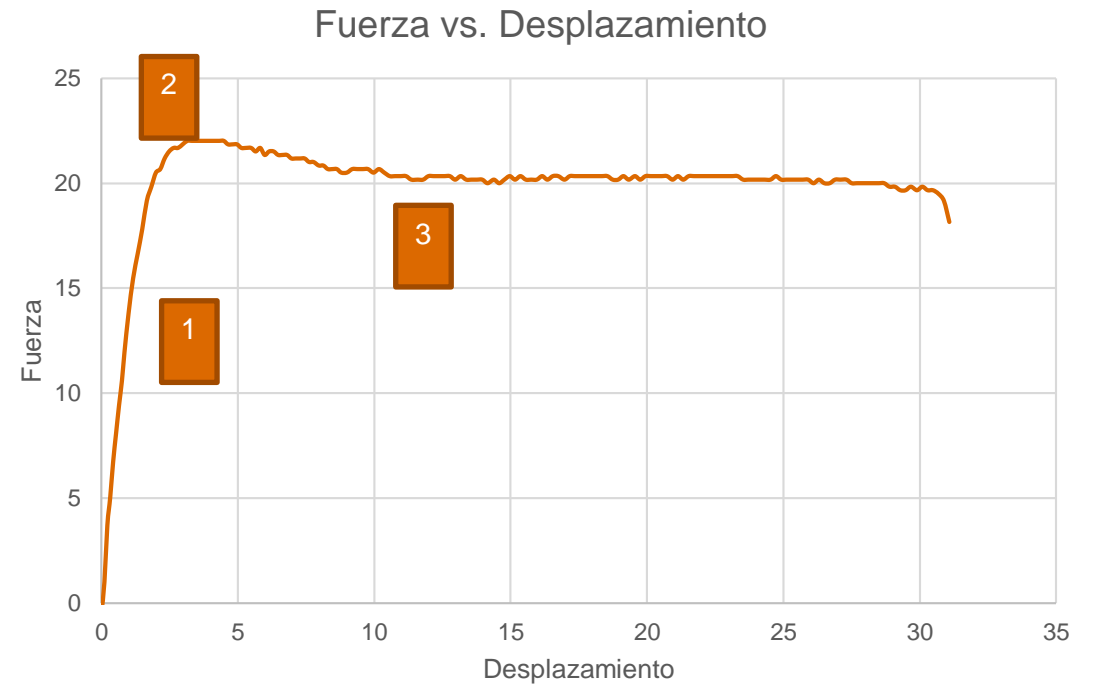


## Resistencia a la tracción



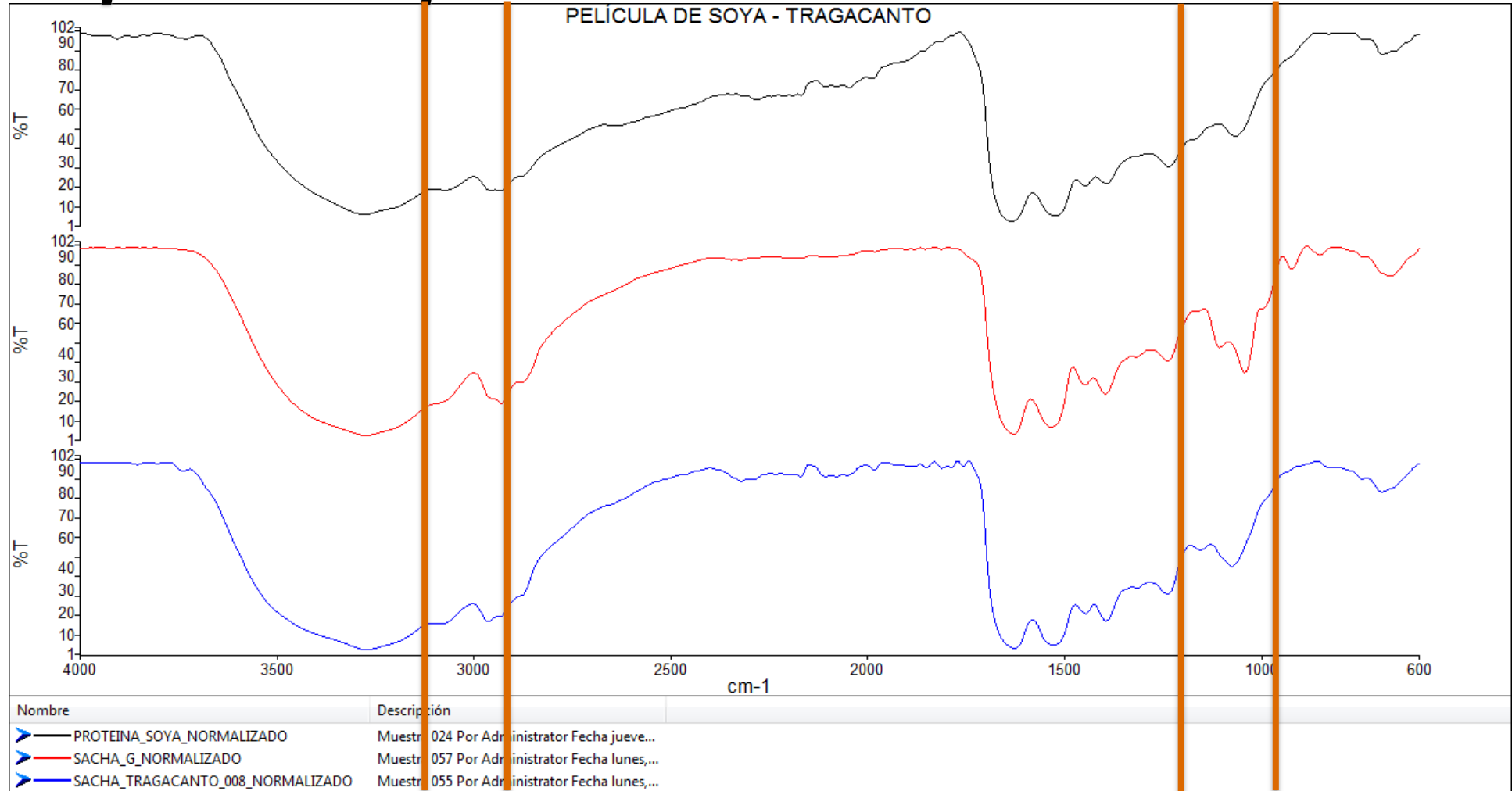
Curva de Esfuerzo (%) para: (a) Termoplásticos, (b) Termoestables y (c) Elastómeros.

