

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EFICIENCIA DEL ÁCIDO FOSFÓRICO Y ÁCIDO CÍTRICO EN LA  
REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE FÓSFORO EN EL PROCESO  
DE DESGOMADO DE ACEITE CRUDO DE SOYA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**GABRIELA CCOPA MINAYA**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gabriela Ccopa Minaya".

**ZADITH JOSEFFTH JIMENEZ OCUPA**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Zadith Joseffth Jimenez Ocupa".

**Callao, 2021**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Zadith".

**PERÚ**



## PRÓLOGO DEL JURADO

La presente Tesis fue Sustentada por la señorita Bachiller **CCOPA MINAYA GABRIELA** y la señorita Bachiller **JIMENEZ OCUPA ZADITH JOSEFFTH**, ante el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS** conformado por los siguientes Profesores Ordinarios:

Ing. Dr. ANCIETA DEXTRE CARLOS ALEJANDRO      PRESIDENTE

Lic. Dr. TRUJILLO PÉREZ SALVADOR APOLINAR      SECRETARIO

Ing. Mg. REYNA MENDOZA GLADIS ENITH              VOCAL

Ing. Mg. DÍAZ BRAVO PABLO BELIZARIO              ASESOR

Tal como está asentado en el Acta N° 003-2021-JS-FIQ de fecha **DIEZ DE JULIO DE 2021**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico por la Modalidad de Titulación de Tesis con Ciclo de Tesis, conforme a lo dispuesto en el **REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS** de la Universidad Nacional del Callao aprobado mediante Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018- CU de fecha 30 de octubre de 2018.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a nuestros padres por ser nuestra fuente de inspiración para comprender que no hay nada imposible cuando se es constante. VICENTE, TERESA, ENMA y HERMINIO esto va para ustedes.

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Callao por acogernos y formarnos como profesionales. A nuestros entrañables maestros, a los que aún siguen ejerciendo la docencia y a aquellos que ya no están, pero que tendrán por siempre nuestro agradecimiento eterno.

# ÍNDICE

TABLAS DE CONTENIDO .....	5
RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
I.    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
1.1.    Descripción de la realidad problemática .....	11
1.2.    Formulación del problema.....	12
1.2.1.    Problema general .....	12
1.2.2.    Problemas específicos .....	12
1.3.    Objetivos .....	13
1.3.1.    Objetivo general .....	13
1.3.2.    Objetivos específicos.....	13
1.4.    Limitantes de la investigación .....	13
1.4.1.    Teórica .....	13
1.4.2.    Temporal .....	13
1.4.3.    Espacial.....	13
II.    MARCO TEÓRICO.....	14
2.1.    Antecedentes .....	14
2.1.1.    Antecedentes Internacionales .....	14

2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	18
2.2.	Bases teóricas .....	19
2.3.	Conceptual.....	51
2.4.	Definición de términos básicos .....	53
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	55
3.1.	Hipótesis .....	55
3.1.1.	Hipótesis general.....	55
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	55
3.2.	Definición conceptual de variables.....	55
3.2.1.	Operacionalización de variables.....	56
IV.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	57
4.1.	Tipo y Diseño de la investigación.....	57
4.1.1.	Tipo de la investigación .....	57
4.1.2.	Diseño de la investigación .....	57
4.2.	Método de investigación .....	59
4.3.	Población y muestra.....	59
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado .....	59
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información .....	59
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	60
4.6.1.	Análisis de los métodos de desgomado .....	60

4.6.2.	Diseño experimental.....	61
V.	RESULTADOS .....	70
5.1.	Resultados descriptivos .....	70
5.2.	Resultados inferenciales .....	70
5.3.	Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis .....	70
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	74
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados .....	74
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares .....	75
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	77
	CONCLUSIONES .....	78
	RECOMENDACIONES .....	79
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
	ANEXOS .....	86
	ANEXO 1: Matriz de consistencia .....	87
	ANEXO 2: Diagrama del proceso.....	88
	ANEXO 3: Informe de ensayo N°001898-2021 .....	89
	ANEXO 4: Informe de ensayo N°001899-2021 .....	90
	ANEXO 5: Informe de ensayo N°001900-2021 .....	91
	ANEXO 6: Informe de ensayo N°001901-2021 .....	92



ANEXO 7: Informe de ensayo N°001902-2021 ..... 93

## TABLAS DE CONTENIDO

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Taxonomía de la Soya.....	25
Tabla 2	Etapas Vegetativas de la Planta de Soya .....	26
Tabla 3	Etapas Reproductivas de la Planta de Soya .....	31
Tabla 4	Composición Química del Aceite Crudo de Soya.....	39
Tabla 5	Porcentaje de Ácidos Grasos en el Aceite de Soya .....	40
Tabla 6	Componentes del Aceite de Soya Crudo y Refinado .....	40
Tabla 7	Elementos Presentes en el Aceite Crudo de Soya.....	49
Tabla 8	Operacionalización de Variables.....	56
Tabla 9	Variables y Niveles del Diseño Experimental .....	63
Tabla 10	Diseño Clásico-Independiente para Determinar la Eficiencia.....	64
Tabla 11	Variables Influyentes para Determinar la Eficiencia del Desgomado.	71
Tabla 12	Características Organolépticas del Aceite Crudo de Soya.....	72
Tabla 13	Propiedades Fisicoquímicas del Aceite Crudo de Soya.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grano de Soya.....	24
Figura 2 Detalle de Germinación.....	27
Figura 3 Nacimiento de Plántula .....	27
Figura 4 Plántula en Estado Vegetativo Emergente.....	28
Figura 5 Plántula en Estado Vegetativo Cotiledonar.....	28
Figura 6 Plántulas en Etapa Vegetativa 1 .....	29
Figura 7 Hoja Trifoliada.....	29
Figura 8 Planta en Etapa Vegetativa 3.....	30
Figura 9 Planta en Etapa Vegetativa 5.....	30
Figura 10 Planta en Etapa Reproductiva 1 .....	32
Figura 11 Detalles de la Floración.....	32
Figura 12 Planta en Etapa Reproductiva 2 .....	33
Figura 13 Planta en Etapa Reproductiva 3 .....	33
Figura 14 Planta en Etapa Reproductiva 4 .....	34
Figura 15 Vainas en Formación y Desarrolladas .....	34
Figura 16 Vainas en Etapa Reproductiva 5.....	35
Figura 17 Etapa Reproductiva 5: Período más Crítico del Cultivo .....	35
Figura 18 Vainas en Etapa Reproductiva 6.....	36
Figura 19 Desarrollo de la Semilla. ....	36

Figura 20	Inicio de Maduración.....	37
Figura 21	Cultivo en Etapa Reproductiva 8.....	37
Figura 22	Vainas y Semillas por Cosechar .....	38
Figura 23	Aceite Crudo de Soya .....	65
Figura 24	Cambio de Color en la Titulación .....	66
Figura 25	Decantación del Aceite Desgomado .....	68
Figura 26	% Eficiencia del Acido VS %W $\text{ÁCIDO}/W_{\text{ACEITE}}$ .....	73

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya. Para lograr este cometido se procedió a realizar el proceso de refinación, usando el desgomado como punto base para comparar las cantidades de fosfátidos separados con cada uno de los ácidos en estudio.

Para el proceso de desgomado se realizaron cuatro tratamientos (500 g c/u) de aceite, a los que previamente se les realizó un pre-tratamiento con dos dosis diferentes (0.03 y 0.05 %) de ácido fosfórico y ácido cítrico, ambos al 85 % de concentración. Cada muestra se mantuvo en agitación constante durante 10 minutos y a una temperatura constante de 75 °C. Los análisis realizados para determinar el contenido de fósforo fueron en base a la norma AOAC 986.24.

Los resultados finales muestran que el ácido fosfórico es el más eficiente al reducir el contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya con un porcentaje de 80.41 %, a 0.05 % de ácido fosfórico.

*Palabras clave:* Aceite de soya, desgomado, ácido fosfórico, ácido cítrico.

## **ABSTRACT**

The present research work aims to determine the efficiency of phosphoric acid and citric acid in reducing the phosphorus content in the degumming process of crude soybean oil. To achieve this goal, the refining process was carried out, using degumming as a base point to compare the amounts of phosphate separated with each of the acids under study.

For the degumming process, four treatments (500 g each) of oil were carried out, which were previously underwent a pre-treatment with two different doses (0.03 and 0.05 %) of phosphoric acid and citric acid, both at 85 % concentration. Each sample was kept under constant stirring for 10 minutes at a also constant temperatura of 75 °C. The analyzes performed to determine the phosphorus content were based on the AOAC 986.24.

The finally results show that phosphoric acid is the most efficient at reducing the phosphorus content in the degumming process of crude soybean oil with a percentage of 80.41 %, to 0.05 % of phosphoric acid.

*Keywords:* Soybean oil, degumming, phosphoric acid, citric acid.

## INTRODUCCIÓN

El desgomado de aceites es un proceso clave dentro de la refinación de aceites y grasas, pues es el primer paso que toda planta dedicada a la refinería de aceites debe realizar. Este proceso consiste en la purificación y remoción de impurezas que se encuentran dispersas en todos los aceites obtenidos a partir de semillas oleaginosas y grasas. Existen diversos tipos de desgomados, desde los tradicionales (aquellos donde se utiliza agua, ácidos) hasta el desgomado enzimático que es una opción biotecnológica planteada en la actualidad con la finalidad de reducir el impacto ambiental y aumentar la producción.

A pesar de ser un proceso esencial en el refinado de aceites, pocos son los estudios que se han hecho sobre la eficiencia de los ácidos en la reducción del contenido de fósforo durante el desgomado, motivo por el cual la presente investigación hizo hincapié en este punto. Para ello se determinó el contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya usando ácido fosfórico y ácido cítrico por separado, pero a la misma concentración (85 %), y se observó la variación con respecto al rendimiento de cada uno de estos ácidos durante el proceso de desgomado teniendo en cuenta que la temperatura durante todo el proceso fue constante.

El resultado de un buen proceso desgomado del aceite crudo de soya permite reducir costos en las siguientes etapas del refinado, además de obtener productos de la más alta calidad, gran capacidad de resistencia oxidativa y un mayor tiempo de vida útil.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1. Descripción de la realidad problemática**

La producción de aceite de soya tiene tres principales países productores a nivel mundial: USA, Brasil y Argentina, los cuales producen más del 80 % del grano de soya. En un segundo grupo de productores se encuentran China, Paraguay, India y Canadá.

El mundo ha incrementado su producción de granos de soya durante los últimos diez años en un 44 %, pasando de unas 222 a 320 millones de toneladas. La soya es uno de los cultivos de bajo volumen de producción, frente a otros cereales como el trigo, el maíz y el arroz (Arija, Cruz y Páez, 2017, p. 29).

El Perú al no poder satisfacer la demanda interna de aceites vegetales se convierte automáticamente en un importador de esta materia prima, o en su defecto la importa ya como producto final. Se informó que entre enero y diciembre del 2020 Perú importó 63 654 701 kg de aceite de soya refinado, según reporte del portal Agrodata Perú. Según la fuente, el mayor proveedor de este insumo fue Bolivia seguido de Brasil, Argentina y Guatemala (Koo, 2021).

Al ser importador de aceite de soya, el Perú se ve en la necesidad de mejorar y desarrollar nuevas técnicas para el proceso de refinado que garanticen la obtención de productos con los más altos estándares de calidad.

Para lograr una refinación eficiente es necesario conocer la calidad del aceite crudo, esto se logra determinando el contenido de fósforo y productos de oxidación presentes en el crudo de soya.



Se ha desarrollado esta investigación centrándose en el refinado de aceite crudo de soya, específicamente en el proceso de desgomado, con la finalidad de eliminar la máxima cantidad posible de fosfátidos no hidratables usando ácido fosfórico y ácido cítrico para este cometido.

Se logró determinar la eficiencia de cada uno de estos ácidos en la reducción del contenido de fósforo durante el proceso de desgomado, además de tener la certeza de que al finalizar el refinado se obtendrá un aceite estable a la oxidación y al menor costo posible.

En el Perú las principales empresas beneficiadas con las mejoras en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya serían: Álicorp, Supermercados Peruanos S. A., Río Grande Distribuciones E.I.R.L, entre otras.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la relación ácido fosfórico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?

¿Cuál es la relación ácido cítrico/aceite en la reducción de contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Determinar la relación ácido fosfórico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

Determinar la relación ácido cítrico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

### **1.4. Limitantes de la investigación**

#### **1.4.1. Teórica**

Sobre el proceso de refinado de aceite crudo de soya existe bastante información; sin embargo; específicamente hablando sobre la eficiencia de los ácidos durante el proceso de desgomado, la bibliografía es escasa o en su defecto no incide de manera directa en su aplicación.

#### **1.4.2. Temporal**

La investigación se ha desarrollado desde 01/04/2020 al 02/05/2021.

