

**Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja**  
**(*Pisum sativum*)**

**Erika Viviana Cabezas Tapia**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**

**Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (*Pisum sativum*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Erika Viviana Cabezas Tapia**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2016

## **Caracterización físico, química, sensorial y funcional de la proteína aislada de la arveja (*Pisum sativum*)**

**Erika Viviana Cabezas Tapia**

**Resumen:** La proteína aislada de arveja es una nueva alternativa de proteína vegetal, libre de alérgenos, lactosa y gluten por lo cual está siendo utilizada como sustituto de otros ingredientes proteicos. El objetivo de esta investigación fue caracterizar física, química, funcional, sensorial y microbiológicamente tres lotes de proteína aislada de arveja (20, 21 y 22), elaborados en dos fases de escalamiento antes de llegar a la fase industrial. Los resultados de proteína (81%), fibra dietética (3.8%), grasa (2.5%) y minerales no presentaron diferencias. Humedad (4.5%) y cenizas mostraron mínimas diferencias pero dentro del rango de variabilidad productiva. La proteína de arveja mostro una calidad proteica media (PDCAAS= 0.61), un perfil de aminoácidos y ácidos grasos diferentes y bajo en omegas 3 y 6 que la proteína de soya. La firmeza y elasticidad en geles (1:3 y 1:4) fueron diferentes significativamente entre lotes 20 y 21. Los lotes 20 y 22 no cumplieron los estándares internos microbiológicos de la compañía pero si los del FDA. La aceptabilidad y preferencia del perfil de sabor del aislado de arveja fue menor al del aislado de soya evaluado en un prototipo de sopa alta en proteína (6g/porción). Las diferentes etapas del proceso de escalamiento no presentaron diferencias significativas químico-funcionales lo cual refleja un buen proceso de escalamiento, sin embargo, se requiere más investigación para mejorar el perfil de sabor y asegurar la calidad microbiológica del ingrediente.

**Palabras clave:** PDCAAS, prototipos, sopas proteicas.

**Abstract:** Pea protein isolate is a new alternative of vegetable protein; free of allergens, lactose and gluten, for which is being used as a substitute for other protein ingredients. The objective of this research was to characterize physical, chemical, functional, sensorial and microbiologically three batches of pea protein isolate (20, 21 and 22), made at two stages of development before reaching the industrial phase. The results of protein (81%), dietary fiber (3.8%), and fat (2.5%) minerals did not show differences. Moisture (4.5%) and ashes showed minimal differences but within the range of variability productive. The pea protein showed a medium protein quality (PDCAAS= 0.61), an amino acids profile and fatty acids different and lower in omegas 3 and 6 than the soy protein. The firmness and elasticity of gels (1:3 and 1:4) were slightly different between 20 and 21 batches. The batches 20 and 22 did not meet the internal microbiological standards of the company but complies FDA standards. The acceptability and preference of the flavor profile of pea isolate was lower to the soybean isolate evaluated in a prototype of soup high in protein (6 g / portion). The different stages of the scaling process did not show significant chemical-functional differences which reflects a good scaling process, however, more research is required to improve the flavor profile and ensure the microbiological quality of the ingredient.

**Key words:** PDCAAS, protein soups, prototypes.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>4. CONCLUSIONES .....</b>	<b>28</b>
<b>5. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>29</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>30</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>37</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultado del análisis de humedad.....	11
2. Resultado del análisis de cenizas.....	12
3. Resultado del análisis de proteína cruda. ....	12
4. Resultado del análisis de grasa cruda. ....	13
5. Resultado del análisis de perfil de aminoácidos, proteína de arveja y soya.....	14
6. Métodos para determinar la calidad proteica de la proteína de arveja y soya. ....	15
7. Resultado del análisis de perfil de ácidos grasos.....	16
8. Resultado del análisis de minerales.....	17
9. Resultado del análisis de fibra dietética. ....	17
10. Resultado del análisis de color. ....	18
11. Resultado del análisis de solubilidad.....	19
12. Resultado del análisis de capacidad de retención de agua. ....	20
13. Resultado del análisis de firmeza y elasticidad a diferentes relaciones de proteína :agua (1:3, 1:3.5 y 1:4). ....	20
14. Actividad emulsificante de la proteína aislada de arveja a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 (proteína: agua: aceite). ....	21
15. Resultado del análisis de perfil de viscosidad a 30 RPM con concentraciones de proteína (10,5 y 2.5%) y pH de 7, 4.5 y 2.5. ....	22
16. Resultado del conteo de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, hongos y levaduras. ....	25
17. Resultado del análisis sensorial: Color, sabor, aroma, textura, aceptación general de una sopa alta en proteína (6g / porción).....	26
Figuras	Página
1. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 2.5%.....	23
2. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 5%.....	24
3. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 10%.....	24
4. Resultados del análisis sensorial: Muestra preferida. ....	27

Anexos	Página
1. Formulación de sopas con dos fuentes proteicas: arveja y soya. ....	37
2. Análisis sensorial. ....	38
3. Valor F y P de análisis físicos, químicos. ....	39
4. Valor F y P de análisis Sensorial ....	39
5. Actividad emulsificante a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 sin centrifugación. ....	39
6. Actividad emulsificante a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 con centrifugación. ....	40
7. Perfil de viscosidad a diferente pH: 7, 4.5 y 2.5. ....	41
8. Geles obtenidos con diferente relación proteína: agua. ....	42

## 1. INTRODUCCIÓN

La arveja es una leguminosa de la familia de las Fabáceas (leguminosas), subfamilia Papilionoidea. Existen diferentes variedades, cada una con características diferenciales que van desde el color de la semilla, textura del grano hasta características de la planta. El origen de las arvejas se dice que fue en Oriente Medio y de ahí se extendió su producción al Mediterráneo y a los países de clima templado (Krarup 1998).

Los países líderes en producción de arvejas verdes según los informes de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentos (FAO) en el mundo son: China con más de 10 millones de toneladas (59% del total producido), seguida por India con 3,6 millones (21% del total) y Francia 0,6 millones (4%). En total diez son los países responsables del 92% de la producción, siendo éstos: China, India, Francia, Reino Unido, Estados Unidos, Egipto, Marruecos, Algeria, Kenia y Turquía (Bolsa de Comercio de Córdoba 2013). Los principales proveedores de arvejas secas amarillas son Canadá y Rusia con alrededor de 2 millones de toneladas, seguidos de China, Francia, India, Australia, Ucrania, Etiopia, Estados Unidos y Reino Unido, responsables del 82% de la producción mundial (Mora 2015).

La demanda de proteínas está creciendo en todo el mundo impulsado por las economías en crecimiento y una atención cada vez mayor en la salud. La demanda mundial de proteínas se multiplicará por 3,5 en el plazo de 50 años, entre 1980 y 2030. Se estima que para el 2050, la población mundial aumentará en un 30%, y para que todos puedan acceder a proteínas será necesario producir más invirtiendo menos energía y menos agua, además se incrementarán las tendencias por alternativas vegetales, participando de esta manera la industria de las proteínas alternativas (Varela 2014).

La proteína vegetal contribuye sustancialmente a la dieta como un recurso alimenticio importante ya que contiene aminoácidos esenciales para satisfacer las necesidades fisiológicas humanas (Alasino 2008). La composición de aminoácidos, secuencia, estructuras, tamaño, forma, carga neta, punto isoeléctrico, solubilidad, estabilidad térmica e hidrofobicidad son características únicas para cada proteína (Hermann 1990). En los últimos años, ha incrementado el interés en el uso de la arveja (*Pisum sativum*) en productos con valor agregado (Alasino 2008). La proteína de arveja ha recibido especial atención debido a que la arveja es consumida ampliamente en muchas regiones, tienen un alto valor nutritivo y poseen diversas funcionalidades (Choi y Han 2001). El aumento de la utilización

de proteínas de leguminosas por parte de la industria alimentaria ha llevado a la investigación sobre la funcionalidad de la proteína (Urbano *et al.* 2005).

Las arvejas secas están generalmente compuestas de hidratos de carbono (35%), proteínas (27%), fibras (27%) y una pequeña cantidad de lípidos (Boulter 1983). En comparación con otros productos, las arvejas son altas en carbohidratos y fibra, y bajas en lípidos. Si bien la fibra y el almidón de las leguminosas son muy utilizados por la panadería y la industria de la carne, la fracción de proteína ha sido utilizada solamente con un uso limitado para alimento animal (Betker 1990). Experimentalmente, la proteína de arveja se ha utilizado como un ingrediente de la carne, de salchichas y como proteína para la fortificación de productos de panadería (SUMNER *et al.* 1981). Las arvejas son también bajas en grasa y colesterol y algo en particular es que su proteína está libre de gluten y lactosa, lo que la convierte en una gran opción para personas con restricciones dietéticas (Davidsson *et al.* 2001).