Módulo de elasticidad	Esfuerzo máximo	% de elongación
11,418	7,74 MPa	50%



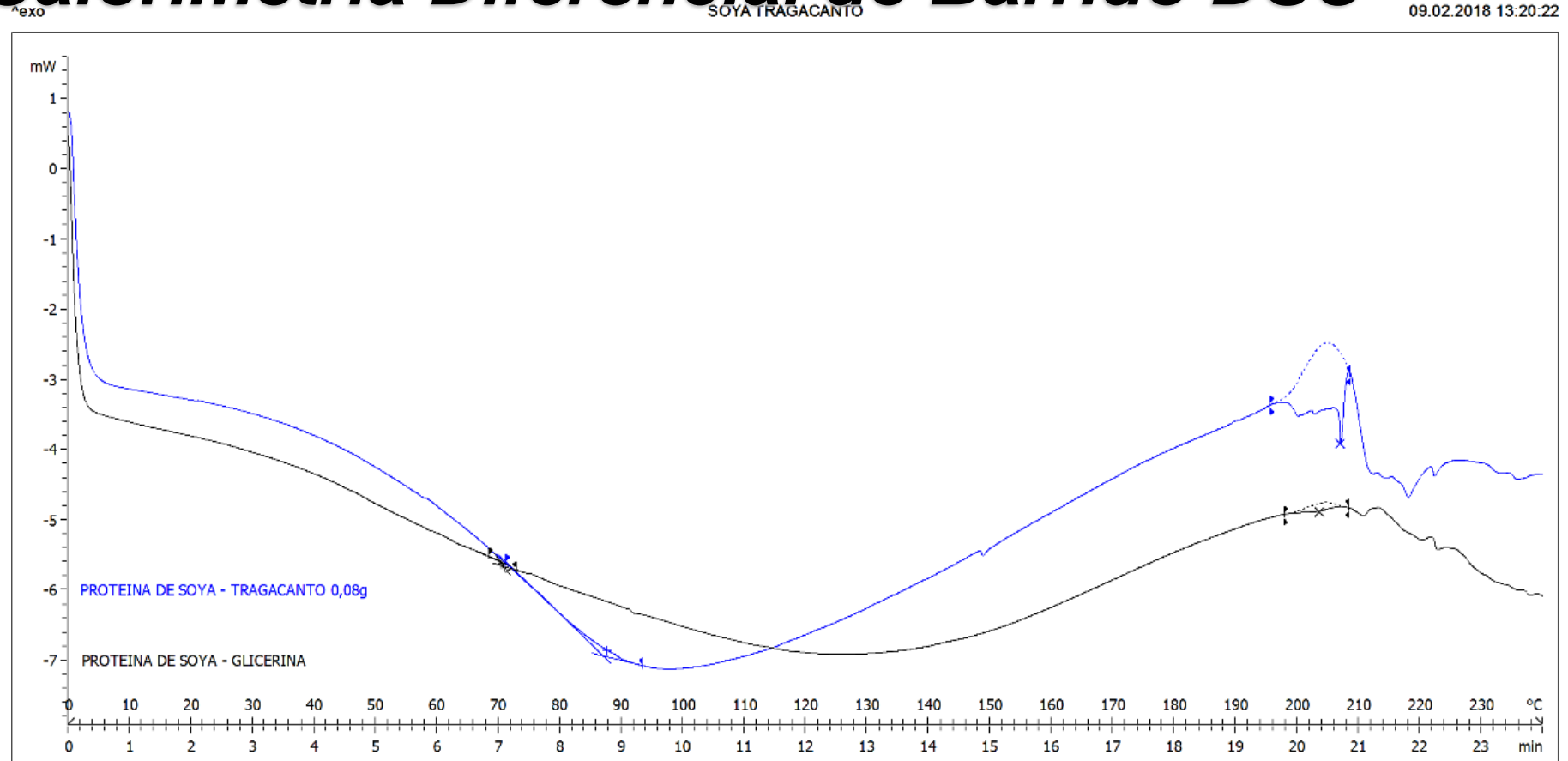


## Análisis espectroscópico FT-IR



## Análisis de