#### **1.4.3. Espacial**

La investigación se desarrolló en los Laboratorios de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Contreras (2006). "Propuesta de un método para la neutralización química del aceite de soya crudo desgomado utilizando solución de silicato de sodio". Planteó como objetivo principal proponer un método para la neutralización química del aceite de soya crudo desgomado utilizando una solución de silicato de sodio. La hipótesis indicaba que existía interacción entre el % de ácido fosfórico y la solución de silicato de sodio en la neutralización del aceite de soya crudo desgomado, es decir actúan de forma dependiente. El método consistió en preparar soluciones de silicato de sodio a diferentes grados baumé para llevar a cabo la neutralización de los ácidos grasos libres del aceite. La metodología consistió en neutralizar 12 tratamientos (500 gramos) de aceite a los que previamente se les realizó un pre-tratamiento con tres dosis diferentes de ácido fosfórico (0.03, 0.04 y 0.05 %). Las soluciones de silicato de sodio a diferentes grados baumé fueron preparadas a 10 °Be, 18 °Be, 26 °Be y 30 °Be. De las tres dosis de ácido fosfórico evaluados ( $a_1 = 0.03\%$ ,  $a_2 = 0.04\%$  y  $a_3 = 0.05\%$ ), el pre-tratamiento óptimo para disminuir el porcentaje de fosfátidos fue el nivel de 0.05 % ( $a_3$ ) y la concentración óptima de silicato de sodio fue a 30 °Be. Los resultados demostraron que a las condiciones mencionadas anteriormente se obtuvo la cantidad más baja de ácidos libres y fosfátidos, además de que se disminuyó significativamente la presencia de partículas de jabón.

Shaymaa (2013). "Evaluación del proceso de desgomado en el aceite de germen de trigo". Indicó como principal objetivo optimizar el proceso de desgomado para remover eficientemente los fosfolípidos del aceite crudo de germen de trigo con una mínima pérdida de aceite. La hipótesis refirió que el desgomado enzimático fue el método más eficaz que los métodos tradicionales usados para remover fosfolípidos. Los métodos usados fueron desgomado acuoso, desgomado ácido y desgomado enzimático. Se concluyó que con el desgomado acuoso se logró una reducción de fósforo de aproximadamente 56 %. El desgomado ácido fue menos efectivo que el desgomado con agua y redujo la cantidad de fósforo aproximadamente en 39 %. Se confirmó que el desgomado enzimático disminuyó la cantidad de fósforo en aproximadamente 88 %.

Stroppiano y Comba (2016). "Evaluación experimental de técnicas de refinado de aceites vegetales comestibles". Plantearon como objetivos refinar y evaluar a escala laboratorio un aceite vegetal comestible crudo no tradicional y otro que resulta como subproducto de proceso. La hipótesis planteada fue que el desgomado con agua y el desgomado ácido mostraban resultados parecidos. La metodología consistió en realizar el proceso de desgomado para eliminar los fosfátidos, comparándose la eficiencia del desgomado entre las opciones clásicas, realizadas con agua, frente al tipo de ácido que es más utilizado (ácido fosfórico al 85 %). El desgomado con agua se realizó a 75 °C con agitación constante durante una hora y el desgomado ácido se dio a una temperatura de 80 °C utilizando ácido fosfórico al 85 % y con agitación constante por 30 minutos.

Se concluyó que ambas opciones de desgomado fueron válidas, no obstante, el desgomado ácido resultó más promisorio para operaciones a mayor escala.

Plúas (2017). "Caracterización de aceite no comestible de *Jatropha Curcas* para la obtención de Biocarburante". Propuso como objetivo caracterizar las propiedades fisicoquímicas del aceite crudo extraído de la semilla de la *Jatropha Curcas* para su refinación previo a su uso como materia prima para la obtención de biocarburante. La hipótesis de este proyecto refirió que era posible la obtención de biocarburante a partir del aceite de las semillas de la *Jatropha Curcas* sin pretratamiento.

Dentro de la metodología a usarse se realizó la caracterización física que comprendió los siguientes parámetros: densidad, viscosidad dinámica, humedad y materia volátil, poder calorífico, punto de inflamación, contenido de yodo, punto de fluidez, calidad de ignición, índice de peróxido y acidez; además de la caracterización química que comprendió la estabilidad a la oxidación, contaminación total, incluyendo el contenido de cenizas, fósforo, calcio y magnesio. Adicionalmente, se realizó la comparación de los parámetros obtenidos con las especificaciones técnicas estipuladas en la Norma Técnica Alemana DIN 51605:2010 para aceites vegetales.

Se concluyó que el refinado químico del aceite es un proceso que asegura significativamente una mejor calidad del mismo, para su posterior proceso de transesterificación y obtención de biodiesel. El rendimiento obtenido en el proceso de refinación del aceite fue de 60,66 %, además el aceite crudo obtenido

por extracción mecánica y el refinado de la semilla de *Jatropha Curcas* cumple con la mayoría de los parámetros que establece la norma alemana DIN 51605.

García (2019). "Obtención de aceites comestibles a partir de nuevas semillas de girasol enriquecidas en fitoesteroles". El principal objetivo planteado fue la obtención y caracterización de aceites a partir de estas semillas modificadas (2015 - 2017) para establecer las mejores condiciones de extracción y refinación que permitan obtener un aceite comestible con el máximo contenido final de fitoesteroles. La hipótesis indicó el impacto del enriquecimiento de fitoesteroles en la semilla de girasol sobre el aceite obtenido. La metodología usada fue por extracción con disolventes, presión y refinación química mediante desgomado. En un agitador de palas se atemperó el aceite a 40 °C y se añadió ácido fosfórico en una cantidad de 0,1 % (p/p) para los aceites de prensa y 0,2 % (p/p) para los de disolvente. El desgomado ácido se realizó utilizando una mezcla de ácido fosfórico y agua en la misma proporción en peso. La mezcla de aceite y agua se agitó vigorosamente durante 5 min. De esta forma, los fosfolípidos precipitaron en medio ácido.

En conclusión, los contenidos totales de fitoesteroles y de tocoferoles disminuyeron con la refinación química, con pérdidas de hasta aproximadamente un 30 % para los primeros y de hasta el 15% para los segundos y debido a sus bajos contenidos en fosfolípidos, determinados de forma indirecta a partir de los niveles de fósforo. Los aceites de prensa de 2015 pudieron ser refinados físicamente, aplicando sólo decoloración y desodorización; sin embargo, junto con los extraídos con disolvente, los aceites de prensa de 2017 tuvieron que ser

refinados mediante refinación química, constituida por desgomado, neutralización, decoloración y desodorización.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Andía, Mego, Huamán, Cairo, Chávez y Cutipa (2015). “Evaluación del índice químico del aceite de castaña (*Bertholletia Excelsa* HBK) desgomado con agua y ácido fosfórico”. Plantearon como objetivo realizar la evaluación del índice químico del aceite de castaña (*Bertholletia Excelsa* HBK) desgomado con agua y ácido fosfórico, procedente del fundo Cañete del distrito de Tambopata de la región Madre de Dios. La hipótesis refirió que al usar ácido fosfórico al 85 % a una concentración de 0.13 % de peso del aceite de castaña se observó mayor rendimiento del desgomado. La metodología usada en la investigación se basó en las operaciones unitarias que intervinieron en el desgomado y posterior evaluación de los índices químicos del aceite de castaña. Concluyeron así, que el mayor rendimiento obtenido fue utilizando ácido fosfórico al 85 % a una concentración de 0.13 % en relación con el aceite de castaña y que el comportamiento de la temperatura permaneció constante y no alteró el índice de acidez e índice de saponificación en las operaciones realizadas.

Vela (2020). “Diseño del módulo de desgomado de una planta piloto para la producción de biodiesel a partir de aceites comestibles residuales y plantas oleaginosas con alto contenido de fósforo”. El objetivo consistió en diseñar el módulo de desgomado de una planta piloto de producción de biodiesel cuya materia prima fue a base de aceites comestibles residuales con alto índice de

fósforo. La hipótesis presentó dos formas para lograr un óptimo desgomado, de las cuáles la primera opción fue la más viable. La metodología usada se basó en la técnica del Proceso de Desgomado Total (TOP), la cual permite refinar el aceite (materia prima) para mejorar su calidad y por ende también el del producto final (biodiesel). También se aplicó el “método del diseño mecánico”; para encontrar la solución más viable y óptima para el diseño del módulo de desgomado. Se concluyó que después de evaluar las alternativas de solución con ambos métodos, la primera opción es la más viable, no solo desde el punto de vista del proceso de desgomado, si no también tecnológica y económicamente.

## **2.2. Bases teóricas**

### **Definición de aceites y grasas**

Existen diversos conceptos y definiciones para las grasas y aceites vegetales partiendo desde su estructura química hasta sus propiedades nutricionales. Bailey (1951) afirma que “los aceites y las grasas son sustancias de origen vegetal o animal, que consisten predominantemente en mezclas de ésteres de la glicerina con los ácidos grasos, es decir triglicéridos”.

Por otro lado, se puede diferenciar a las grasas de los aceites en su composición a temperatura ambiente, siendo las grasas de forma sólida y los aceites de forma líquida.

Las grasas vegetales se encuentran predominantemente en las semillas y en las frutas, pero también existen en las raíces, ramas y hojas de las plantas. En



algunas semillas, como por ejemplo en la mayoría de los cereales, las grasas se encuentran casi exclusivamente en el germen (embrión). Las grasas también son producidas por ciertas bacterias, hongos y levaduras. Recientemente este hecho ha sido objeto de considerables investigaciones (Rojas, 2019, p. 10).

## **Clasificación de grasas y aceites de origen animal y vegetal**

### **a) Fuentes de origen vegetal**

#### **Aceite de oliva**

El aceite de oliva es obtenido del árbol del olivo. El contenido de aceite del fruto es de 25 – 60 %, dependiendo de la variedad, madurez y condiciones climáticas. El aceite de oliva es reconocido por sus propiedades nutricionales y por su alto contenido de omega 6 (Rojas, 2019, p. 12).

#### **Aceite de palma**

El aceite de palma es obtenido a partir del fruto de la palma (*Elaeis Guineensis*), crece en tierras tropicales, siendo los países de Malasia e Indonesia los mayores productores a nivel mundial. El aceite de palma se encuentra en muchos productos, como pan envasado, cereales para el desayuno, margarinas, chocolates, helados, galletas y aperitivos. También se usa en detergentes domésticos, champús, cremas, jabón o lápices labiales y en biocombustible para automóvil. El aceite de palma tiene gran aceptación comercial por su bajo costo en comparación con otros aceites vegetales (Rojas, 2019, p. 13).

### **Aceite de coco**

El aceite de coco tiene mayor demanda en la industria cosmética, se realizan productos como jabón, champús y cremas. El aceite de coco se obtiene de las almendras de la nuez de la palma de coco, *nucífera* que crece cerca o en las costas tropicales. En cuanto a su utilización para fines culinarios no representa gran demanda frente a otros aceites vegetales, como es el caso del aceite de oliva (Rojas, 2019, p. 13).

### **Aceite de ricino**

Es utilizado para los problemas de salud, además es considerado un producto de belleza ideal para cuidar la piel. El aceite de ricino es obtenido de las semillas de la planta *Ricinus Communis*, que crece en forma silvestre en la mayoría de las regiones tropicales y subtropicales. La planta del aceite de ricino es oriunda de los países pertenecientes al continente africano y asiático; entre ellos Vietnam (Rojas, 2019, p. 13).

### **Aceite de algodón**

El aceite de algodón se obtiene a partir de las semillas de la planta *Gossypium*, se utiliza principalmente para uso de cocina ya que posee un sabor neutro. Su mayor consumo se da en Estados Unidos. La producción y cultivo del algodón en el Perú se ha visto reducido en los últimos años, por lo que su importación es directamente de los Estados Unidos (Rojas, 2019, p. 14).

### **Aceite de soya**

El aceite de soya es uno de los aceites vegetales con mayor demanda en el mundo, se obtiene a partir del prensado de las semillas de la soya. La soya es una semilla de la planta leguminosa *Glycine Max*, natural del oriente. La planta

crece en una gran variedad de condiciones climatológicas, pero prefiere veranos con un clima caliente y húmedo. Es de color amarillento y es de bajo costo al igual que el aceite de palma (Rojas, 2019, p. 14).

## **b) Fuentes de Origen animal**

### **Aceite de pescado**

El aceite de pescado en los últimos años ha tenido un significativo incremento de consumo, debido a su reconocimiento por sus múltiples beneficios nutricionales. El aceite de sábalo, aceite de sardina, aceite de pescado japonés, aceite de arenque y aceite de salmón son los principales en importancia comercial. El contenido de aceites de la mayoría de los pescados, tales como las sardinas y el salmón son de alrededor de un 15 - 20 %. El aceite se obtiene por prensado de todo el pescado desmenuzado y cocido (Rojas, 2019, p. 14).

### **Aceite de ballena**

Este aceite se utiliza en la fabricación de velas a partir del cebo. Al existir la caza indiscriminada se rechazó la comercialización de este tipo de aceite (Rojas, 2019, p. 19).

## **Historia y origen de la semilla de soya**

Linnaeus (como se citó en Piñares, 2016) introdujo el nombre genérico *Glycine*. Esta palabra deriva del griego – *glykys* que significa dulce y se refiere, probablemente al dulzor de los tubérculos comestibles con forma de pera. La soya cultivada apareció primero en *Species Plantarum*, bajo el nombre de *Phaseolus max* L. La combinación, *Glycine max* (L.), fue propuesta por Merrill en

1917, llegando a ser el nombre válido para esta planta (Legaz et al. ,1995 citado por Piñares, 2016).