La proteína de arveja puede encontrarse en diferentes concentraciones y también en aislados. Los concentrados oscilan en torno al 60% de proteína, mientras que los aislados alcanzan valores superiores al 85% (Perez *et al.* 2016). Además, contiene la mayor parte de los aminoácidos en altas cantidades en especial L-Lisina y la L-Arginina. Al ser alto en L-Arginina, resulta beneficioso para promover la liberación de la hormona del crecimiento, ser precursor de la síntesis de óxido nítrico o mejorar la síntesis de creatina. Sin embargo, no tiene un contenido medio de L-Cisteína o L-Metionina (Luke 2012).

La proteína de arveja suele tener una textura granulada en comparación con la proteína de leche y tiende a ser más densa, por ende la sensación de saciedad es mucho mayor comparándola con otro tipo de proteínas, por lo que son una muy buena fuente de proteína cuando el objetivo es la pérdida de peso y grasa (Reinkensmeier *et al.* 2015). El aislado y concentrado de proteína de arveja poseen buena calidad nutricional (proteína y contenido de aminoácidos esenciales). Sin embargo, se ha divulgado la funcionalidad relativamente pobre para la solubilidad de la proteína, propiedad emulsificante, estabilidad y gelificación (SUMNER *et al.* 1981). Por lo tanto, en este estudio los objetivos fueron:

- Determinar las características químicas y físico-funcionales del aislado proteico de arveja en diferentes etapas de escalamiento como parte del desarrollo de un nuevo ingrediente proteico.
- Determinar y comparar las características nutricionales de la proteína de arveja.
- Desarrollar un prototipo de sopa alta en proteína con aislado proteico de arveja, y comparar su aceptación sensorial contra la proteína de soya.



## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Ubicación del estudio.** El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, departamento de Francisco Morazán Honduras. La caracterización de la proteína de arveja se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), laboratorio de Microbiología (LAMZ) y en la planta piloto (PIA).

**Materia prima.** Para llevar a cabo el estudio se utilizaron tres lotes de proteína de arveja (*Pisum sativum*) y proteína de soya (*Glycine max*) comercial PROFAM 974 elaborados por la compañía Archer Daniels Midland ADM localizada en la ciudad de Chicago, IL, USA.

**Equipo para análisis físicos, químicos y funcionales.** Los equipos utilizados para la caracterización física, química y funcional de la proteína de arveja fueron los siguientes: Estufa agitador (Barnstead Thermolyne SP131325), Texturómetro/ Reómetro (BROOKFIELD CT3 4500), Colorímetro (ColorFlex Hunter 1\*a\*b 45/0), Digestion TECATOR (FOSS TECATOR 91704481), Kjeltex 8100/8200 Distillation Unit (FOSS Kjeltex 8100/8200 91704277), Balanza analítica (OHAUS ADVENTURER AX224/E), Soxtec TM 2050 (FOSS 2050), Campana de extracción de gases Labconco (Labconco 488000), Horno Fisher Scientific 750 F (Fisher Scientific 750 F), Procesador de alimentos (Hamilton Beach), Centrífuga IEC (IEC K), MUFLA-SYBRON (THERMOLYNE CORP. FA1730), ANKOM Fiber Analyzer (LAA-DE069), Fibertec TM 1023 (FOSS Fibertec TM 1023), Water Bath (FOSS WB 1024 Tecator TM Line), Potenciómetro (HM digital-pH 200) y Cromatógrafo de gases (Aligent 7890 a).

**Equipo utilizado para análisis microbiológicos.** Para realizar los análisis microbiológicos se utilizó un Termobañero (Precisión), Mechero Bunsen o Fisher, Vortex, Incubadora (Fisher Scientific 685), Contador de colonias, Balanza (Fisher Scientific (SLF 152-US), Homogeneizador peristáltico (STOMACHER ® IUL Instruments), Autoclave (Sterimatic Market Forge).

**Análisis microbiológicos.** Para éstos análisis se utilizaron botes estériles de 90 ml, cucharas estériles, probeta, matraz de 500 ml, pipetas, Erlenmeyer, bulbos, agua destilada, buffer solución madre (34 g de fosfato de potasio), etanol al 70% y platos Petri.

**Análisis sensorial.** Para la realización del análisis sensorial se utilizaron galletas de soda, bandejas de PE, vasos, servilletas y cucharas.

**Elaboración de un prototipo de sopa con diferente fuente proteica (arveja y soya).** Se realizaron pruebas preliminares para determinar el flujo de proceso y las cantidades de proteína (arveja y soya), papa, aceite, agua y sal adecuadas para llevar a cabo la elaboración de las sopas. Finalmente se elaboraron sopas con diferente fuente proteica, soya y arveja. Se preparó 3000 g de sopa alta en proteína, con 50.10 g de proteína de alta calidad proveniente de la leche y de la proteína de arveja. Es decir, se añadió 48.40 g de proteína de arveja (80%) y 350 g de leche entera fluida (3.25%), lo que es igual a 38.72 g de proteína de arveja y 11.37 g de proteína de la leche en 3000 g de sopa.

Se elaboraron 3000 g de sopa alta en proteína, con 50.08 g de proteína de alta calidad proveniente de la leche y de la proteína de soya; es decir, se añadieron 43.00 g de proteína de soya Profam 974 (90%) y 350 g de leche entera fluida (3.25%), lo que es igual a 38.7 g de proteína de soya y 11.375 g de proteína de la leche en 3000 g de sopa. Cada porción de 350 g contenía 6 g de proteína total.

### **Caracterización Química de la proteína de arveja.**

**Análisis proximal.** Algunos de los métodos a utilizar son conocidos y aceptados, por lo que se indica el número de referencia de la AOAC, en donde se describen de manera completa.

**Humedad.** El contenido de humedad se determinó a partir del método gravimétrico por AOAC 934.01, (2005). Éste evalúa la pérdida de peso de la muestra a 105 °C por 24 horas hasta peso constante, lo que caracteriza que toda la humedad de la muestra fue volatilizada. Se calculó según la ecuación 1.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad [1]$$

Dónde:

m1: Peso del crisol.

m2: Peso del crisol más la muestra húmeda.

m3: Peso del crisol más la muestra seca.

**Proteína cruda.** El contenido de proteína cruda se determinó usando el método AOAC 2001.11, que consta de tres fases: digestión, destilación y titulación. Se calculó según las ecuaciones 2, 3 y 4.

$$B = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad [2]$$

$$\%N = \frac{(T-B) \cdot N \cdot 14.007}{M \cdot 10} \quad [3]$$

$$\% \text{ Proteína} = \%N \cdot 6.25 \quad [4]$$

Donde:

T= Volumen de ácido utilizado para la muestra

B= Promedio del volumen de ácido utilizado para los blancos B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub>.

N= Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado

M= Peso de la muestra

**Cenizas.** El contenido de cenizas se determinó a partir del método AOAC 923.03. Éste método evalúa pérdida de peso de la muestra a 550 °C por lo menos durante 6 horas o hasta que se produzcan cenizas de color gris claro. Se calculó según la ecuación 5.

$$\%CZ = \frac{mz}{mh} \times 100 \quad [5]$$

Dónde:

Mz= cenizas

Mh= muestra húmeda

**Grasa cruda.** El contenido de grasa cruda se determinó usando el método AOAC 2003.06, la modificación de Randall de la extracción de Soxhlet estándar sumerge la muestra en solvente a ebullición, reduciendo el tiempo necesario para la extracción. El solvente disuelve grasas, aceites y otras sustancias solubles, colectivamente llamados "grasa cruda". Se calculó según la ecuación 6.

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{F-T}{S} \times 100 \quad [6]$$

Donde:

F= peso de la taza + residuo de grasa (g)

T= peso de la taza vacía (g)

S= peso de la muestra (g)

**Perfil de aminoácidos.** Un sistema de HPLC se utilizó para determinar el perfil de aminoácidos después de que las muestras fueron hidrolizadas con 6 Molar de HCl. El contenido de cisteína y metionina se determinó después de la oxidación con ácido per fórmico, y se determinó el contenido de triptófano después de hidrólisis alcalina. Según el método descrito por Castillo *et al.* (2001) se utilizó la derivatización con OPA (solución de

o-ftalaldehído) para los aminoácidos primarios, con una modificación al reemplazar el mercaptoetanol por el ácido-3-mercaptopropiónico. Se realizó una mezcla automática en el inyector durante 3 min de 30 µL de muestra con 180 µL de tampón borato a pH 10,4 y 30 µL de OPA. Para la cuantificación se realizó una calibración externa con mezcla de L-aminoácidos: ácido aspártico (Asp) , ácido glutámico (Glu), asparagina (Asn), serina (Ser), glutamina (Gln), histidina (His), glicina (Gly), treonina (Thr), alanina (Ala), arginina (Arg), tirosina (Tyr), valina (Val), metionina (Met), triptófano (Tryp), fenilalanina (Phe), leucina (Leu) y lisina (Lys), a una concentración de 0,25 µmol/mL en 0,1 N de HCl.