Calorimetría Diferencial de Barrido DSC

09.02.2018 13:20:22



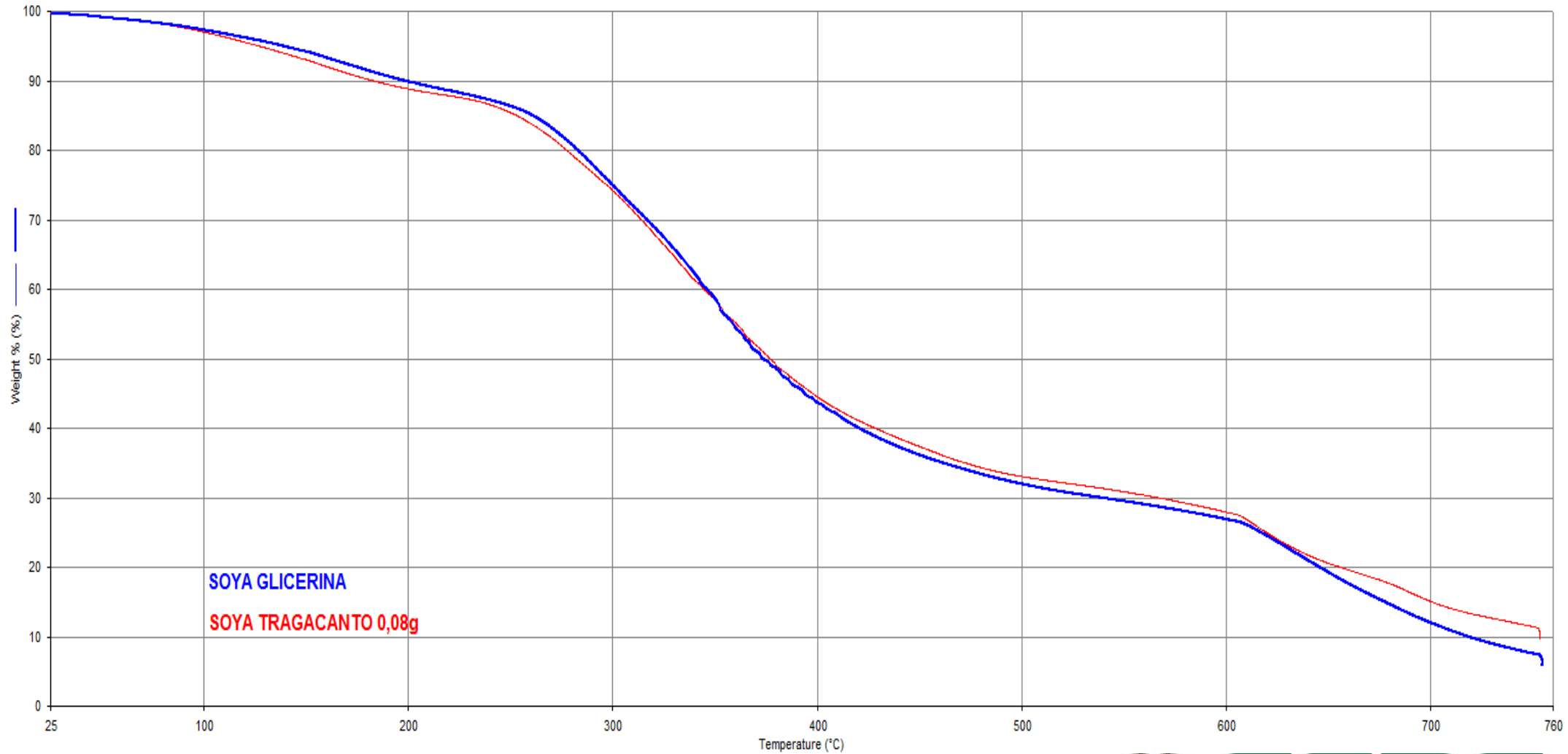
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga: METTLER