Guamán (como se citó en Piñares, 2016) menciona que la soya es nativa del norte y centro de China y en el siglo XVII llegó a La India, Ceilán (hoy Sri Lanka) y Malasia (zona continental de la actual Malasia). Alrededor de 1740 se incorpora a la colección del Jardín Botánico de París, mientras que en Estados Unidos no aparece hasta 1804. En Sudamérica se implanta entre finales de siglo XIX y principios del XX.

La soya para los emperadores chinos era una de las cinco semillas sagradas, junto con el arroz, el trigo, la cebada y el mijo. Reconocían en la soya no sólo sus propiedades nutritivas, sino también sus propiedades para prevenir enfermedades. A principios del siglo XIX se empezó a cultivar en Estados Unidos; sin embargo, en Europa y en Norteamérica, la soya no se empleó en la alimentación humana. La primera cosecha comercial de soya se plantó en 1929 para suministrar semillas para hacer salsa de soya (Peñaloza, 2005 citado por Piñares, 2016).

Desde esos inicios tempranos e insignificantes, la importancia de la soya ha sido vital. En América fue introducida por Estados Unidos en 1765; sin embargo, su gran expansión se inició en 1840. En Brasil fue introducida en 1882, pero su difusión se produjo a principios del siglo XX (Gutiérrez ,1984 citado por Piñares, 2016).

## **Generalidades del frijol de soya**

La soya es oriunda de China, su domesticación se inició durante la Dinastía Chou (Siglo XI a VII a.C.) y se desarrolló en la Dinastía Shang (1700 - 1100 a. C.). Este grano (ver figura 1) tiene gran importancia en nuestra alimentación además que se pudo cultivar en varios continentes (Valencia, 2006, p.1).

### **Figura 1**

*Grano de Soya*



Fuente: Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas de Argentina (2019)

### **Taxonomía de la soya**

La soya tiene la siguiente clasificación taxonómica (ver tabla 1):

**Tabla 1**

*Taxonomía de la Soya*

<b>Clasificación Científica</b>	
Reino	Plantae
Sub Reino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnolipsida
Sub Clase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabácea
Sub-familia	Fabaoideae
Tribu	Phaseoleae
Sub tribu	Glycininae
Género	Glycine
Especie	Glycine Max

Fuente: Valladares (2010)

**Etapas de desarrollo de la planta de soya**

En las etapas vegetativas (véase la tabla 2) y reproductivas (véase la tabla 3) se tiene que identificar los nudos en el tallo principal ya que éstos serán usados en el desarrollo de la planta de soya.

**a) Etapa vegetativa**

En la etapa vegetativa de la planta de soya se subdivide en varias subetapas explicadas en la tabla 2.

**Tabla 2***Etapas Vegetativas de la Planta de Soya*

Etapa	Nombre	Descripción (duración)
VE	Emergencia	Cotiledones aparecen sobre el suelo (5 – 15 días).
VC	Cotiledonar	Borde de las hojas primarias dejan de tocarse (3 - 10 días).
V1	Primer nudo	Hojas primarias desarrolladas. Borde del primer trifolio dejan de tocarse (3 - 10 días).
V2	Segundo nudo	Primera hoja trifoliada desarrollada. Bordes del segundo trifolio dejan de tocarse (3 - 8 días).
Vn	Enésimo nudo	La enésima hoja trifoliada completamente desarrollada. “n” puede ser cualquier número, contando como uno, el de las hojas unifoliadas (2 - 5 días).

Fuente: Rosas y Young (1991)

En la figura 2 se visualiza la germinación y el brote de la semilla de soya, mientras que la figura 3 muestra el brote de la plántula de soya.

## Figura 2

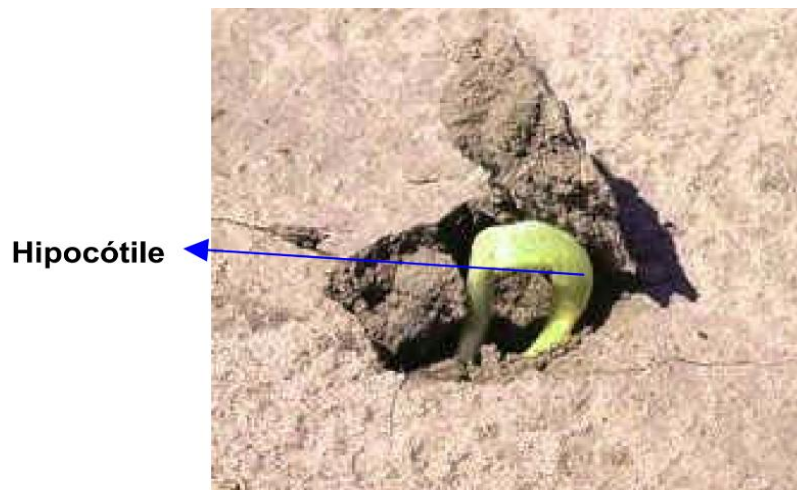
### *Detalle de Germinación*



Fuente: Toledo (2008)

## Figura 3

### *Nacimiento de Plántula*



Fuente: Toledo (2008)



La etapa vegetativa emergente se observa en la figura 4 y la etapa cotiledonar en la figura 5.

#### **Figura 4**

*Plántula en Estado Vegetativo Emergente*



Fuente: Toledo (2008)

#### **Figura 5**

*Plántula en Estado Vegetativo Cotiledonar*

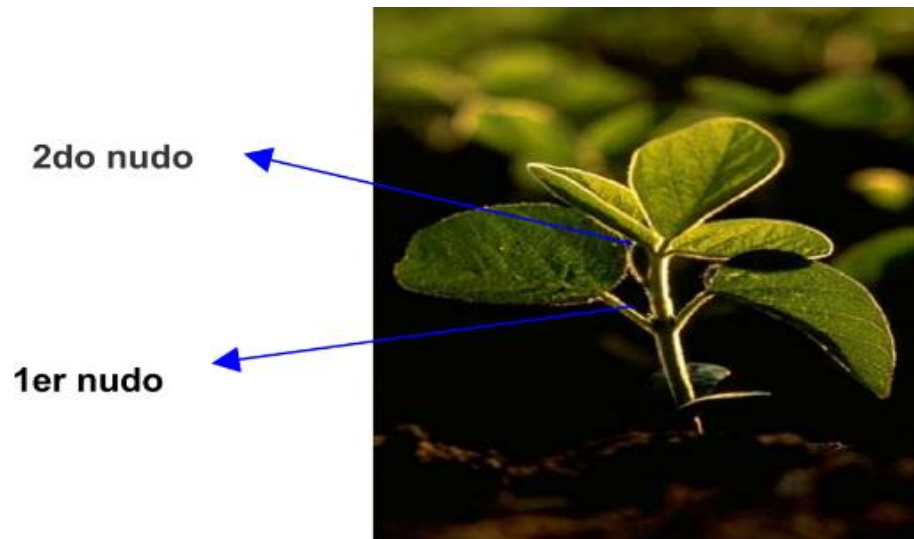


Fuente: Toledo (2008)

En la figura 6 se observa la etapa vegetativa 1 donde se señala el primer y segundo nudo. En la figura 7 se visualiza una hoja trifoliada.

### Figura 6

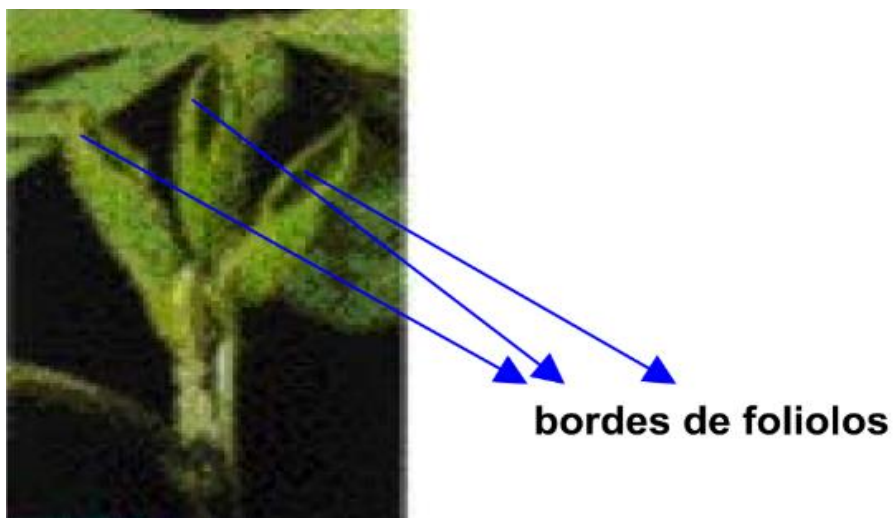
*Plántulas en Etapa Vegetativa 1*



Fuente: Toledo (2008)

### Figura 7

*Hoja Trifoliada*

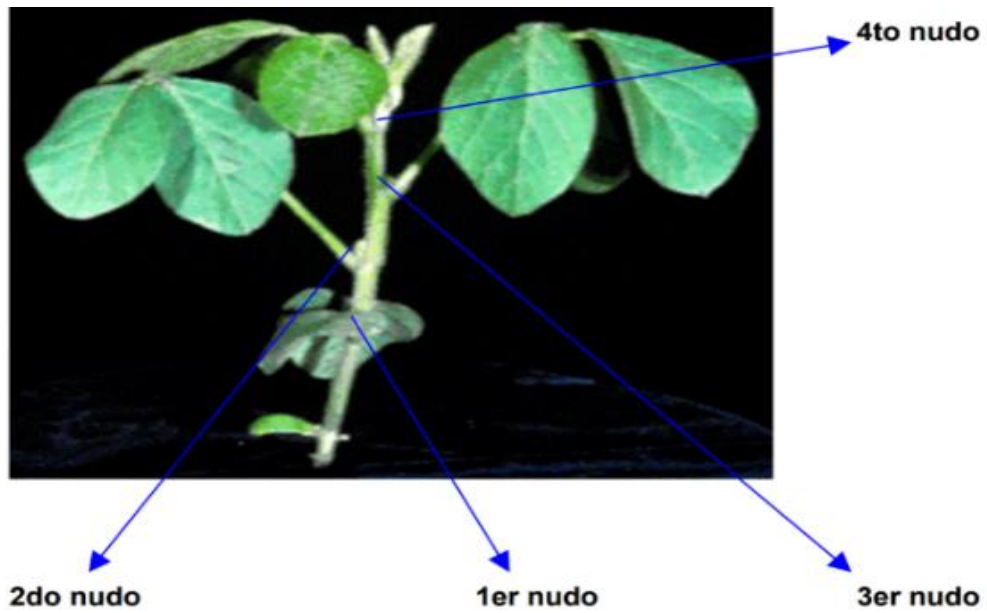


Fuente: Toledo (2008)

Se puede observar la etapa vegetativa 3 y 5 en las figuras 8 y 9 respectivamente.

### Figura 8

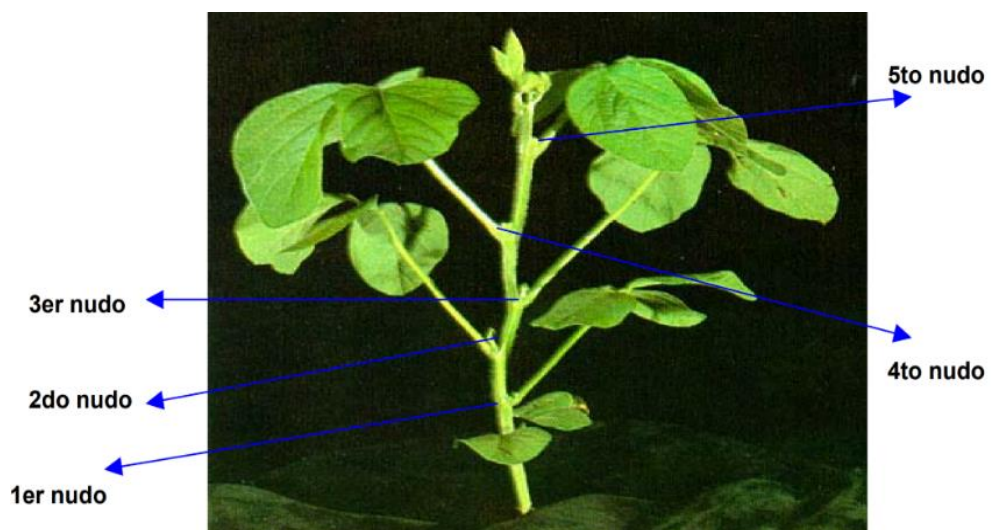
*Planta en Etapa Vegetativa 3*



Fuente: Toledo (2008)

### Figura 9

*Planta en Etapa Vegetativa 5*



Fuente: Toledo (2008)

## b) Etapa reproductiva

La etapa reproductiva tiene 8 etapas que se observan en la tabla 3 y que se subdividen en 4 partes tal como se señala a continuación:

- Floración: R1 y R2
- Desarrollo de vainas: R3 y R4
- Desarrollo de granos: R5 y R6
- Madurez de la planta: R7 y R8

**Tabla 3**

### *Etapas Reproductivas de la Planta de Soya*

Etapa	Nombre	Descripción (duración)
R1	Inicio de floración	Una flor en cualquier nudo (1 - 7 días).
R2	Floración completa	Una flor en uno de los dos últimos nudos del tallo principal (5 – 15 días).
R3	Inicio formación de vainas	Vaina de 5 mm en uno de los 4 nudos superiores (4 – 26 días).
R4	Vaina formada	Vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores (4 – 26 días).
R5	Llenado de vainas	Semilla de 3 mm en uno de los 4 nudos superiores (11 – 20 días).
R6	Semilla formada (vaina llena)	Semilla llenan la cavidad de la vaina en uno de los 4 nudos superiores (3 – 9 días).
R7	Madurez fisiológica	Una vaina en el tallo principal alcanza color de vaina madura, 50% hojas amarillas (7 – 18 días).
R8	Madurez completa	95% de vainas con color típico de la madurez.