**Índice de digestibilidad de proteína corregida por aminoácidos (PDCAAS).** Se determinó la calidad proteica de la proteína de arveja. El método usado fue el Índice de digestibilidad de proteína corregida por aminoácidos (PDCAAS). PDCAAS fue calculado usando las fórmulas establecidas por la FAO/WHO (2013). El PDCAAS más alta que puede obtener una proteína alimentaria es de 1.0 o el 100%, pero también es posible que la proteína consigue una puntuación de más de 1.00. Una puntuación de 1.00 significa que la proteína proporciona cantidades apropiadas de la de todos los aminoácidos esenciales (Soderberg, 2013). La digestibilidad de la proteína de arveja oscila entre 90-95% y de la soya en 97% (Nutribold, 2015). El PDCAAS se calculó según la ecuación 7.

$$\text{PDCAAS} = \text{Amino acid score (AA limitante/AA referencia)} \times \% \text{ Digestibilidad [7]}$$

**Perfil de ácidos grasos.** La cuantificación de éstos compuestos se determinó usando el método AOCS Ce 2b 11. Las grasas se liberan de la matriz por digestión in situ del ácido (ácido clorhídrico en metanol) seguida de hidrólisis de álcali (hidróxido de sodio en metanol) y la metilación (con trifluoruro de boro en metanol como catalizador).

**Minerales.** La cuantificación de éstos compuestos se determinó usando el método AOAC 985.35. La matriz orgánica es destruida por incineración en horno de mufla. La ceniza restante se disuelve en ácido diluido, para luego ser determinada por espectrofotometría de absorción atómica.

**Fibra dietética.** El contenido de fibra dietética se determinó usando el método AOAC 991.43. Consiste en un análisis por duplicado, se agrega cuatro volúmenes de alcohol etílico para precipitar la fibra dietética soluble. El residuo total es filtrado, lavado con alcohol etílico al 78%, alcohol etílico al 95% y acetona. Después de secar, se pesa el residuo. Un duplicado es analizado para proteína y otro es incinerado a 525° C para cenizas. Se calculó según las ecuaciones 8 y 9.

Blancos:

$$B = [(Br_1 + Br_2)/2] - Pb - Ab \quad [8]$$

Donde:

Br<sub>1</sub> y Br<sub>2</sub>= son los mg de residuo pesados de cada duplicado del blanco

PB y Ab= son los pesos en mg de proteínas y cenizas respectivamente determinados en el primer y segundo residuos del blanco.

Fibra dietética

$$\% \text{ FDT} = \{[(R_1 + R_2)/2] - P - A - B\} / [(M_1 + M_2)/2] * 100 \quad [9]$$

Donde:

R<sub>1</sub> y R<sub>2</sub> = son los mg de residuo pesados del duplicado de las muestras.

P y A= son los mg de proteína y cenizas respectivamente determinados del primer y segundo residuos.

B= es el blanco en mg.

### **Caracterización Física de la proteína de arveja.**

**Color.** El color de la proteína se determinó por Colorflex Hunterlab donde se utilizaron los valores L\*, a\* y b\*. Dónde:

\* L= luminosidad para lo cual se utilizó las siguientes denominaciones cero significa negro y 100 significa blanco.

\* Donde a= (- 80 a cero= verde, rojo= cero a 100).

\* Donde b= (-100 a cero= azul, amarillo= cero a 100).

**Índice de solubilidad en agua (ISA).** Esta técnica se realizó de acuerdo a Torres (2007) modificada. Cerca de 1 g de muestra en base húmeda, fue pesado en tubos de centrifugación, previamente tarados. Luego, se adicionó 10 ml de agua destilada. Después se sometió a baño maría a una temperatura de 30 °C con una charola de agitación constante a 200 rpm durante 30 minutos.

Luego los tubos se sometieron a centrifugación durante 15 minutos a 6000 rpm. El gel sedimentado se separó por decantación, vaciando el sobrenadante en un plato Petri de vidrio previamente puesto a peso constante. Se registró el peso del tubo con el gel. El sobrenadante se evaporó durante 4 h a 105 °C en un horno. Los platos se dejaron enfriar por media hora en un desecador y se pesaron para obtener el peso de los sólidos solubles y así obtener el valor del ISA con la siguiente ecuación 10.

$$\text{ISA (\%)} = \frac{\text{Peso el residuo de evaporación (g)}}{\text{Peso seco de la muestra (g)}} \times 100 \quad [10]$$

**Capacidad de retención de agua.** Esta técnica se realizó de acuerdo a Sosulski (1962). Se transfirieron 5 g de las muestras en tubos de centrifuga de 50 mL previamente tarados. Se añadieron 30 mL de agua destilada a cada muestra y se mezcló la proteína y el agua durante 30 segundos utilizando una varilla de vidrio y con la suficiente fuerza para poner toda la proteína en suspensión. Se dejó que la suspensión reposara por 10 minutos, durante el descanso la proteína que en la mezcla se adhirió a los lados de los tubos de centrifuga tuvo que ser raspada con la varilla de vidrio para evitar que se resecaran. Se usó 10 mL de agua destilada para lavar la proteína que se adhirió a la varilla durante el mezclado y limpiado de los tubos. Se centrifugó la suspensión a 2300 rpm durante 25 minutos y se decantó el líquido sobrenadante, luego se colocaron los tubos con la boca hacia abajo y con un ángulo de 15° a 20° en un horno de aire forzado. Se dejó que el tubo drenara y se secase durante 25 minutos a 50° C. Se enfrió en un desecador y se pesó. Para calcular el porcentaje de agua absorción por el procedimiento de peso constante, se usó la siguiente ecuación 11:

$$\% \text{ absorción de agua} = (x + y - 5) * 20 \quad [11]$$

Donde:

X = incremento en peso de la proteína en g.

Y = peso de la muestra de proteína usada en gramos.

### **Caracterización Funcional de la proteína de arveja.**

**Firmeza y elasticidad.** Se utilizó la metodología de evaluación de fuerza de Gel de Archer Daniels Midland Co. Los análisis se realizaron en diferentes relaciones: 1:3, 1:3.5 y 1:4 (relación proteína: agua). Dependiendo la relación, se pesó agua fría (7 °C) y proteína de arveja en beakers de 250 mL previamente tarados. Luego, se colocaron en el procesador de alimentos por 3' 30'' segundos, en los primeros 30 segundos se paró para limpiar la mezcla esparcida en las paredes del procesador, se retomó la mezcla por los restantes 3 minutos y de esta manera asegurar la homogeneidad de la mezcla. Después se transfirió la mezcla a un desecador, las proteínas con menos de 15000 Cps, se aplicó vacío durante 5 minutos. El vacío debe estar a 20 pulgadas de Hg. Después de vertió aproximadamente 125 g de mezcla en tubos para centrifugación previamente identificados y se centrifugó a 2000 rpm por 5 minutos. Luego los tubos se sometieron a baño maría a una temperatura de 85 °C durante 60 minutos. Se retiraron los tubos y se refrigeraron a 4°C durante toda la noche.

Se utilizó la metodología ASTM E83, se midió la firmeza y elasticidad del gel, según el método de Brookfield (2016) para la evaluación de la consistencia y estructura de gel de las mermeladas. Se midieron los geles, longitud y altura, y se realizó una prueba de compresión, con un porcentaje de deformación del 25% y velocidad de 1 mm/s. La sonda que se utilizó

fue la TA25/1000 (50.8mm diameter cylinder probe, clear Acrylic. 20mm Long. Rad .35 - .43mm.). Se utilizó el texturómetro Brookfield CT3 4500.