STAR® SW 13.00



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Análisis Termogravimétrico TGA



## Comportamiento TGA

### Resumen del Análisis Termogravimétrico de películas óptimas

$\Delta T$ (°C)	% Peso perdido				Proceso
	IT005	ST008	SIG	SG	
25-170	7,104	7,3	16,295	8,676	Perdida de humedad y deshidratación.
220-340	17,846	26,507	21,417	26,268	Perdida de plastificante y aditivos (gomas naturales).
340-600	40,674	33,406	35,446	35,417	Descomposición de polisacáridos y aminoácidos presentes en la proteína.
610-750	17,392	15,415	14,966	18,539	Incineración de todo el material combustible.
% Residuo	10,142	9,714	3,837	6,095	Contenido de cenizas
IT005: Proteína de sachá inchi con 0,05g de goma tragacanto					
ST008: Proteína de soya con 0,08g de goma tragacanto					
SIG: Proteína de sachá inchi con glicerina					
SG: Proteína de soya con glicerina					



- Se desarrollo películas biodegradables a base de proteínas de tortas residuales de semillas oleaginosas y gomas naturales mediante el método de casting o moldeo, que resultaron maleables, sin olor, el color se asocia a la fuente de proteína, las condiciones de formación de película se escogieron de estudios realizados a partir de proteína donde se obtuvieron las mejores condiciones para la formación de películas como pH, temperatura y agitación.
- La concentración de proteína de las tortas en orden descendente es sachá inchi, soya y ajonjolí con 49,5, 37,4 y 11,8%, respectivamente. Por lo que se viabiliza la elección de sachá inchi por tener un contenido casi de 50% de proteína, aunque la recuperación no se logró el mayor rendimiento, y eso se puede asociar a factores como pH y temperatura de extracción de las proteínas contenidas en esta torta. Para las tortas restantes de ajonjolí y soya se obtuvo un buen rendimiento de extracción de 98 y 89%.



- El plastificante que se añadió a las películas fue de glicerina que ayuda a la elasticidad de la proteína debido a que solo la proteína forma una película transparente pero demasiado frágil. Los plastificantes alteran la flexibilidad y extensibilidad de la película, con un módulo posterior de elasticidad y disminución de la resistencia a la tracción debido a la reducción de los enlaces de hidrógeno entre las cadenas de polímeros.
- La adición de gomas naturales tuvo mucha influencia en la interacción de variables que se denoto en el análisis de varianza, además que favoreció la disminución de propiedades como solubilidad, contenido de humedad y permeabilidad al vapor de agua, pues se mejoró la reticulación de la proteína y a la vez la calidad de las películas.
- Las gomas al estar contenidas en la clasificación de polisacáridos, ofrecen películas con buenas propiedades mecánicas y de barrera frente a gases como CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, gracias a su estructura compleja y a la formación de enlaces con la proteína.

- Se recomienda el uso de un liofilizador para el proceso de secado luego de la extracción de proteína que permita mayor homogeneidad en la mezcla y eleve el desempeño en permeabilidad de la película mejorando así su forma de aplicación.
- Las películas biodegradables se desarrollaron siguiendo una metodología a escala de laboratorio a través del “moldeo”. Sin embargo, para su elaboración a escala industrial es necesario adaptar la tecnología a un proceso de extrusión y termoformado.
- Se debería realizar un análisis por microscopio de barrido que ayudará a la interpretación morfológica y estructural de las películas, reconociendo espacios y estructuras que afecten a las propiedades de las películas.
- Se propone el estudio de análisis térmico del comportamiento de películas biodegradables debido a que no existe información que ayude a entender su comportamiento.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Muchas Gracias