Fuente: Rosas y Young (1991)

La etapa reproductiva 1 señala la primera floración (ver figura 10) y en la figura 11 se observa la floración de la planta de soya.

### **Figura 10**

*Planta en Etapa Reproductiva 1*



Fuente: Toledo (2008)

### **Figura 11**

*Detalles de la Floración*



Fuente: Toledo (2008)



En las figuras 12, 13 y 14 se visualizan las etapas reproductivas 2, 3 y 4 respectivamente.

### **Figura 12**

*Planta en Etapa Reproductiva 2*



Fuente: Toledo (2008)

### **Figura 13**

*Planta en Etapa Reproductiva 3*



Fuente: Toledo (2008)

**Figura 14**

*Planta en Etapa Reproductiva 4*



Fuente: Toledo (2008)

En la figura 15 se observa las vainas de soja en formación y desarrolladas.

**Figura 15**

*Vainas en Formación y Desarrolladas*



Fuente: Toledo (2008)

La etapa reproductiva 5 se puede visualizar en la figura 16 y las vainas de soya en la figura 17.

### **Figura 16**

*Vainas en Etapa Reproductiva 5*



Fuente: Toledo (2008)

### **Figura 17**

*Etapa Reproductiva 5: Período más Crítico del Cultivo*



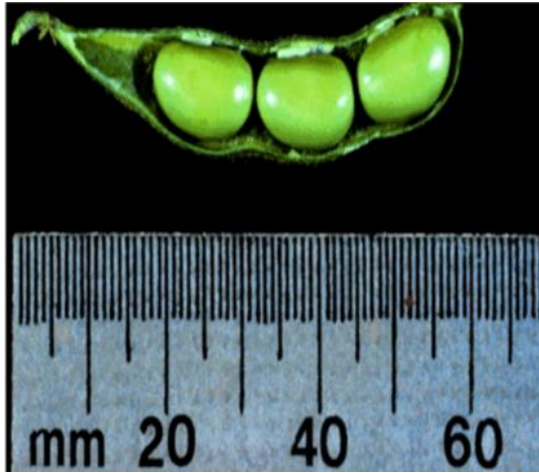
Fuente: Toledo (2008)



En la etapa reproductiva 6 la semilla está totalmente desarrollada, como se observa en la figura 18.

### Figura 18

*Vainas en Etapa Reproductiva 6*

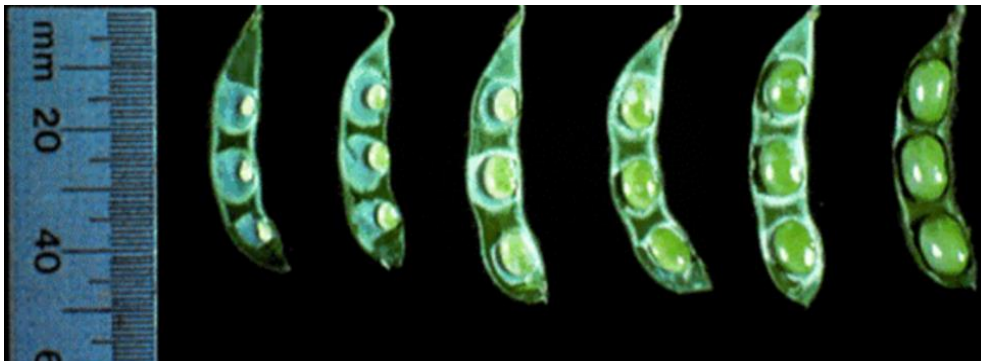


Fuente: Toledo (2008)

En la figura 19 se observa el inicio de la formación de semillas hasta que están completamente desarrolladas.

### Figura 19

*Desarrollo de la Semilla.*



Fuente: Toledo (2008)

En el desarrollo de la planta de soya se visualiza el inicio de la maduración de la planta de soya (ver la figura 20) y la maduración en la figura 21.

### **Figura 20**

*Inicio de Maduración*



Fuente: Toledo (2008)

### **Figura 21**

*Cultivo en Etapa Reproductiva 8*



Fuente: Toledo (2008)

En la figura 22 se presenta la maduración completa de la planta de soya; así como el cambio de color debido a la maduración.

**Figura 22**

*Vainas y Semillas por Cosechar*



Fuente: Toledo (2008)

## Generalidades del aceite de soya

### Composición química del aceite de soya

Podemos observar tanto el componente ácido como el porcentaje en peso del aceite de soya en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Composición Química del Aceite Crudo de Soya*

<b>COMPONENTE ÁCIDO</b>	<b>COMPOSICIÓN PORCENTAJE EN PESO</b>
<b>SATURADOS</b>	
Láurico	0.1
Mirístico	0.2
Palmítico	10.7
Esteárico	3.9
Araquidónico	0.2
<b>NO SATURADOS</b>	
Oleico	22.8
Linoleico	50.8
Linolénico	6.8

Fuente: Contreras (2006)

El aceite de soya tiene ácidos grasos monoinsaturados, saturados y poliinsaturados. En la tabla 5 se observa la distribución de cada tipo.

**Tabla 5***Porcentaje de Ácidos Grasos en el Aceite de Soya*

<b>SATURADO</b>	<b>MONOINSATURADO</b>	<b>POLIINSATURADOS</b>
15 %	24 %	61 %

Fuente: Contreras (2006)

El aceite crudo y refinado de soya tienen diferencias en sus componentes debido al procesamiento de hacerlo apropiado para consumo humano. En la tabla 6 se visualiza dichos componentes como también los restos de metales tales como hierro y cobre.

**Tabla 6***Componentes del Aceite de Soya Crudo y Refinado*

<b>COMPONENTE</b>	<b>ACEITE CRUDO</b>	<b>ACEITE REFINADO</b>
Triglicéridos (1 %)	95 - 97	> 99
Fosfátidos (%)	1.5 - 2.5	0.003 - 0.045
Material insaponificable (%)	1.6	0.3
Esteroles (%)	0.33	0.13
Tocoferoles (%)	0.15 - 0.21	0.11 - 0.18
Hidrocarburos (Escualeno) %	0.014	0.01
Ácidos grasos libres (%)	0.3 - 0.7	< 0.05
<b>RESTOS DE METALES</b>		
Hierro (ppm)	1.30	0.10 – 0.30
Cobre (ppm)	0.03 - 0.05	0.02 – 0.06

Fuente: Contreras (2006)

## **Química del aceite de soya**

### **Características generales**

El aceite crudo de soya es la grasa de origen vegetal de mayor disponibilidad en el mercado, siendo en general el que presenta mayor calidad, con un alto contenido de triglicéridos y de ácidos grasos insaturados; así como ácidos grasos libres mono-, di-, y triacilglicéridos, fosfolípidos, pigmentos, esteroides, tocoferoles, glicerol, hidrocarburos, vitaminas, fragmentos de proteínas, glicolípidos, pesticidas, mucílagos entre otros. Ya que el aceite se utiliza crudo, lleva incorporado las gomas (colina, fosfolípidos, antioxidantes y vitaminas A, E) lo que ayuda a la conservación durante el almacenaje y mejora la digestibilidad. Este aceite pertenece al grupo de aceites del ácido linolénico, junto con los aceites de lino y cáñamo. La composición de glicéridos presenta una distribución pareja. Según esto, los triglicéridos contienen cada uno, dos ácidos grasos insaturados de acuerdo con la composición de ácidos grasos. Es decir, cuanto mayor sea la distribución al azar de los ácidos grasos insaturados, mayor será el punto de fusión del aceite de soya (Elguera, 2016, p. 6).

En el aceite de soya también puede encontrarse contaminantes y otros contribuyentes indeseables, tales como: metales, residuos de pesticidas y disolventes halogenados. Muchos de estos compuestos se reducen a un mínimo o desaparecen durante la refinación. Es así como las fracciones de humedad, impurezas, insaponificables y productos de oxidación constituyen la fracción no nutritiva de la grasa y su nivel se correlaciona negativamente con el aporte de energía. Es por eso que un criterio muy usado para medir la calidad de las grasas y aceites es el contenido de ácidos grasos libres. Sin embargo, el contenido de

estos como un criterio de calidad de grasas y aceites ha sido utilizado sin mucha evidencia experimental (Elguera, 2016, p. 7).

Otro factor a tener en cuenta es la autooxidación de los lípidos, que es el proceso en el cual, el oxígeno reacciona con los ácidos grasos insaturados. Inicialmente se forman peróxidos que se descomponen en hidrocarburos, aldehídos, cetonas y cantidades menores de epóxidos y alcoholes. Estos componentes pueden ser tóxicos y a la vez reaccionar con otros componentes dietarios y por tanto reducir su valor nutricional. El resultado de la autooxidación de las grasas y aceites es el desarrollo de sabores y aromas desagradables característicos de esta alteración conocida como "enranciamiento oxidativo". Algunas grasas resisten esta modificación en un amplio grado, mientras que otras son más susceptibles, dependiendo del grado de insaturación, de la presencia de agentes antioxidantes y de factores externos como la luz (Elguera, 2016).

### **Valor nutricional**

Los lípidos de la soya contienen triglicéridos y fosfolípidos, además de pigmentos tocoferoles, esteroides y derivados de los triglicéridos. Este aceite está constituido en su mayoría por ácidos insaturados (oleico 25 - 35 %, linoleico 45 - 55 % y linolénico 5 - 10 %) mientras que la fracción saturada (sobre todo ácido palmítico 10-12 % y ácido esteárico 4 - 5 %) representa el 10 -15 % del total. El aceite de soya también presenta compuestos secundarios como fosfátidos procedentes de la constitución de los tejidos, en especial la lecitina (O'Brien et al., 2000 citado por Elguera, 2016). Estos fosfolípidos pueden encontrarse como fosfatidilcolina, fosfatidiletanolamina y fosfatidilinositol y constituyen el 1.5 - 5 % del extracto crudo de hexano (Elguera, 2016, p. 8).

El aceite de soya no purificado contiene también diversos esteroides que aparecen mayormente libres, pero también se los encuentra esterificados como glucósidos acidulados. La distribución de los esteroides entre sus diferentes clases no varía durante el desarrollo de la semilla hasta la madurez. Los esteroides son solubles en acetona y generalmente se los halla en la fracción fosfolípida cruda del aceite.

Otros compuestos importantes que se pueden encontrar en los aceites son los tocoferoles que son capaces de retardar la oxidación de estos, entre ellos se encuentran los  $\Delta$  y  $\alpha$ -tocoferol. El aceite de soya tiene un contenido medio de 1.76 mg de tocoferol por gramo de aceite (O'Brien et al., 2000 citado por Elguera, 2016), en la fracción de la lecitina puede encontrarse aproximadamente 0.1 % de tocoferoles, y el destilado de aceite comestible contiene 2.5 - 3.0 %. También es posible encontrar compuestos menores como hidrocarburos en cantidades de entre 7-17 mg por 100 gramos de aceite, y pequeñísimas cantidades de ceras, alcoholes, cetonas, etc (Elguera, 2016, p. 9).

### **Proceso de refinación**

El refinado puede hacerse según técnicas físicas, químicas o de una manera combinada. Las características del aceite determinan el tipo de técnica que se requiere utilizar; así, si este no presenta una gran cantidad de impurezas se podrá refinar con métodos físicos, pero si tiene índice de acidez grande, es mejor utilizar métodos químicos. La combinación de ambas técnicas es utilizada cuando se tiene un aceite con una acidez muy elevada pero no muchos defectos; en este caso se puede eliminar la acidez con métodos químicos y continuar la rectificación con métodos físicos (Parra, 2016, pp.21-23).



## **Refinación física**

La refinación física es un método donde los ácidos grasos libres se eliminan por el proceso de destilación. El proceso de refinación física se utiliza para los aceites y grasas con alto contenido de ácidos grasos libres. La refinación presenta las siguientes características (Parra, 2016, p. 24)

- Tiene una tasa de refinamiento alta
- Genera una menor pérdida de aceite
- No se desperdicia el agua descargada
- Es especialmente indicado para los aceites muy ácidos y los de bajo contenido de goma.

Este proceso sigue tres pasos básicos:

- Acondicionamiento ácido o desgomado avanzado.
- Blanqueamiento
- Desacidificación y desodorización

## **Refinación química**

La refinación química es realizada con el fin de eliminar los ácidos grasos del aceite crudo que se extraen de las semillas.

Los ácidos grasos se neutralizan con el uso de soda cáustica y originan jabones de sodio que se eliminan por decantación y las gomas se separan haciendo uso de centrifugas.

Esta refinación tiene capacidad de adaptación, produce aceite final consistente y estable, se usa menos cantidad de arcilla en el proceso de blanqueado comparado con la refinación física (Parra, 2016, p. 25).