**Capacidad emulsificante.** La actividad emulsificante (AEM) fue determinada según el método de (Yasumatsu *et al.* 2014) adaptado: muestras de proteína de arveja (5 g) fueron diluidas en 25 ml de agua destilada y 25 ml de aceite de girasol comercial y los valores de pH fueron ajustados 7.0 y 4.0 (utilizando soluciones de HCl 1,0 N y NaOH 1,0 N). Estas soluciones proteicas fueron agitadas durante 3 minutos, utilizando el procesador de alimentos a 1500 rpm, y posteriormente emulsificadas durante 24 horas. Parte de las emulsiones fueron centrifugadas a 2000 rpm por 10 minutos y otra parte de las emulsiones con los mismos pH (4 y 7) no fueron sometidas a centrifugación. La actividad emulsificante fue calculada a través de la ecuación 12:

$$AEM = \frac{\text{Volumen final de la emulsión}}{\text{Volumen inicial de la emulsión}} \times 100 \quad [12]$$

**Perfil de viscosidad.** Los análisis se realizaron en diferentes concentraciones: 2.5%, 5% y 10% de proteína a pH de 2.5, 4.5 y 7. Se pesaron 500 g de agua destilada y 12.5 g, 25 g y 50 g de proteína. Los valores de pH fueron ajustados utilizando soluciones de HCl 1,0 N y NaOH 1,0 N. Con el reómetro de Brookfield CT3 se midió la viscosidad a diferentes rpm (10 rpm hasta 150 rpm) con un intervalo de tiempo entre cada rpm de 30 segundos.

**Análisis microbiológicos.** Para éstos análisis se empleó la técnica de vaciado en placa. Se recolectaron 454 g de muestra de cada lote de forma aséptica para luego ser llevadas al Laboratorio de Análisis Microbiológicos. Se preparó el medio de cultivo para determinar mesófilos aerobios (ACE), medio para determinar hongos y levaduras (ADP) y el medio para determinar coliformes totales (VRBA) seguido de la preparación de la solución buffer. Se llevó a esterilización el medio ACE, ADP y la solución buffer. Los métodos a seguir para determinar BMA y coliformes totales están establecidos por Bacteriological Analytical Manual BAM de la FDA, capítulos 3 y 4 respectivamente (FDA, 2015) y para determinar hongos y levaduras se siguió el método establecido en el Compendium of methods for microbiological examination of food APHA capítulo 21. Los análisis se realizaron por duplicado.

Se diluyó cada muestra de cada tratamiento en bolsas estériles con 90 ml de solución buffer y se agitó en el STOMACER® por 60 segundos, se tomó 1 mL de esta dilución,  $10^{-1}$ , para diluir en tubos de 9 mL de buffer hasta llegar a la dilución  $10^{-2}$  para coliformes totales y  $10^{-4}$  para mesófilos aerobios, hongos y levaduras. Las muestras fueron sembradas por el método de vaciado en placa en el cual se vierte 1 mL de la dilución en cada plato, se añade el medio y se procede a ejercer movimientos circulares al plato para lograr una distribución

uniforme. Una vez gelificado el medio se llevó los platos a la incubadora a 35°C. Se realizó el conteo de coliformes totales a las 24 horas, el conteo de mesófilos aerobios a las 48 horas y el conteo de hongos y levaduras a los 4 días.

**Análisis sensorial.** El análisis sensorial se realizó mediante una prueba de aceptación y preferencia con 32 panelistas no entrenados dentro de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. En la prueba se evaluaron los atributos sabor, color, aroma, textura y aceptación general utilizando una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 el peor tratamiento y 9 el mejor.

La preparación de las muestras se realizó en la Planta de Innovación de Alimentos. Se colocaron 50 mL de sopa con proteína de arveja y 50 mL de sopa con proteína de soya para luego servirla al panelista. En cada cabina se le proporciono al panelista un vaso con agua y galletas soda para limpiar el paladar al degustar cada una de las muestras que estaban codificadas con tres dígitos y enumeradas al azar.

**Diseño experimental.** Se utilizaron dos diseños, uno de Bloques Completos al Azar y un Diseño Completamente al Azar. El diseño de Bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial para el análisis de viscosidad (tres tratamientos, tres concentraciones y tres pHs, usando tres repeticiones para un total de 81 unidades experimentales), capacidad emulsificante (tres concentraciones, tres pHs y dos repeticiones para un total de 18 unidades experimentales) firmeza y elasticidad (tres repeticiones y tres geles para un total de 9 unidades experimentales). Para los restantes análisis se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones (9 unidades experimentales).

**Análisis estadístico.** Se evaluaron los resultados obtenidos mediante el programa SAS versión 9.4 ®, a través de un análisis de varianza (ANDEVA) usando un modelo general lineal (GLM) a un nivel de significancia de 5% ( $P < 0.05$ ) y para determinar diferencias significativas se usó una separación de medias ajustada (LSMEAN) para las variables capacidad emulsificante, perfil de viscosidad, firmeza y elasticidad y para los restantes análisis se usó una separación de medias con la prueba DUNCAN.



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Análisis químicos

**Humedad.** En el cuadro 1 los lotes 20 y 21 fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ), sin embargo, los lote 21 y 22 fueron estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ). El lote 20 presenta el menor porcentaje de humedad a diferencia del lote 21 y 22 que presentaron mayor humedad, 4.66% y 4.86% respectivamente. Los resultados obtenidos en este estudio no concuerdan con Chavan *et al.* (2001) quienes reportan según su estudio realizado que la humedad de la proteína aislada de arveja extraída con NaOH fue de 2.35% a diferencia de la humedad obtenida de la misma proteína extraída con hexametáfosfato de sodio (SHMP) que fue de 2.83%. La diferencia radica en el método utilizado de extracción y la variedad utilizada ya que Chavan *et al.* (2001) usaron proteína de arveja de la variedad (*Lathyrus japonicus*).

Cuadro 1. Resultado del análisis de humedad.

Tratamiento	Porcentaje $\pm$ D.E.
Lote 20	4.25 $\pm$ 0.136 <sup>a</sup>
Lote 21	4.66 $\pm$ 0.091 <sup>b</sup>
Lote 22	4.86 $\pm$ 0.004 <sup>b</sup>
%C.V.	2.06

<sup>a-b-c</sup> Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación

**Cenizas.** En este estudio los lotes fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 2). El lote 20 presentó el menor porcentaje de cenizas a diferencia del lote 22 que presentó mayor cantidad de cenizas, 5.25%. Según Chavan *et al.* (2001), el contenido de cenizas de la proteína aislada de arveja (*Lathyrus japonicus*) osciló en un rango de 5.85-5.99%, el cual es considerablemente mayor que el de la proteína aislada de arvejas verdes (*Pisum sativum*) cuyo rango se extendió de 2.58 a 3.94%. Además, la proteína de arveja aislada tenía mayores cantidades de ceniza que las semillas enteras, talvés debido a la formación de sal durante la precipitación de la proteína en el punto isoeléctrico.

Cuadro 2. Resultado del análisis de cenizas.

Tratamiento	Porcentaje $\pm$ D.E.
Lote 20	4.24 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
Lote 21	4.83 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>
Lote 22	5.25 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>
%C.V.	0.44

<sup>a-b-c</sup> Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes (P<0.05)

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación

**Proteína.** El contenido de proteína de los lotes no presentó diferencia significativa, oscilando entre 80.55-81.01% de proteína (Cuadro 3). Según Deshpande y Campbell (1992) los aislados de proteína de arveja contienen alrededor de 83,3-92.1% de proteína, y esa variación dependía del solvente utilizado en su extracción. SUMNER *et al.* (1981) demostraron que el rendimiento de proteína en aislamientos osciló entre 59 y 65% y el contenido proteico de aislados varió de 91 a 98% en diferentes tipos de harinas de arveja de campo. Los resultados de este estudio que fueron estadísticamente iguales (P>0.05) se acercan más a los resultados obtenidos por Perez *et al.* (2016) que mencionan que la cantidad de proteína obtenida de un aislado de arveja es de aproximadamente 80%.

Cuadro 3. Resultado del análisis de proteína cruda.

Tratamiento	Porcentaje $\pm$ D.E.
Lote 20	81.01 $\pm$ 0.93 <sup>a</sup>
Lote 21	80.39 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>
Lote 22	80.55 $\pm$ 0.20 <sup>a</sup>
%C.V.	0.56

<sup>a</sup> Medias seguidas con letra igual son estadísticamente iguales (P>0.05)

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

**Grasa.** El contenido de grasa de los lotes fueron estadísticamente igual (Cuadro 4) (P>0.005), según Chavan *et al.* (2001) en su estudio basado en aislados de proteína de arveja extraída utilizando hidróxido de sodio (NaOH) y hexametáfosfato de sodio (SHMP) el contenido de lípidos osciló entre 3.20% (extracción con NaOH) y 4.03% (extracción con SHMP). La diferencia radica en el método utilizado de extracción y la variedad utilizada.

Cuadro 4. Resultado del análisis de grasa cruda.