## **Antecedentes históricos del desgomado**

### **Utilización de ácido sulfúrico**

La utilización de este ácido para la desmucilaginación (desgomado) de aceites fue propuesta por Gover en 1792 y puesta a punto por Thénard en 1811. El tratamiento del aceite crudo con pequeñas cantidades de ácido sulfúrico concentrado (a bajas temperaturas) provoca la carbonización y descomposición de muchas de las impurezas presentes, deshidrata el aceite e insolubiliza ciertas sustancias (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

Por otro parte, el ácido fuerte provoca la hidrólisis de los acilglicerolos dando lugar a un aumento de la acidez libre del aceite y las consiguientes pérdidas en grasa neutra. Así mismo, aunque la operación se realice muy prudentemente, manteniendo la temperatura por debajo de los 30 °C y bajo agitación enérgica, puede tener lugar, en los puntos donde la temperatura ha sido superior, la formación de productos de sulfonación de colores rojizos y emulsionantes, estos últimos pueden formar emulsiones difíciles de eliminar y que provocan muchos problemas en el resto de las operaciones, por lo que este tratamiento solo se ha reservado para aceites destinados a desdoblamiento (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

### **Utilización de ácido clorhídrico**

Existen dos patentes británicas que utilizan este ácido para desgomar el aceite de cacahuate. Un método efectivo es el uso de cerca de 0,4 % de ácido clorhídrico 2N añadido a 20 - 25 °C. Después de un buen mezclado se añade de 0,5 a 1 % de cáscara de cacahuate para ayudar a la filtración. La eliminación de

impurezas mediante drenado es preferible para evitar la absorción de sabores por el coadyuvante de filtración añadido (Andersen, 1965).

La IG-Farbenindustrie A.G tiene patentado la adición de 1 a 4 % de ácido clorhídrico concentrado al aceite seco a 80 °C y una agitación vigorosa posterior de 10 a 20 minutos. Durante una agitación lenta posterior el mucílago forma grumos pesados (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

La Metallgesellschaft A.G patentó el uso de una mezcla de cloruro de calcio y ácido clorhídrico (Andersen, 1965).

El aceite a 50 °C se agita por un corto tiempo con un 4 % de ácido clorhídrico concentrado y 3 % de una solución al 30 % de cloruro de calcio. En 1940 Thurman BF patentó la utilización de cloruro sódico para el desgomado (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

### **Utilización de ácido bórico**

El ácido bórico puede precipitar proteínas, fosfátidos y otras impurezas del aceite de algodón. Patentes que usan ácido bórico anhidro o sus ésteres a temperaturas elevadas han sido registradas por la IG-Farbeindustrie AG para dicho aceite y consiste en calentar el aceite al vacío con 1 % de ácido bórico anhidro a 130 °C. Según la patente, este tratamiento reduce las pérdidas de neutralización en un 45 %. En lugar de ácido se puede usar derivados del mismo, como ésteres con alcoholes polihídricos (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

### **Utilización de ácido $\beta$ -naftalensulfónico**

Este ácido también puede ser usado para el desgomado en mezcla con el aceite a temperaturas entre 70 y 200 °C. Así el aceite de sésamo para ser desgomado

necesita un 0.8 % de este ácido durante 5 - 15 minutos a 160 °C (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

### **Utilización de otros reactivos**

Entre los otros productos que pueden usarse para desgomar se encuentra el ácido oxálico o sus sales sódicas, pero Andersen, en 1962 desconocía su aplicación industrial.

Andersen (1965) la IG-Farbeindustrie A.G, patentó para el desgomado un tratamiento con reactivos inmiscibles con el aceite y sin acción química hacia las impurezas: Sal o soluciones salinas, sustancias anhidras como la formamida, la glicerina, el ácido acético glacial, el ácido fórmico, el glicol u otros alcoholes. La Staley Manufacturing en Estados Unidos recomendó el proceso Stanley 50, consistente en la mezcla del aceite a 60 °C con 0.1 % de anhidro acético durante 15 minutos antes de la adición de 1.5 % de agua y una nueva agitación durante 30 minutos y posterior separación de las fases por centrifugación para aumentar el rendimiento en lecitina a partir del aceite de soya.

El ácido tánico también fue usado para el desgomado de aceite de soya y cacahuate. El tratamiento consistía en añadir al aceite crudo a 100 °C un 10 % de una solución acuosa (0.04 % de ácido tánico y 0.46 % de sal) con agitación vigorosa durante 15 minutos, se suspende la agitación y se rocía la superficie del aceite con 20 % de agua caliente. Tras la decantación se separan las fases, si es necesario se lava la fase oleosa con pequeñas cantidades de agua caliente para eliminar las trazas de reactivo (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

## **Desgomado con agua**

Los aceites con alto contenido de fosfatidil colina (más del 55% de los fosfátidos presentes en el mismo), se desgoman con agua a una temperatura de 80 °C, dando lugar a aceites desgomados con agua con contenidos muy bajos en fosfolípidos residuales. La cantidad de agua que se debe usar en el desgomado de aceite, especialmente en el caso del aceite crudo de soya para la obtención de lecitinas, debe ser del orden del 75 % con respecto a la cantidad de fosfátidos presentes en el aceite. Todo este proceso debe ser controlado rigurosamente, pues influye sobre la calidad del aceite desgomado y sobre la cantidad de grasa neutra en las lecitinas separadas.

Otros autores son algo menos precisos e indican que se debe añadir entre 1 y 3 % de agua respecto a la cantidad de aceite a 70 °C y con tiempo de permanencia de 30 a 60 minutos y bajo agitación, pero con cuidado de no atrapar el aire que pueda formar emulsiones. Un detalle importante por añadir es que el agua a utilizar debe ser desionizada o vapor condensado, evitando al máximo la presencia de iones metálicos, pues es sabido que los iones de calcio y magnesio son los responsables de la formación de los fosfátidos no hidratables (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

## **Desgomado con ácidos**

En estos procesos, donde se usa un tratamiento con un ácido fuerte, el mecanismo de convertir los fosfolípidos no hidratables en hidratables pasa por la ruptura de los complejos fosfátido-cación para liberar los fosfátidos. En la práctica se usa ácido fosfórico grado alimentario (0.1 a 0.3 % de una solución al

85% respecto al aceite y de acuerdo con la cantidad de fosfátidos del mismo) o ácido cítrico de grado alimentario, ambos son suficientemente fuertes y forman sales muy estables con los iones bivalentes. Como estos ácidos no son solubles en el aceite deben estar finamente dispersos para maximizar la interfase aceite/ácido y minimizar el espacio a recorrer por el complejo fosfátido-cación desde el seno del aceite hasta la interfase. Las sales formadas (ácido fuerte-cación) no deben ser solubles en la fase oleosa y así poderse eliminar las trazas metálicas pro-oxidantes de la misma; hecho de gran importancia para evitar posteriores procesos de degradación autoxidativa en los aceites refinados (Graciani, Pérez y Ruiz, 2012).

En la tabla 7 se observa los elementos presentes antes, durante y después del desgomado.

**Tabla 7**

*Elementos Presentes en el Aceite Crudo de Soya*

<b>Elementos</b>	<b>Aceite crudo</b>	<b>Aceite desgomado con agua</b>	<b>Gomas</b>
Fósforo	1000	247	753
Potasio	370	28	342
Calcio	129	109	20
Magnesio	178	97	81
Hierro	2	1	1

Fuente: Graciani, Pérez y Ruiz (2012)

## **Desgomado especial**

En este método el aceite es previamente calentado hasta una temperatura óptima de hidratación, que suele ser unos 70 °C. Seguidamente, se realiza un primer tratamiento con ácido y tras un tiempo de retención se procede a realizar un tratamiento con sosa, para neutralizar el ácido, y con agua para hidratar las gomas. Con el tratamiento caústico también se consiguen transformar los fosfátidos en sales de sodio solubles en agua, fase que luego es eliminada por centrifugación tras un breve calentamiento de la mezcla (Blanco, 2007).

## **Super-Unidesgomado de Unilever**

Este proceso se puede dividir en dos fases:

### **a) Super-Desgomado**

Consiste en realizar una reacción con ácido a unos 70 °C, para luego bajar la temperatura hasta unos 40 °C, y evitar así la redisolución de los flóculos de fosfolípidos formados y para añadir una determinada cantidad de agua que hidrate a los fosfátidos. A continuación, tras un tiempo de residencia, la temperatura vuelve a elevarse para realizar la separación centrífuga de las gomas del aceite. Adicionalmente se puede realizar un tratamiento con agua (Blanco, 2007).

### **b) UniDesgomado**

En esta segunda fase, cuyo objetivo es eliminar las posibles gomas que no lo hayan hecho en el paso anterior, el aceite es enfriado de nuevo y se lleva a cabo un tratamiento con sosa. Tras un tiempo de espera, el aceite se vuelve a calentar para volver a ser centrifugado (Blanco, 2007).

### **Proceso de desgomado total (DesgomadoTOP)**

El método de desgomado TOP (siglas del idioma holandés Tootal Ontslijmings Process, que significa proceso de desgomado total) se realiza inicialmente con agua para retirar los fosfolípidos y demás gomas hidrosolubles. Luego para separar los fosfolípidos no solubles usa ácido fosfórico con la finalidad de separar los metales pesados de los fósforos. Se neutraliza el proceso con NaOH y por centrifugación se separa las gomas de los aceites y se puede pasar a la siguiente etapa del proceso productivo (Vela, 2020).

### **Otros tipos de desgomado**

Existen otros procesos de desgomado, como el desgomado enzimático que degrada los fosfolípidos; el desgomado suave de Tirtiaux que utiliza un agente quelante para eliminar los cationes de los fosfátidos no hidratables; el desgomado IMPAC que emplea unos aditivos especiales en el desgomado ácido o el desgomado por ultrafiltración, consistente en la utilización de tecnologías de membranas (Blanco, 2007).

### **2.3. Conceptual**

El proceso de desgomado tiene por finalidad remover las principales impurezas (fosfátidos) presentes en los aceites para evitar interferencias en la estabilidad de estos productos en las etapas posteriores del refinado.

El desgomado de aceite crudo de soya consiste en eliminar los fósfatidos aplicando diversas técnicas tales como el desgomado acuoso, desgomado ácido, desgomado enzimático, etc. La elección de la técnica depende de los



resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos del crudo de soya requeridos para este proceso, los cuales nos dan una idea bastante acertada de la calidad de aceite que obtendremos al final de todo el proceso de refinado.

Generalmente la industria aceitera tradicional hace uso del desgomado acuoso para eliminar los fosfátidos hidratables, seguida del desgomado ácido para la eliminación de los fosfátidos no hidratables. Los ácidos usados en esta investigación para reducir el contenido de fósforo son el ácido fosfórico y el ácido cítrico, ambos de grado alimentario.

Se ha realizado paralelamente la preparación y acondicionamiento de muestras para probar la eficiencia de ambos ácidos, de tal manera que los resultados obtenidos son datos reales, gracias a las condiciones rigurosas llevadas a cabo durante el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

Durante el proceso se ha determinado la variable dependiente, reducción de contenido de fósforo, manteniendo la temperatura constante y participando de manera directa en la manipulación de las variables independientes que indicaban la relación ácido/aceite.

De esta manera se deduce que la investigación desarrollada es aplicable a gran escala y su sustento radica en los datos obtenidos en el desarrollo de la misma, y que han sido comparados con los resultados consultados en las diferentes bibliografías.

## 2.4. Definición de términos básicos

**Aceite crudo de soya:** Aceite vegetal que se extrae de las semillas de soya al momento de su maduración y que pasa por una serie de procesos durante su refinación.

**Contenido de fósforo:** Es la cantidad de fósforo proveniente de los compuestos fosforados contenidos en una grasa o en un aceite; y se expresa en mg/litro de muestra (ppm).

**Índice de acidez:** El índice de acidez se define como los miligramos de NaOH o KOH necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 gramo de aceite o grasa. También se puede expresar en porcentaje.

**Ácido fosfórico:** Conocido también como ácido ortofosfórico. Es un líquido transparente y espeso, inodoro e incoloro, cuya fórmula es  $H_3PO_4$ .

**Ácido cítrico:** Es un conservante y antioxidante natural que se usa industrialmente como aditivo alimentario.

**Refinado, Blanqueado y Desodorizado (RBD):** Se refiere al aceite terminado que ha pasado por los procesos de refinado, blanqueado y desodorizado.

**Fosfátidos hidratables:** Son aquellos fosfolípidos que pueden ser separados fácilmente durante el desgomado acuoso y que pueden ser usados para la alimentación.

**Fosfátidos no hidratables:** Aquellos fosfátidos que para ser eliminados deben transformarse en hidratables, previo tratamiento con ácido durante el proceso desgomado.

**Eficiencia:** Relación entre los datos utilizados al inicio de una investigación y los datos obtenidos al final de la misma.

**Reducción:** Disminución de la cantidad inicial de un objeto de estudio, luego de haber aplicado un método para lograr ese objetivo.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis general**

El ácido fosfórico es más eficiente que el ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

La relación ácido fosfórico/aceite demuestra que el ácido fosfórico es más eficiente en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya a una temperatura de 75 °C.

La relación ácido cítrico/aceite demuestra que el ácido cítrico es menos eficiente en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya a una temperatura de 75 °C.

#### **3.2. Definición conceptual de variables**

##### **Variable dependiente**

Y = Contenido de fósforo luego del proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

##### **Variables independientes**

X<sub>1</sub> = Relación numérica entre ácido fosfórico / aceite crudo de soya.

X<sub>2</sub> = Relación numérica entre ácido cítrico / aceite crudo de soya.