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje ± D.E.</b>
Lote 20	2.53 ± 0.17 <sup>a</sup>
Lote 21	2.48 ± 0.49 <sup>a</sup>
Lote 22	2.47 ± 0.65 <sup>a</sup>
%C.V.	17.34

<sup>a</sup> Medias seguidas con letra igual son estadísticamente iguales (P<0.05)

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

**Perfil de aminoácidos.** Los aminoácidos que contienen azufre estuvieron presentes en cantidades relativamente más altas en la proteína aislada de soya que en la de arveja (Cuadro 5). Las proporciones porcentuales de aminoácidos esenciales totales (E/T, %) para la proteína aislada de soya y arveja fueron de 43.18 y 43.44% respectivamente, lo cual está muy por encima del 36%, que se considera adecuado para una proteína ideal (FAO/WHO, 1989). Los resultados demostraron que las dos proteínas aisladas son altas en ácidos aspártico, glutámico, arginina, lisina y leucina, pero limitados en triptófano, metionina y cisteína, con menor presencia en la proteína de arveja que en la de soya. Ant'Anna *et al.* (1985) y Taha (1987) mencionaron que en la mayoría de los aislados proteicos, triptófano y los aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína) se encontraban limitados. Aminoácidos limitantes son los que están presentes en tan pequeñas cantidades que no son capaces de participar en la síntesis de otras proteínas.

Los resultados obtenidos indican una mayor cantidad de aminoácidos totales en el aislado proteico de soya que en el aislado proteico de arveja. Las proteínas de los alimentos pueden ser completas de alta calidad, completas de baja calidad o incompletas de baja calidad. Una proteína completa contiene todos los aminoácidos esenciales. Las proteínas de origen animal usualmente son las proteínas completas, mientras que las proteínas vegetales por lo general son proteínas incompletas, exceptuando la proteína de soya, arveja, quinua y amaranto entre otras. (Gropper *et al.* 2012).

Cuadro 5. Resultado del análisis de perfil de aminoácidos, proteína de arveja y soya.

Aminoácidos	Cantidad (g/ 100 g proteína) Proteína de arveja	Cantidad (g/ 100 g proteína) PRO-FAM 974 Proteína de Soya
* Isoleucina	3.65	4.80
* Leucina	6.57	8.00
* Lisina	6.17	6.40
Cisteína <sup>b</sup>	0.891	1.30
* Metionina	0.727	1.30
<b>Total aminoácidos sulfurados</b>	<b>1.618</b>	<b>2.60</b>
Tirosina	3.14	3.80
* Fenilalanina	4.42	5.40
<b>Total aminoácidos aromáticos</b>	<b>7.56</b>	<b>9.20</b>
* Treonina	2.48	3.80
* Triptofano <sup>b</sup>	0.806	1.40
* Valina	3.84	4.80
* Histidina	2.13	2.70
<b>Total aminoácidos esenciales</b>	<b>34.824</b>	<b>43.70</b>
Arginina	7.69	7.80
Acido Aspártico	9.57	11.50
Acido Glutámico	14.3	19.20
Serina	3.92	5.40
Prolina	3.6	5.20
Glicina	3.28	4.20
Alanina	2.99	4.20
<b>Total aminoácidos no esenciales</b>	<b>45.35</b>	<b>57.50</b>

\*Aminoácidos esenciales, <sup>b</sup> Aminoácidos limitantes

Existen varios métodos para determinar la calidad de proteínas (Cuadro 6). Uno de los más admitidos y aprobados es la digestibilidad de la proteína corregida por contenido de aminoácidos (PDCAAS) (Hughes *et al.* 2011); el cual está basado en varios factores; un perfil de aminoácidos esenciales de las proteínas de la comida, la digestibilidad de la proteína y la capacidad de la proteína de suministrar aminoácidos esenciales en las cantidades correctas para cumplir con los requisitos de los seres humanos. El PDCAAS es calculado usando las fórmulas establecidas por la FAO/WHO (2013). La proteína de soya obtuvo un PDCAAS de 1 contra la proteína de arveja que tuvo un PDCAAS de 0.61. Otro método para determinar la calidad proteica es el PER (Radio de eficiencia proteína), en donde la proteína de arveja mostró tener un valor más bajo (1.57) que el obtenido con la proteína de soya (3.23) (Soderberg 2013).

Cuadro 6. Métodos para determinar la calidad proteica de la proteína de arveja y soya.

Métodos	Proteína de arveja	PRO-FAM 974 Proteína de Soya
E/T, % *	43.44	43.18
PER <sup>c</sup>	1.57	3.23
Digestibilidad (%) <sup>c</sup>	95	97
PDCAAS	0.61	1

E/T\*, radio de aminoácidos esenciales totales.

Fuente: Soderberg 2013<sup>c</sup>

**Perfil de ácidos grasos.** El cuadro 7 muestra la composición de ácidos grasos de la proteína aislada de arveja que indica que el ácido octadecadienoico (linoleico) domina con un 36.54%, 36.68% y 36.46% respectivamente para cada lote. El perfil de ácidos grasos de la proteína de Soya PROFAM 974, muestra un 23.36% de ácidos grasos saturados, 14.06% de ácidos grasos insaturados, 62.27% de grasas poliinsaturadas y un 0.30% de grasas trans, que comparado con el perfil de ácidos grasos de la proteína de arveja difieren debido a que el aislado proteico de arveja presento mayor cantidad de grasas saturadas y menor cantidad de grasas poliinsaturadas. La proteína de soya presentó una mayor cantidad de omega 3 (Alfa-linolénico) con un 7.18% y omega 6 (lonoleico) con un 54.93% a diferencia de la proteína de arveja cuya cantidad de omega 3 osciló entre 4.80-4.88% y omega 6 entre 36.46-36.68%, sin embargo, la proteína de arveja presento mayor cantidad de omega 9 ácido oleico con un 22.36% contra un 13.84% presente en la proteína de soya.

Cuadro 7. Resultado del análisis de perfil de ácidos grasos.

Ácidos grasos	Lote 20 (%)	Lote 21 (%)	Lote 22 (%)	PRO-FAM 974 Proteína de Soya
<b>Total grasa saturada</b>	<b>32.85</b>	<b>32.64</b>	<b>32.89</b>	<b>23.36</b>
Ácido butanoico (butírico)	7.47	7.41	7.49	
Ácido hexanoico (caproico)	1.85	1.45	1.6	
Ácido decanoico (cáprico)	0.47	0.64	0.65	
Ácido dodecanoico (láurico)	1.06	1.08	1.05	0.19
Ácido tetradecanoico (mirístico)	2.2	2.25	2.37	
Ácido pentadecanoico (pentadecílico)	0.5	0.48	0.52	0.15
Ácido hexadecanoico (palmítico)	16.39	16.47	16.29	18.22
Ácido heptadecanoico (margárico)	0.82	0.86	0.88	0.11
Ácido octadecanoico (esteárico)	1.55	1.58	1.57	3.82
Ácido eicosanoico (araquídico)	0.54	0.42	0.47	0.15
Otros				0.72
<b>Total grasa monoinsaturada</b>	<b>24.91</b>	<b>24.89</b>	<b>24.88</b>	<b>14.06</b>
Ácido hexadecenoico (palmitoleico)	1.54	1.44	1.45	0.11
Ácido octadecenoico (oleico)	22.22	22.37	22.34	13.84
Ácido octadecenoico (vaccénico)	0.19	0.2	0.23	
Ácido eicosenoico (gadoléico)	0.96	0.88	0.86	
Otros				0.11
<b>Total grasa poliinsaturada</b>	<b>41.42</b>	<b>41.48</b>	<b>41.29</b>	<b>62.27</b>
Ácido octadecadienoico (linoleico)	36.54	36.68	36.46	54.93
Ácido octadecatrienoico (Alfa-linolénico)	4.88	4.80	4.83	7.18
Otros				0.15
<b>Total grasa trans</b>	<b>0.82</b>	<b>0.99</b>	<b>0.94</b>	<b>0.30</b>
Ácido octadecenoico (elaídico)	0.82	0.99	0.94	
Otros				0.30
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

**Minerales.** En el cuadro 8 se observa que el lote 20 presenta mayor cantidad de Ca que los demás lotes, sin embargo, el lote 22 presenta mayor cantidad de Fe, Mg y K con 9.53, 34.28 y 470.01 mg en 100 g de muestra respectivamente. Según un estudio realizado por (Wang y Daun 2004) con diferentes variedades de arveja, mencionan que el rango de calcio oscila entre 70.4-89.5 mg/100g, de hierro de 5.5 a 6.5 mg/100g de magnesio de 147.3-158.0 mg/100g y de potasio de 1012.3-1330.4 mg/100g. Resultados que difieren de los obtenidos en este estudio, posiblemente por la diferencia en variedad y por el método de extracción.

Cuadro 8. Resultado del análisis de minerales.

<b>Tratamientos</b>	<b>Ca (mg/100g)</b>	<b>Fe (mg/100g)</b>	<b>Mg (mg/100g)</b>	<b>K (mg/100g)</b>
Lote 20	4.52	5.07	30.94	375.45
Lote 21	3.57	7.93	32.77	460.04
Lote 22	5.56	9.53	34.28	470.01

**Fibra dietética.** Los resultados obtenidos de fibra dietética (Cuadro 9) de cada lote de proteína son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ) con un rango que oscila entre 3.67-4.10%. Según el estudio realizado por Shand *et al.* (2007), la proteína aislada de arveja preparada en laboratorio tuvo un 0.7% de fibra dietética, sin embargo, la proteína aislada de arveja comercial tuvo un 2.6% de fibra dietética. Éstos resultados difieren de los obtenidos en este estudio, posiblemente por la técnica usada para la extracción y obtención del polvo aislado proteico.

Cuadro 9. Resultado del análisis de fibra dietética.

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje <math>\pm</math> D.E.</b>
Lote 20	3.67 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>
Lote 21	3.65 $\pm$ 0.71 <sup>a</sup>
Lote 22	4.10 $\pm$ 0.002 <sup>a</sup>
%C.V.	11.34

<sup>a</sup> Medias seguidas con letra igual son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

### **Análisis físicos**

**Color.** El color es descrito por tres valores, L\* representa luminosidad en la proteína y la escala va de 0-100, siendo 0 negro y 100 blanco, el valor a\* representa intensidad del color rojo-verde, siendo a positivo (a +) rojo y a negativo (a -) verde y el valor b\* representa la intensidad del color azul y amarillo siendo b positivo (b +) amarillo y b negativo (b -) azul. En el cuadro 10 se observa que según los resultados obtenidos existió diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre lotes de proteína para el atributo de color. Se puede observar también que el aislado proteico presentó un color claro con tendencia amarillo y esto concuerda con lo que menciona la compañía China Yantai Oriental Protein Tech. Co., Ltd (2016) que dice que la proteína aislada de arveja es un polvo seco, de color amarillo cremoso.

Cuadro 10. Resultado del análisis de color.

<b>Tratamiento</b>	<b>L*</b> <b>Media ± D.E.</b>	<b>a*</b> <b>Media ± D.E.</b>	<b>b*</b> <b>Media ± D.E.</b>
Lote 20	83.36 ±0.01 <sup>a</sup>	3.17 ±0.04 <sup>a</sup>	17.13 ±0.08 <sup>a</sup>
Lote 21	84.32 ±0.01 <sup>b</sup>	2.84 ±0.11 <sup>ab</sup>	15.81 ±0.26 <sup>c</sup>
Lote 22	84.51 ±0.28 <sup>b</sup>	2.49±0.15 <sup>b</sup>	15.23 ±0.01 <sup>b</sup>
<b>%C.V.</b>	0.18	3.86	1.01

<sup>a-b-c</sup> Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

**Solubilidad.** La solubilidad de una proteína es la más importante propiedad funcional ya que la proteína tiene que ser soluble para poder ser aplicable en los sistemas alimentarios. Otras propiedades como emulsificación, gelificación, formación de espuma dependen de la solubilidad de las proteínas (Vaclavik and Christian 2003). La solubilidad de una proteína está relacionada con el pH, la cual es mínima en el punto isoelectrico, haciendo que el pH sea el factor más importante cuando se trata del grado de solubilidad de la proteína, la solubilidad también es influenciada por la temperatura y fuerza iónica, (Bolontrade *et al.* 2013).

La hidrólisis de la proteína permite la formación de péptidos de pequeño tamaño molecular, aumentando la solubilidad. Puede estar relacionada también con el aumento de moléculas de polipéptido con cargas expuestas. Según Lee (2011) la proteína aislada de soya muestra un porcentaje de solubilidad más alto en ambos lados del punto isoelectrico (pI) 4.5, con una alta solubilidad sobre el pI y una solubilidad baja por debajo del pI. De acuerdo al estudio realizado por Adebisi y Aluko (2011) la proteína de arveja también muestra una alta solubilidad sobre el punto isoelectrico (4.5) y una solubilidad moderada por debajo del punto isoelectrico (Tömösközi *et al.* 2001) mostraron que la proteína aislada de arveja tenía el mismo perfil de solubilidad que otras proteínas de leguminosas y según Tian (1998) demostró que la proteína aislada de arveja tenía mayor solubilidad que la proteína aislada de soya.

El cuadro 11 muestra que los lotes evaluados fueron estadísticamente iguales (P>0.005) con el porcentaje de solubilidad que va desde 79-81% a un pH alcalino de 7.0. Según Serrano (2015) la proteína aislada de soya tuvo mayor solubilidad (>80%) en pH alcalino que va desde 6.0 a 10.0, resultado que se asemeja con el obtenido en este estudio y que concuerda con el trabajo de Tömösközi *et al.* (2001).



Estos niveles de solubilidad pueden ser aceptables para la aplicación de la proteína en alimentos con condiciones alcalinas. Ya que a pH ácido (4.5) se puede obtener una bebida separada en fases. Los perfiles de solubilidad pueden cambiar, puesto que las proteínas de las leguminosas tienen que pasar por tratamiento térmico para eliminar los factores anti nutritivos, el efecto de temperatura en la solubilidad es extremadamente importante (Lee 2011).

Cuadro 11. Resultado del análisis de solubilidad.

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje <math>\pm</math> D.E.</b>
Lote 20	79 $\pm$ 1.41 <sup>a</sup>
Lote 21	81 $\pm$ 1.41 <sup>a</sup>
Lote 22	80 $\pm$ 1.41 <sup>a</sup>
%C.V.	2.04

<sup>a</sup> Medias seguidas con letra igual son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

**Capacidad de retención de agua.** Las propiedades de retención de agua de un aislado de proteína determinan su grado de interacción con el agua. Según el estudio realizado por Chavan *et al.* (2001) la proteína aislada de arveja de la variedad (*Lathyrus japonicus*) tuvo una capacidad de retener agua de 257-288%, mucho menor que la capacidad que tuvieron la proteína de arveja verde (263-311%). La capacidad de retención de agua de las proteínas es una función basada en varios parámetros: tamaño, forma, características conformacionales, balance hidrofílico-hidrofóbico de los aminoácidos en las moléculas de la proteína así como lípidos, taninos asociados con proteínas y carbohidratos.

Propiedades termodinámicas del sistema, medio ambiente físico-químico (pH, fuerza iónica, presión de vapor, temperatura, presencia o ausencia de surfactantes) y la solubilidad de las moléculas de proteína, se encuentran entre los principales factores responsables de la capacidad de retención de agua de los aislados de proteína. Grupos aminos polares de las moléculas de proteína son los sitios principales de interacciones proteína-agua (Chou y Morr, 1979). Los resultados de este estudio (Cuadro 12) fueron estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), con un rango de absorción de agua de 371.00-388.48%, valores mucho mayores a los discutidos anteriormente, lo que significa que la proteína retiene dos a tres veces su peso en agua. Las diferencias en la capacidad de retención de agua de los aislados de proteína pueden ser debido a la concentración de proteínas y posiblemente a sus características conformacionales.

Cuadro 12. Resultado del análisis de capacidad de retención de agua.

Tratamiento	Porcentaje $\pm$ D.E.
Lote 20	376.04 $\pm$ 15.58 <sup>a</sup>
Lote 21	388.49 $\pm$ 14.59 <sup>a</sup>
Lote 22	371.00 $\pm$ 11.88 <sup>a</sup>
%C.V.	3.11

<sup>a</sup> Medias seguidas con letra igual son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

### Análisis funcional

**Firmeza y elasticidad.** Formación de gel es una propiedad funcional que es muy importante en la industria alimentaria (Campbell *et al.* 2003). La fabricación y texturización de los alimentos son dependientes de la capacidad de formar redes de gel (Kiosseoglou 2003).

Cuadro 13. Resultado del análisis de firmeza y elasticidad a diferentes relaciones de proteína: agua (1:3, 1:3.5 y 1:4).