X<sub>3</sub> = Temperatura.

### 3.2.1. Operacionalización de variables

En la tabla 8 se presenta la operacionalización de variables.

**Tabla 8**

*Operacionalización de Variables*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MÉTODO</b>
<b>DEPENDIENTE</b>			
Y = Contenido de fósforo luego del proceso de desgomado de aceite crudo de soya.	Contenido de fósforo.	ppm	AOAC 986.24
<b>INDEPENDIENTE</b>			
X <sub>1</sub> = Relación numérica entre ácido fosfórico / aceite crudo de soya.	Cantidad de ácido fosfórico /cantidad de aceite.	ppm/Kg	Relación W/W
X <sub>2</sub> = Relación numérica entre ácido cítrico / aceite crudo de soya.	Cantidad de ácido cítrico /cantidad de aceite.	ppm/Kg	Relación W/W
X <sub>3</sub> = Temperatura.	Temperatura del proceso.	°C	Termómetro

## **IV. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **4.1. Tipo y Diseño de la investigación**

#### **4.1.1. Tipo de la investigación**

Al ser una investigación tecnológica es de tipo experimental porque los investigadores tienen incidencia directa sobre el objeto de estudio, logrando de esta manera demostrar su hipótesis. Es de tipo prospectiva porque los datos son obtenidos por los investigadores en las diferentes etapas del proceso. Es longitudinal porque las variables serán medidas en más de una ocasión. Es analítica de tipo bivariado porque se tiene dos variables de interés (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Es una investigación tecnológica y operativa que se encuentra ubicada dentro del área de Ingeniería y tecnología, subárea de Ingeniería Química, disciplina de Ingeniería Química (Plantas y Productos) y líneas de investigación de Proceso de transformación y separación.

#### **4.1.2. Diseño de la investigación**

##### **Investigación bibliográfica**

Se ha revisado y seleccionado información sobre el proceso de desgomado de aceite crudo de soya. La investigación bibliográfica ha consistido en la recopilación de información similar o existente relacionada al tema, para esto se ha revisado diversas fuentes bibliográficas como libros, revistas, artículos y otros materiales científicos. Gracias a la información bibliográfica recaudada se ha

logrado una mayor visión y direccionamiento del tema de investigación, así se pudo responder al problema planteado en la investigación.

### **Investigación experimental**

#### **Selección de la muestra de aceite crudo de soya**

La muestra fue obtenida por una empresa autorizada, la cual nos facilitó el aceite crudo de soya.

#### **Análisis fisicoquímico y organoléptico del aceite crudo de soya**

Se analizó porcentaje de acidez, contenido de fósforo, aspecto y color.

#### **Elección del equipo experimental**

Para elección del equipo experimental se ha evaluado las necesidades requeridas para el desarrollo del proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

#### **Elección del método de desgomado**

Después de una revisión exhaustiva de la bibliografía y adecuándose a la idea de desgomado que se tenía para esta investigación, se hizo uso del desgomado tipo ácido, para lo cual se hizo uso de ácido cítrico y ácido fosfórico.

#### **Determinación de las variables de operación**

Para la presente investigación se han determinado las siguientes variables de operación: relación numérica entre ácido fosfórico / aceite crudo de soya, temperatura y relación numérica entre ácido cítrico / aceite crudo de soya, las cuales se señalan en el diseño experimental con la finalidad de determinar los parámetros para el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

#### **4.2. Método de investigación**

Esta investigación utiliza los siguientes métodos:

Método lógico - hipotético – deductivo.

Método observacional – experimental.

Método analítico.

#### **4.3. Población y muestra**

El criterio de población no aplica para esta investigación.

La muestra seleccionada fue de 500 g de aceite crudo de soya por cada tratamiento.

#### **4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado**

Esta investigación se ha realizado en los laboratorios de Calidad total de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante el período comprendido desde 01/04/2020 - 02/05/2021.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información**

Las técnicas utilizadas son la técnica experimental y observacional empleadas durante la fase de desgomado del aceite crudo de soya. Adicionalmente se usó la técnica observacional y cuantitativa con respecto a las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aceite crudo de soya y las cantidades aplicadas en cada parte del proceso experimental.



## **4.6. Análisis y procesamiento de datos**

Al ser una investigación de corte experimental se desarrolló siguiendo los lineamientos de métodos y técnicas obtenidos durante la consulta del material bibliográfico para determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya. El proceso seguido se detalla a continuación:

- Análisis de los métodos de desgomado.
- Diseño experimental: Diseño clásico-independiente.
- Procedimiento experimental.

### **4.6.1. Análisis de los métodos de desgomado**

#### **Método de desgomado con agua**

Si los aceites se hidratan, tienden a precipitar las impurezas hidratables. Dado que en los aceites siempre están presentes estas impurezas, es lógico usar este tipo de desgomado acuoso antes de entrar al proceso de refinación.

La operación industrial de hidratación se inicia al calentarse el aceite hasta 80°C; se inyecta vapor de agua al crudo de soya, lo cual eleva la temperatura hasta 100 °C, se mantiene así entre 10 a 15 minutos. En estas condiciones los mucílagos coagulan y son separados por centrifugación o decantación.

#### **Método de desgomado con ácido fosfórico**

La operación de desgomado se efectúa generalmente entre 65 - 75°C, una temperatura más baja no es conveniente pues esto haría que la viscosidad del aceite sea más elevada, caso contrario a temperaturas más elevadas que las del

rango dado, el desgomado sería incompleto por el aumento de la solubilidad de las gomas.

Este tipo de desgomado consiste en añadir ácido fosfórico al 85 % dosificado (0.03 y 0.05 % porcentaje en peso), llevar a la temperatura óptima de 75 °C, mantener con agitación constante por 10 minutos, centrifugar y eliminar el mayor porcentaje de fosfátidos.

### **Método de desgomado con ácido cítrico**

De manera análoga que el desgomado con ácido fosfórico, este tipo de desgomado consiste en añadir ácido cítrico al 85 % dosificado (0.03 y 0.05% porcentaje en peso), llevar a la temperatura óptima de 75 °C, mantener con agitación constante por 10 minutos, centrifugar y eliminar el mayor porcentaje de fosfátidos.

### **4.6.2. Diseño experimental**

El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

- Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.

- Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
- Determinar los factores (las x vitales) de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
- Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
- Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
- Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
- Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

### **Bases de diseño**

Dado que el presente trabajo de investigación tiene como eje central determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya, se planteó para la investigación un diseño clásico-independiente. Se ha determinado la eficiencia de los ácidos cítrico y fosfórico haciendo uso de método de desgomado ácido. Las variables cuantitativas de importancia a controlar fueron: El % w/w de ácido fosfórico con respecto a 500 g de aceite crudo de soya y el % w/w de ácido cítrico con respecto a 500 g de aceite crudo de soya. Los niveles usados para este diseño también fueron dos, uno mínimo o inferior y otro máximo o superior (véase en la tabla 9).

Para este estudio experimental se ha seleccionado el diseño clásico-independiente para analizar los efectos de las variables mencionadas durante el estudio de la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la disminución del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya. Esto permitió visualizar la influencia de cada uno de ellos durante el proceso de desgomado del aceite y las interacciones que ocurren entre los mismos. La estructura del diseño experimental se observa en la tabla 10, donde las dos variables que han sido determinadas y los dos niveles usados dan un total de cuatro experimentos, de esta manera se determinaron la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico al momento de reducir el contenido de fósforo durante el proceso de desgomado de aceite.

Según el diseño experimental independiente, fijamos los dos niveles: inferior y superior en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Variables y Niveles del Diseño Experimental*

<b>Variables</b>	<b>Niveles</b>	
	<b>Inferior</b>	<b>Superior</b>
% $W_{\text{Ácido fosfórico}}/W_{\text{aceite}}$	0.03 %	0.05 %
% $W_{\text{Ácido cítrico}}/W_{\text{aceite}}$	0.03 %	0.05 %

**Tabla 10***Diseño Clásico-Independiente para Determinar la Eficiencia*

Número de Experiencias	Variables	
	A	B
1	500 g	0.03 %
2	500 g	0.05 %
3	500 g	0.03 %
4	500 g	0.05 %

**Procedimiento experimental**

Se han realizado cuatro corridas experimentales por el método de desgomado ácido a la temperatura de 75 °C, de acuerdo al diseño experimental planteado en la tabla 10. Para la determinación de la eficiencia del ácido fosfórico y el ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo, las muestras fueron acondicionadas de acuerdo al número de corridas y teniendo en cuenta el diseño clásico-independiente. Es así que se preparó cada muestra de manera individual, teniendo en cuenta el porcentaje y tipo de ácido a usar, además de la cantidad de aceite. A la mezcla ácido/aceite se mantuvo a una agitación constante durante 10 minutos, luego se llevó a centrifugar para separar las gomas del resto del aceite crudo. Seguidamente se procedió a envasar y rotular las mezclas en frascos de polietilentereftalato (PET) a temperatura ambiente, para su posterior análisis en las instalaciones de los Laboratorios de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

A continuación, se explica cada una de las etapas:

1. Preparación y acondicionamiento de la muestra.

Primero se procedió a determinar el porcentaje de acidez del aceite crudo de soya, pesando en un matríz 28.2 g de aceite crudo de soya tal como se muestra en la figura 23.

**Figura 23**

*Aceite Crudo de Soya*



Luego, añadimos 2 ml de fenolftalína y 50 ml de alcohol neutralizado, titulando con hidróxido de sodio 0.1N hasta que cambie de color como se muestra en la figura 24, teniendo un gasto de 4.2 ml.

**Figura 24**

*Cambio de Color en la Titulación*



Determinamos el % de acidez expresada como ácido oleico usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez expresada como ácido oleico} = \frac{(Vg) * (N_{\text{NaOH}}) * (28.2)}{W_{\text{MUESTRA}}}$$

Donde:

Vg = Volumen gastado (ml)

N<sub>NaOH</sub> = Normalidad del hidróxido de sodio 0.1N

W<sub>MUESTRA</sub> = Peso de la muestra en gramos

$$\% \text{ acidez expresada como ácido oleico} = \frac{(4.2) * (0.1) * (28.2)}{28.2}$$

% acidez expresada como ácido oleico = 0.42

2. Instalación del equipo e inicio de la fase experimental.

En cuatro vasos de precipitado se procedió a llenar 500 g de aceite crudo de soja en cada vaso, se calienta en una plancha electromagnética hasta los 75°C.

3. Desgomado del aceite crudo de soja con ácido fosfórico.

Para realizar el desgomado del aceite crudo de soja se ha usado dos vasos de precipitado con 500 g aceite crudo de soja y se añadió ácido fosfórico al 85 % a dos porcentajes en peso correspondiente al 0.03 % y 0.05 % añadiendo 0.09 mL y 0.15 mL de ácido fosfórico respectivamente. Se agitó constantemente durante 10 min y se dejó decantar en una pera.

4. Desgomado del aceite crudo de soja con ácido cítrico.

Para realizar el desgomado del aceite crudo de soja se ha usado dos vasos de precipitado con 500 g aceite crudo de soja y se añadió ácido cítrico al 85% a dos porcentajes en peso correspondiente al 0.03 % y 0.05 % añadiendo 0.11 mL y 0.19 mL de ácido cítrico respectivamente. Se agitó constantemente durante 10 min y se dejó decantar en una pera como se muestra en la figura 25.



## Figura 25

### *Decantación del Aceite Desgomado*



5. Centrifugación de la mezcla ácido fosfórico/aceite.

Luego de la decantación se procedió a centrifugar la muestra por 10 min para que de esta manera se pueda separar las gomas del aceite.

6. Centrifugación de la mezcla ácido cítrico/aceite.

Luego de la decantación se procedió a centrifugar la muestra por 10 min para que de esta manera se pueda separar las gomas del aceite.

7. Envasado de muestras centrifugadas.

Se procede envasar y rotular:

Muestra 0: Muestra inicial de aceite crudo de soya

Muestra 1: Aceite crudo de soya más 0.03 % de ácido fosfórico.

Muestra 2: Aceite crudo de soya más 0.05 % de ácido fosfórico.

Muestra 3: Aceite crudo de soya más 0.03 % de ácido cítrico.

Muestra 4: Aceite crudo de soya más 0.05 % de ácido cítrico.

8. Análisis de fósforo en los laboratorios de Calidad total de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Se llevaron las muestras a los Laboratorios de Calidad total de la Universidad Nacional Agraria La Molina para el análisis de contenido de fósforo.

## **V. RESULTADOS**

### **5.1. Resultados descriptivos**

No es el caso su aplicación al presente trabajo de investigación, puesto que los resultados descriptivos son aquellos obtenidos al hacer uso de procedimientos estadísticos tales como medidas de centralización, dispersión, forma y la relación entre variables.

### **5.2. Resultados inferenciales**

No es el caso su aplicación en la presente investigación, puesto que estos resultados inferenciales son provenientes de la muestra de una población del diseño metodológico y se apoya fuertemente en el cálculo de probabilidades. Sin embargo, valga aclarar que la tesis desarrollada, fue adecuada a estos conceptos en el criterio de población y muestra señalado en el punto 4.3, pero no específicamente como establece la literatura; si no más bien por comodidad en el desarrollo de la misma.