Lote	Relación	Gramos $\pm$ D.E.	Centímetros $\pm$ D.E.
L 20	1:3	900.20 $\pm$ 22.98 <sup>a</sup>	0.64 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
L 21	1:3	862.43 $\pm$ 4.14 <sup>b</sup>	0.54 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>
L 22	1:3	864.85 $\pm$ 18.91 <sup>b</sup>	0.61 $\pm$ 0.02 <sup>ab</sup>
L 20	1:3.5	702.02 $\pm$ 13.49 <sup>c</sup>	0.67 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
L 21	1:3.5	682.21 $\pm$ 7.63 <sup>c</sup>	0.68 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
L 22	1:3.5	710.73 $\pm$ 21.83 <sup>c</sup>	0.62 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>
L 20	1:4	558.3 $\pm$ 34.94 <sup>d</sup>	0.63 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
L 21	1:4	514.95 $\pm$ 12.91 <sup>d</sup>	0.67 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
L 22	1:4	551.46 $\pm$ 15.51 <sup>e</sup>	0.65 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
%C.V.		2.91	

<sup>a-b-c-d-e</sup> Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

Los geles de los tres lotes (Cuadro 13) fueron estadísticamente diferentes tanto en firmeza como en elasticidad. Los geles de la proteína de arveja del lote 20 en las tres relaciones de proteína:agua mostraron los valores más altos en cuanto a firmeza, seguido del lote 22 y lote 21. Según Varzakas *et al.* (n.d.) las proteínas de soya son capaces de formar geles, y

cambiar la concentración de proteína, el pH y la temperatura se puede modificar la dureza del gel. Los resultados obtenidos se relacionan con los obtenidos en el estudio de Aluko (2011), ya que la proteína de arveja mostró tener pobres propiedades gelificantes, con un resultado que era más como una pasta que un gel.

O'Kane *et al.* (2004) menciona que la proteína de arveja forma geles menos estructurados que la proteína de soya debido a que sus propiedades de gelificación no están tan bien definidas como las de la soya. Adebisi y Aluko (2011) mostraron que la proteína aislada de arveja forma una pasta en vez de un gel rígido. Además la capacidad gelificante y propiedades visco elásticas de proteínas globulares en gran medida dependen de los modos de interacción y vinculación, mediante enlaces de hidrógeno y enlaces covalentes o interacciones electrostáticas e hidrofóbicas (Clarke *et al.* 2001).

**Capacidad emulsificante.** La actividad emulsificante de la proteína aislada de arveja a pH 4 y 7 con centrifugación y sin centrifugación fue evaluada (Cuadro 14). Los resultados fueron estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ), los valores de la capacidad emulsificante de la proteína de arveja con y sin centrifugación a pH de 4 y 7 oscilaron entre 0 y 99.87% respectivamente.

Cuadro 14. Actividad emulsificante de la proteína aislada de arveja a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 (proteína: agua: aceite).

pH	Centrifugación	Porcentaje $\pm$ D.E.
4	Sin	99.87 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>
7	Sin	99.80 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
4	Con	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
7	Con	0.00 $\pm$ 0.00 <sup>b</sup>
%C.V.		0.06

<sup>a, b</sup> Medias seguidas con letra diferente son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

Con la metodología utilizada en este estudio, la capacidad emulsificante de la proteína de arveja es fuertemente afectada por la centrifugación mas no por el pH; los menores porcentajes de actividad fueron observados cuando la emulsión se centrifugó. La baja solubilidad de la proteína a pH 4 sometida a centrifugación puede disminuir la capacidad emulsificante porque adoptan una estructura compacta que impide el desdoblamiento y absorción en la interfase lo que no es deseable en una emulsión. Se ha reportado que la

proteína aislada de soya muestra grandes propiedades emulsificantes; esto está relacionado con su alta solubilidad y alto contenido proteico (Gwiazda *et al.* 1979).

Según McClements (2004) los factores ambientales, tales como pH, afectan las propiedades emulsificantes de proteína de soja. Gwiazda *et al.* (1979) obtuvieron que la actividad emulsificante de la proteína aislada de soya era de 96%, sin embargo con la proteína aislada de arveja se han obtenido similares o mejores propiedades emulsificantes que la proteína aislada de soya (VOSE, 1980). Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio y con (Aluko *et al.* 2009) que mostraron que la proteína aislada de arveja realmente tenía una mejor capacidad emulsificante que el aislado proteico de soya. El efecto de la temperatura sobre las propiedades emulsificantes de la proteína de arveja, tiene una relación inversa, cuando la temperatura aumenta las propiedades emulsificantes disminuyen (Tian, 1998).

Cuadro 15. Resultado del análisis de perfil de viscosidad a 30 RPM con concentraciones de proteína (10,5 y 2.5%) y pH de 7, 4.5 y 2.5.

Concentración (%)	pH	Centipois ± D.E.
10	7	663.18 ± 68.86 <sup>a</sup>
	4.5	142.58 ± 84.93 <sup>b</sup>
	2.5	112.36 ± 87.84 <sup>b</sup>
5	7	33.49 ± 20.60 <sup>b</sup>
	4.5	20.79 ± 19.69 <sup>b</sup>
	2.5	43.82 ± 39.82 <sup>b</sup>
2.5	7	18.46 ± 7.49 <sup>b</sup>
	4.5	38.56 ± 8.88 <sup>b</sup>
	2.5	42.46 ± 35.21 <sup>b</sup>
% C.V.		28.01

<sup>a, b</sup> Medias seguidas con letra diferente por columna son estadísticamente diferentes (P<0.05) D.E. = Desviación estándar.

%C.V. = Coeficiente de variación.

**Perfil de viscosidad.** Se observa en el cuadro 15 que la viscosidad de los lotes con respecto a su pH y concentración, únicamente el tratamiento con pH 7 y concentración 10% presentó diferencia estadística (P<0.05), los demás tratamientos no presentaron diferencia estadística entre ellos. Se observa también que a mayor concentración de proteína, mayor viscosidad, y mientras más se acerca a su punto isoeléctrico menor viscosidad presenta.

Como puede verse en las figuras 1, 2 y 3, la viscosidad parece estar en función no sólo de la concentración de sólidos, sino también del pH y de la velocidad (RPM). El flujo de comportamientos de la proteína de arveja en las tres figuras y a las tres concentraciones y en los tres pHs en un rango de 10-50 rpm exhiben comportamientos similares de alta viscosidad, sin embargo pasado ese rango de velocidad, la viscosidad tienen a disminuir. Las razones pueden ser: la concentración de la proteína, pH cercano al punto isoelectrico o la interacción inter-partícula es relativamente débil que puede romperse fácilmente bajo índices de velocidad y pH (Soderberg 2013).

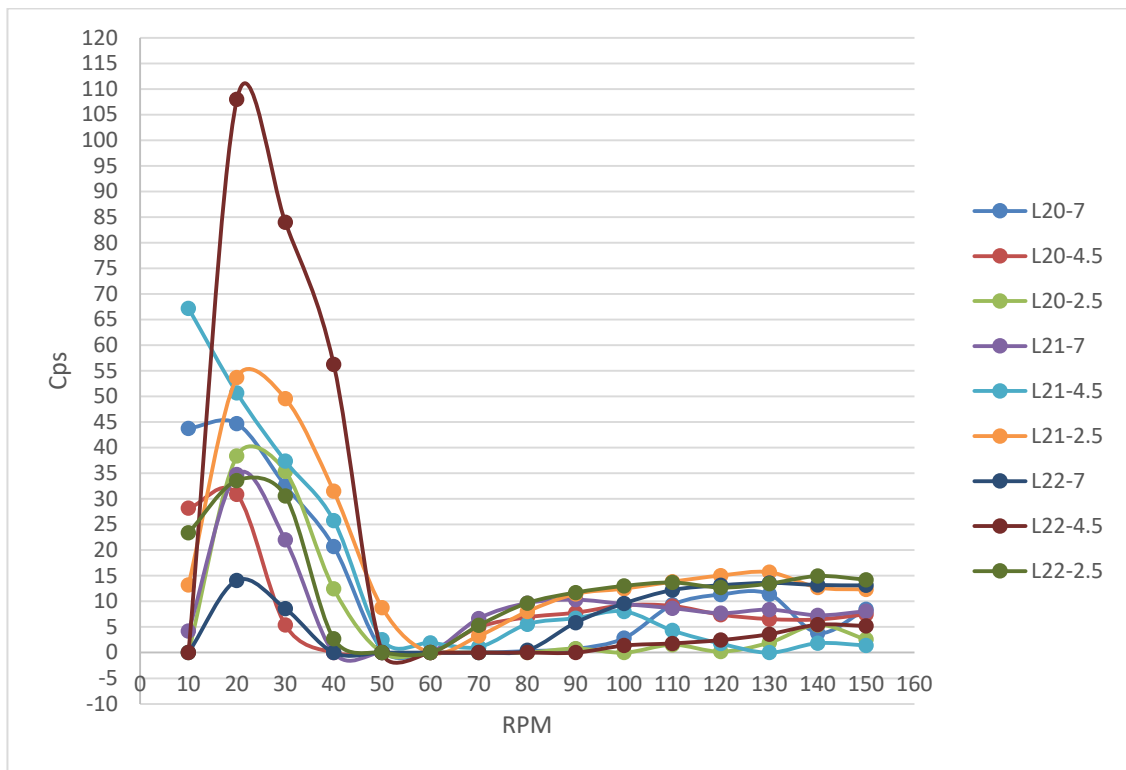


Figura 1. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 2.5%.