### **5.3. Otro tipo de resultados estadísticos, de acuerdo a la naturaleza del problema y la hipótesis**

Los resultados obtenidos aplicando el procedimiento de la investigación experimental se muestran en las tablas 9 y 10. Se realizaron cuatro corridas experimentales que incluyen las variables dependientes e independientes para determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del

contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya, usando el método de desgomado ácido. Los análisis del contenido de fósforo se obtuvieron en las instalaciones de los Laboratorios de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Para obtener los resultados se hizo uso de lo siguiente:

1. Diagrama de proceso para determinar la eficiencia de ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya (ver el anexo 2).
2. Variables influyentes para determinar la eficiencia de ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya (ver tabla 11).
3. Características organolépticas del aceite crudo de soya (ver tabla 12).
4. Propiedades fisicoquímicas del aceite crudo de soya en la tabla 13.

**Tabla 11**

*Variables Influyentes para Determinar la Eficiencia del Desgomado.*

Número de Experiencias	% $W_{\text{Ácido}} / W_{\text{aceite}}$	Vector de respuesta	
		Contenido de Fósforo (ppm)	% Eficiencia
1	0.03	57.70	60.88
2	0.05	28.90	80.41
3	0.03	61.60	58.24
4	0.05	33.70	77.15

**Tabla 12**

*Características Organolépticas del Aceite Crudo de Soya*

<b>Propiedades</b>	<b>Características Organolépticas</b>
Color	Pardo-rojizo
Olor	Característico
Sabor	Característico
Aspecto	Líquido denso
Textura	Oleosa

**Tabla 13**

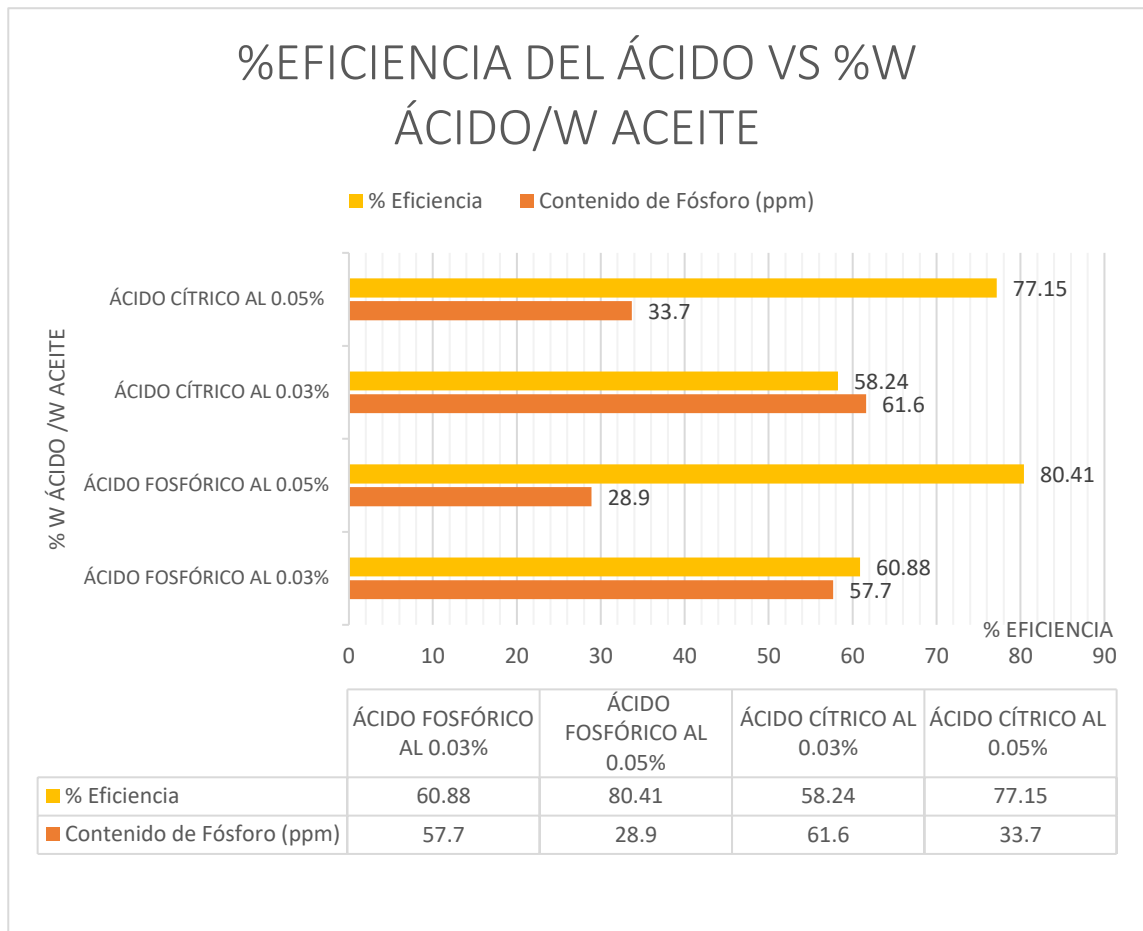
*Propiedades Fisicoquímicas del Aceite Crudo de Soya.*

<b>Propiedades</b>	<b>Características Fisicoquímicas</b>
Porcentaje de acidez (%)	0.42
Contenido de fósforo (ppm)	147.50

En la figura 26 se muestra el porcentaje de eficiencia de los dos niveles y los dos tipos de ácidos usados en este estudio.

**Figura 26**

*% Eficiencia del Acido VS %W ÁCIDO/W ACEITE*



## VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

Según las experiencias realizadas en la investigación para determinar la eficiencia de los ácidos fosfórico y cítrico en la reducción del contenido de fósforo durante el proceso de desgomado en el aceite crudo de soya y al contrastarlo con las hipótesis general y específica se obtuvieron los siguientes resultados:

La hipótesis específica 1 es aceptada debido a que la relación ácido fosfórico/aceite determinó que dicho ácido es más eficiente al momento de reducir el contenido de fósforo durante el proceso de desgomado de aceite crudo de soya, al obtenerse que a una relación de 0.03 % peso de ácido fosfórico al 85 % de concentración y 500 gramos de aceite se logró reducir a 57.7 ppm de fósforo (Ver anexo 4) que se traduce como una eficiencia de 60.88 % y a una relación de 0.05 % peso de ácido fosfórico al 85 % de concentración y 500 gramos de aceite se logró reducir a 28.9 ppm de fósforo (Ver anexo 5) que indica una eficiencia del 80.41 % de un contenido de fósforo inicial de 147.5 ppm de una muestra sin tratamiento ácido (Ver anexo 3). Cabe resaltar que la temperatura se mantuvo constante (75 °C) y el tiempo de agitación fue de 10 minutos.

La hipótesis específica 2 también es aceptada debido a que la relación ácido cítrico/aceite determinó que dicho ácido es menos eficiente al momento de reducir el contenido de fósforo durante el proceso de

desgomado de aceite crudo de soya, al obtenerse que a una relación de 0.03 % peso de ácido cítrico al 85 % de concentración y 500 gramos de aceite se logró reducir a 61.6 ppm de fósforo (Ver anexo 6) que se traduce como una eficiencia de 58.24 % y a una relación de 0.05 % peso de ácido fosfórico al 85 % de concentración y 500 gramos de aceite se logró reducir a 33.7 ppm de fósforo (Ver anexo 7) que indica una eficiencia del 77.15 % de un contenido de fósforo inicial de 147.5 ppm de una muestra sin tratamiento ácido (Ver anexo 3). Las condiciones de temperatura y agitación fueron las mismas que para el ácido fosfórico.

Finalmente, de acuerdo a la hipótesis general se confirma que el ácido fosfórico es más eficiente que el ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya, al obtenerse que a una relación de 0.05 % peso de ácido fosfórico al 85 % de concentración y 500 g de aceite se logró reducir a 28.9 ppm de fósforo (Ver anexo 5) que se traduce como una eficiencia de 80.41 % lo cual garantiza que la hipótesis general es correcta.

## **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares**

Contreras (2006) para la neutralización química del aceite de soya crudo desgomado utilizó una solución de silicato de sodio y ácido fosfórico (85%). De los estudios que realizó, la relación óptima que obtuvo fue de 0.05 % W/W para disminuir el contenido de fósforo. Estos resultados son iguales en lo que respecta a la relación %W/W que se obtuvo en esta investigación.



Shaymaa (2013) para optimizar el proceso de desgomado y remover eficientemente los fosfolípidos del aceite crudo de germen de trigo con una mínima pérdida de aceite, usó el desgomado acuoso, desgomado ácido y desgomado enzimático. El estudio concluyó que con el desgomado acuoso se logró una reducción de fósforo de aproximadamente 56 %. El desgomado ácido redujo el contenido de fósforo en 39 % y el desgomado enzimático disminuyó la cantidad de fósforo en aproximadamente 88 %. En este caso el desgomado enzimático fue la mejor opción debido a que hace uso de tecnologías más actualizadas.

Stroppiano y Comba (2016) para refinar y evaluar un aceite vegetal comestible crudo no tradicional y otro que resulta como subproducto del proceso usaron el desgomado acuoso y el desgomado ácido. Después de realizar la parte experimental, concluyeron que ambas en ambos resultados fueron similares pero que a mayor escala ellos recomendaron el desgomado ácido.

Andía, Mego, Huamán, Cairo, Chávez y Cutipa (2015) para realizar la evaluación del índice químico del aceite de castaña utilizaron el desgomado con agua y desgomado ácido como el que se usó en esta investigación.

De los estudios que realizaron, la relación óptima que obtuvieron fue de 0.13 % W/W para disminuir el contenido de fósforo haciendo uso del desgomado ácido. Estos resultados son parecidos en lo que respecta a la

relación %W/W que se obtuvo en esta investigación, con diferencia que el aceite utilizado era de castaña.

### **6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

Los autores de la investigación se responsabilizan por la información emitida en el presente informe final de investigación, de acuerdo al Reglamento del Código de Ética de la investigación de la Universidad Nacional del Callao, según Resolución de Consejo Universitario N° 260-2019-CU.

## CONCLUSIONES

De los cuatro pretratamientos evaluados (dos por cada ácido tratante), el pretratamiento óptimo para disminuir el porcentaje de fosfátidos fue el de 0.05 % con el ácido fosfórico y la eficiencia de reducción de contenido de fósforo con respecto a la muestra inicial de aceite crudo de soya fue de 80.41 %.

De las relaciones de 0.03 y 0.05 %  $W_{\text{ácido}}/W_{\text{aceite}}$  utilizadas, se logró determinar que al 0.05% de ácido fosfórico/aceite se obtuvo un óptimo porcentaje de reducción del contenido de fósforo.

De las relaciones de 0.03 y 0.05 %  $W_{\text{ácido}}/W_{\text{aceite}}$  utilizadas, se logró determinar que al 0.05% de ácido cítrico/aceite se obtuvo un óptimo porcentaje de reducción del contenido de fósforo.

## RECOMENDACIONES

Las empresas dedicadas al proceso de refinado de aceites deberían poner énfasis en la reducción de contenido de fósforo del aceite crudo durante el proceso de desgomado.

Se sugiere optimizar los métodos de refinación, de tal manera que mejore el rendimiento del ácido fosfórico o cualquier otro ácido alternativo en el proceso de desgomado.

En el presente trabajo no se consideró el impacto ambiental, por lo cual se recomienda que los trabajos posteriores consideren este aspecto ya que puede influir de manera directa o indirecta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andía, C., Mego, V., Huamán, R., Cairo S., Chávez M., Cutipa L. (2015). Evaluación del índice químico del aceite de castaña (*Bertholletia Excelsa* HBK) desgomado con agua y ácido fosfórico. *Floresta Amazónica*, 1(1), 107-118.

<http://revistas.unamad.edu.pe/index.php/Floresta/article/view/32>

Andersen, A. (1965). *Refinado de aceites y grasas para fines comestibles* (2ª ed.). Pergamon.

Arija, J., Cruz, L. y Páez, J. (2017). *Producción de Aceite y Expeller de Soja*. [Proyecto Final, Universidad Tecnológica Nacional] Repositorio Institucional Abierto.

<https://ria.utn.edu.ar/handle/20.500.12272/1589>

Bailey, A. (1951). *Aceites y grasas industriales* (2ª ed.). Reverté.

Blanco, P. (2007). *Diseño de una planta piloto de refinación de aceites vegetales* [Proyectos de fin de carrera de Ingeniería Química, Universidad de Cádiz] Repositorio Institucional UCA.

<http://hdl.handle.net/10498/6391>

Contreras, C. (2006). *Propuesta de un método para la neutralización química del aceite de soya crudo desgomado utilizando solución de silicato de sodio* [Trabajo de Licenciatura en Química y Farmacia, Universidad de El Salvador] Repositorio Institucional de la Universidad de El Salvador.

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5000/1/16101234.pdf>

Elguera, M. (2016). *Reemplazo del aceite crudo de soya por aceite acidulado en dietas comerciales para alevines de Trucha (*oncorhynchus mykiss*) en Pachacayo, Junín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1781/M12-E4-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, A. (2019). *Obtención de aceites comestibles a partir de nuevas semillas de girasol enriquecidas en fitoesteroles* [Tesis doctoral, Universidad Pablo de Olavide] Repositorio Institucional Olavide.

<http://hdl.handle.net/10433/7571>

Graciani, E., Pérez, M., Ruiz., M. (2012). *Los aceites y grasas refinación y otros procesos de transformación industrial* (1ª ed.). AMV Ediciones.

Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. (2ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseño\\_experimentos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseño_experimentos.pdf)

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). Mc Graw Hill.

Koo, W. (2021, 11 de enero). *Aceite Soya Refinado Perú Importación 2020 Diciembre*. AGRODATAPERU.

<https://www.agrodataperu.com/2021/01/aceite-soya-refinado-peru-importacion-2020-diciembre.html>

Parra, T. (2016) *Diseño de una planta de refinación y blanqueamiento de aceite comestible usado y aceite rojo de palma* [Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional] Repositorio Digital Institucional.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15156>

Piñares, E. (2016). *Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de Glycine max L. Merr. Var. Nacional, en la zona de Satipo – Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú] Repositorio Institucional.

<http://hdl.handle.net/20.500.12894/4023>

Plúas, A. (2017). *Caracterización de aceite no comestible de Jatropha Curcas para la obtención de biocarburante* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica del Litoral] Repositorio Dspace.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/42562>

Rojas, K. (2019). *Obtención y extracción de aceites vegetales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle] Repositorio Institucional.

<http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/3861>

Rosas, J. y Young, R. (1991). *El cultivo de la soya* (3ª ed.). Zamorano.

Shaymaa, A. (2013). *Evaluación del proceso de desgomado en el aceite de germen de trigo* [Tesis doctoral, Universidad de Bagdad]. Repositorio Shareok.

<https://hdl.handle.net/11244/10955>



Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de plagas de Argentina (2019).

*Glycine max.*

<https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/glycine-max>

Stroppiano, M. y Comba N. (2016). Evaluación experimental de técnicas de refinado de aceites vegetales comestibles.

*Repositorio Institucional Abierto.*

<http://hdl.handle.net/20.500.12272/2324>

Toledo, R. (2008). *Fases del desarrollo del cultivo de soja*. Agro.unc.edu.ar.

[http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno\\_soja.pdf](http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/feno_soja.pdf)

Valencia, R. (2006). Origen, taxonomía y morfología de la soja.

*Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*, 59-64.

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1653>

Valladares, C. (2010, Julio). *Taxonomía y botánica de los cultivos de grano*.

Universidad nacional Autónoma de Honduras.

<https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii->

[taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-](https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf)

[2010.pdf](https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/unidad-ii-taxonomia-botanica-y-fisiologia-de-los-cultivos-de-grano-agosto-2010.pdf)

Vela, F. (2020). *Diseño del módulo de desgomado de una planta piloto para la producción de biodiesel a partir de aceites comestibles residuales y plantas oleaginosas con alto contenido de fósforo* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP.

[http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17931/VELA\\_RUIZ\\_FRANCO\\_DISE%c3%91O\\_MODULO\\_DESGOMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/17931/VELA_RUIZ_FRANCO_DISE%c3%91O_MODULO_DESGOMADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

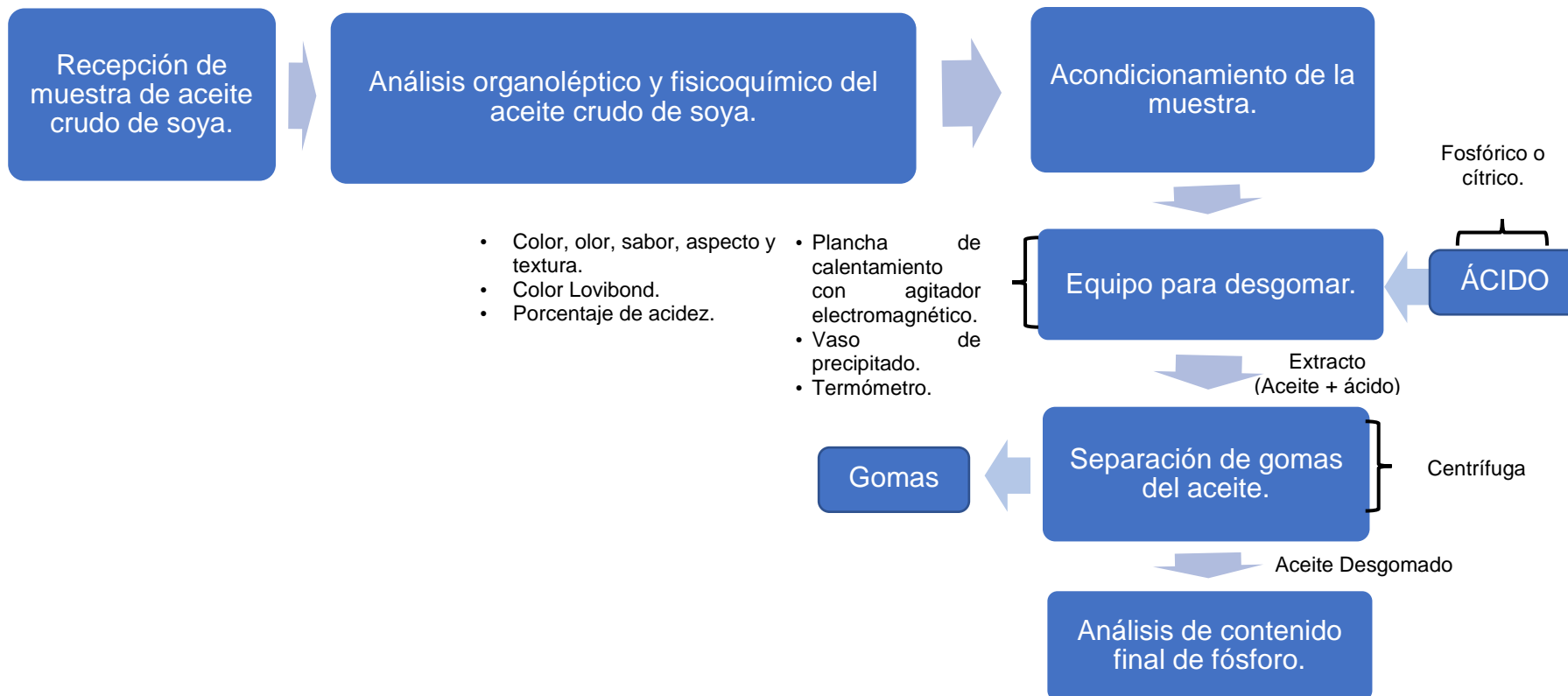
## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de consistencia

Eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?	Determinar la eficiencia del ácido fosfórico y ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.	El ácido fosfórico es más eficiente que el ácido cítrico en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.	Y = Contenido de fósforo luego del proceso de desgomado de aceite crudo de soya.	Contenido de fósforo	ppm	AOAC 986.24
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	MÉTODO
¿Cuál es la relación ácido fosfórico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?  ¿Cuál es la relación ácido cítrico/aceite en la reducción de contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya?	Determinar la relación ácido fosfórico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.  Determinar la relación ácido cítrico/aceite en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya.	La relación ácido fosfórico/aceite demuestra que el ácido fosfórico es más eficiente en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya a una temperatura de 75°C.  La relación ácido cítrico/aceite demuestra que el ácido cítrico es menos eficiente en la reducción del contenido de fósforo en el proceso de desgomado de aceite crudo de soya a una temperatura de 75°C.	X <sub>1</sub> = Relación numérica entre ácido fosfórico / aceite crudo de soya.  X <sub>2</sub> = Relación numérica entre ácido cítrico/ aceite crudo de soya.  X <sub>3</sub> = Temperatura.	Cantidad de ácido fosfórico/cantidad de aceite.  Cantidad de ácido cítrico/cantidad de aceite.  Temperatura del proceso.	ppm/Kg  ppm/Kg  °C	Relación W/W.  Relación W/W.  Termómetro.

## ANEXO 2: Diagrama del proceso



# ANEXO 3: Informe de ensayo N°001898-2021

## MUESTRA INICIAL



### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001898 - 2021

**SOLICITANTE** : GABRIELA CCOPA MINAYA  
**DIRECCIÓN LEGAL** : JR. ANTONIO MIROQUESADA 1088. DPTO. 105, CERCADO DE LIMA, LIMA  
: RUC: 46976075 Teléfono: 941463558  
**PRODUCTO** : ACEITE CRUDO DE SOYA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : MUESTRA 0  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 282,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : Envasado, la muestra ingresa en frasco de plástico sellado  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001092 -2021  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 16/04/2021  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1 - Fostoro (mg / kg de muestra original)	147,5

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- AOAC 986.24 Cap. 50, Pág. 13-14, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 16/04/2021 Al 22/04/2021.

##### ADVERTENCIA :

- 1- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3- Válido solo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 22 de Abril de 2021



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quim. Elsa Huaman Paredes  
Directora Técnica (e)  
C.Q.P N° 470

Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú  
Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: [mktg@lamolina.edu.pe](mailto:mktg@lamolina.edu.pe) - Página Web: [www.lamolina.edu.pe/calidadtotal](http://www.lamolina.edu.pe/calidadtotal) - la molina calidad total

# ANEXO 4: Informe de ensayo N°001899-2021

## MUESTRA 1



### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001899 - 2021

**SOLICITANTE** : GABRIELA CCOPA MINAYA  
**DIRECCIÓN LEGAL** : JR. ANTONIO MIROQUESADA 1088. DPTO. 105, CERCADO DE LIMA, LIMA  
: RUC: 46976075 Teléfono: 941463558  
**PRODUCTO** : ACEITE CRUDO DE SOYA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : MUESTRA 1  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 280,5 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : Envasado, la muestra ingresa en frasco de plástico sellado  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001092 -2021  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 16/04/2021  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1 - Fósforo (mg / kg de muestra original)	57,7

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- AOAC 986.24 Cap. 50, Pág. 13-14, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 16/04/2021 Al 22/04/2021.

##### ADVERTENCIA :

- 1- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 22 de Abril de 2021



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS -UNALM

Mg. Quim. Elsa Huaman Paredes  
Directora Técnica (e)  
C.Q.P N° 470

Pág 1/1



# ANEXO 5: Informe de ensayo N°001900-2021

## MUESTRA 2



### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001900 - 2021

**SOLICITANTE** : GABRIELA CCOPA MINAYA  
**DIRECCIÓN LEGAL** : JR. ANTONIO MIROQUESADA 1088. DPTO. 105, CERCADO DE LIMA, LIMA  
: RUC: 46976075 Teléfono: 941463558  
**PRODUCTO** : ACEITE CRUDO DE SOYA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : MUESTRA 2  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 287,3 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : Envasado, la muestra ingresa en frasco de plástico sellado  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001092 -2021  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 16/04/2021  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERIODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Fósforo (mg / kg de muestra original)	28,9

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- AOAC 986.24 Cap. 50, Pág. 13-14, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 16/04/2021 Al 22/04/2021.

##### ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 22 de Abril de 2021



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS -UNALM

Mg. Quim. Elsa Huamán Paredes  
Directora Técnica (e)  
C.Q.P N° 470

Pág 1/1



# ANEXO 6: Informe de ensayo N°001901-2021

## MUESTRA 3



### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001901 - 2021

**SOLICITANTE** : GABRIELA CCOPA MINAYA  
**DIRECCIÓN LEGAL** : JR. ANTONIO MIROQUESADA 1088. DPTO. 105, CERCADO DE LIMA, LIMA  
: RUC: 46976075 Teléfono: 941463558  
**PRODUCTO** : ACEITE CRUDO DE SOYA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : MUESTRA 3  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 289,1 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : Envasado, la muestra ingresa en frasco de plástico sellado  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001092 -2021  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 16/04/2021  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Fósforo (mg / kg de muestra original)	61.6

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- AOAC 986.24 Cap. 50, Pág. 13-14, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 16/04/2021 Al 22/04/2021.

##### ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 22 de Abril de 2021



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quím. Elsa Huaman Paredes  
Directora Técnica (e)  
C.Q.P. N° 470

Pág 1/1

# ANEXO 7: Informe de ensayo N°001902-2021

## MUESTRA 4



### LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



#### INFORME DE ENSAYOS

N° 001902 - 2021

**SOLICITANTE** : GABRIELA COOPA MINAYA  
**DIRECCIÓN LEGAL** : JR. ANTONIO MIROQUESADA 1088. DPTO. 105, CERCADO DE LIMA, LIMA  
: RUC: 46976075 Teléfono: 941463558  
**PRODUCTO** : ACEITE CRUDO DE SOYA  
**NÚMERO DE MUESTRAS** : Uno  
**IDENTIFICACIÓN/MTRA.** : MUESTRA 4  
**CANTIDAD RECIBIDA** : 289,7 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.  
**MARCA(S)** : S.M.  
**FORMA DE PRESENTACIÓN** : Envasado, la muestra ingresa en frasco de plástico sellado  
**SOLICITUD DE SERVICIO** : S/S N°EN-001092 -2021  
**REFERENCIA** : ACEPTACION TELEFONICA  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 16/04/2021  
**ENSAYOS SOLICITADOS** : FÍSICO/QUÍMICO  
**PERÍODO DE CUSTODIA** : No aplica

#### RESULTADOS :

##### ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Fósforo (mg / kg de muestra original)	33,7

##### MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

1.- AOAC 986.24 Cap. 50, Pág. 13-14, 21st Edition 2019

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 16/04/2021 Al 22/04/2021.

##### ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.

La Molina, 22 de Abril de 2021



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS - UNALM

Mg. Quim. *Elisa Huaman Paredes*  
Directora Técnica (e)  
C.Q.P. N° 470

Pág 1/1