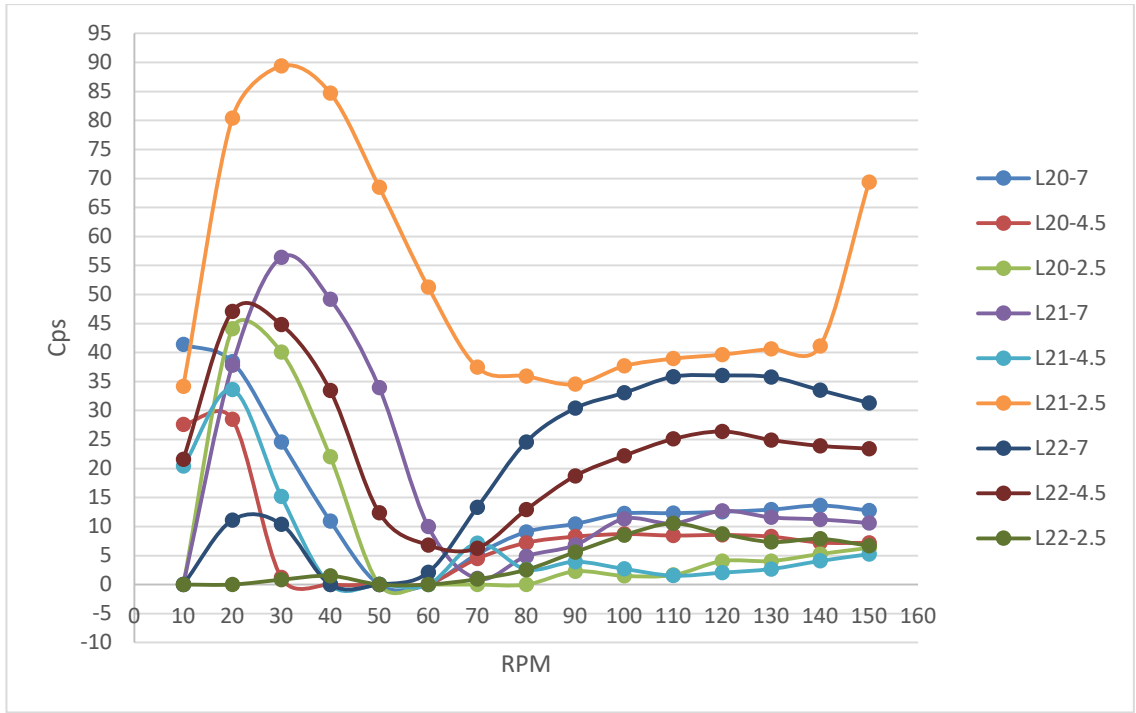


Figura 2. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 5%.

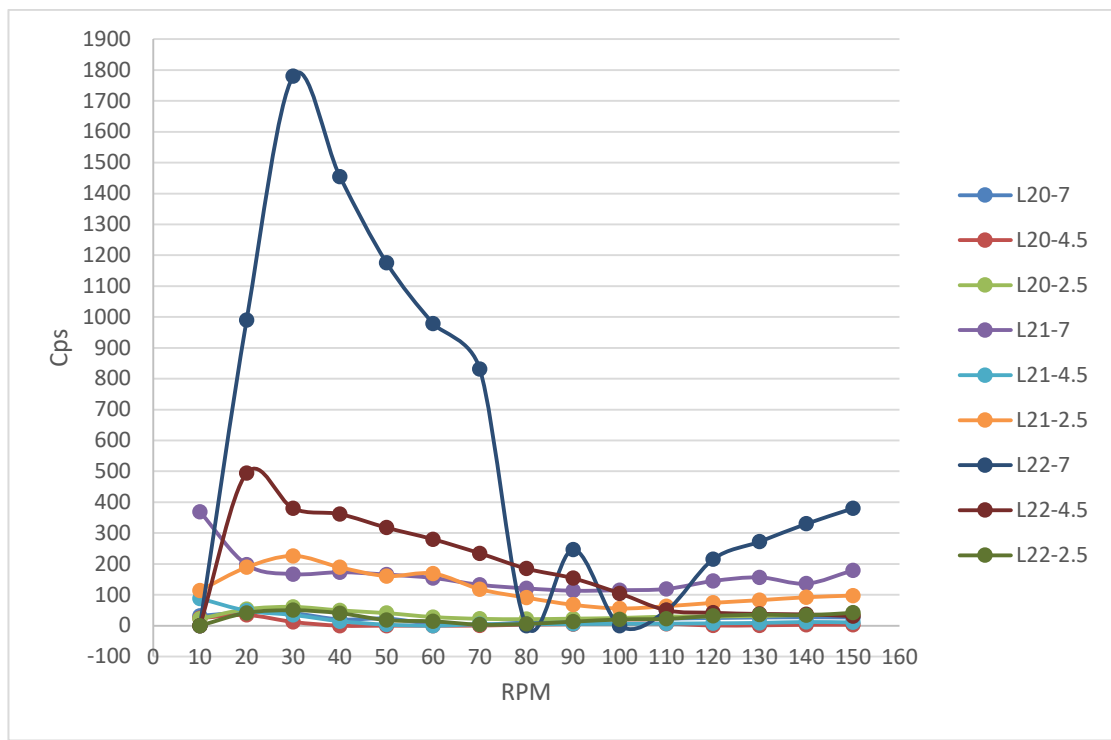


Figura 3. Viscosidad de los tres lotes a pH: 7, 4.5 y 2.5 y concentración: 10%.

**Análisis microbiológicos.** El conteo de mesófilos aerobios, coliformes totales y hongos y levaduras en los tres lotes según las normas de la compañía ADM las proteínas no debe sobrepasar las 10 UFC/ g de coliformes totales, para mesófilos aerobios las 10,000 UFC/g y para hongos y levaduras las 100 UFC/g. En el cuadro 16 se observa que los tres lotes de proteína de arveja cumplieron con las normas de calidad establecidas para coliformes totales y el lote 21 para el conteo de mesófilos aerobios. Sin embargo, el conteo de mesófilos aerobios no es el correcto dentro de los parámetros establecidos por ADM para los lotes 20 y 22, y tampoco el conteo de hongos y levaduras para los tres lotes, el crecimiento logarítmico de estos microorganismos se dio probablemente por la alta manipulación de la proteína de arveja para la realización de los diferentes análisis y puede ser un factor que influyó en el alto conteo registrado. Sin embargo, dentro de los parámetros establecidos por la FAO y FDA los lotes analizados sí cumplen con los parámetros de calidad y comercialización establecidos con conteos dentro del rango aceptable.

Cuadro 16. Resultado del conteo de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales, hongos y levaduras.

<b>Análisis</b>	<b>Lote 20 (UFC/ml)</b>	<b>Lote 21 (UFC/ml)</b>	<b>Lote 22 (UFC/ml)</b>	<b>Parámetros ADM (UFC/g)</b>	<b>Parámetros FAO/FDA* (UFC/g)</b>
<b>Bacteria mesófilas aerobias (BMA)</b>	11,000	10,000	11,000	10,000	15,000
<b>Coliformes totales</b>	<10	10	<10	10	100
<b>Hongos y levaduras</b>	120	110	120	100	1,000

\*Fuente: FAO, 1992/ FDA, 2013

**Análisis sensorial.** El cuadro 17 muestra que para el atributo de color los panelistas aceptaron a todos los tratamientos por igual ( $P>0.05$ ), este atributo tuvo una valoración de me agrada poco, lo que podría estar relacionado con los porcentajes proteína que no afectan significativamente el color de los tratamientos. El atributo de sabor presentó diferencia estadística significativa ( $P<0.05$ ) entre tratamientos, los panelistas valoraron al tratamiento con proteína de soya como me agrada moderadamente y al tratamiento con proteína de arveja como ni me agrada ni me desagrada (neutro).

Cuadro 17. Resultado del análisis sensorial: Color, sabor, aroma, textura, aceptación general de una sopa alta en proteína (6g / porción).

<b>Atributo</b>	<b>Color</b>	<b>Sabor</b>	<b>Aroma</b>	<b>Textura</b>	<b>Aceptación General</b>
<b>Trts</b>	<b>Media±D.E.</b>	<b>Media±D.E.</b>	<b>Media±D.E.</b>	<b>Media±D.E.</b>	<b>Media±D.E.</b>
Soya	6.96±1.51 <sup>a</sup>	7.18±1.37 <sup>a</sup>	6.96±1.40 <sup>a</sup>	6.43±1.26 <sup>a</sup>	7.09±1.08 <sup>a</sup>
Arveja	6.40±1.60 <sup>a</sup>	5.84±2.17 <sup>b</sup>	6.03±1.94 <sup>b</sup>	6.25±1.66 <sup>a</sup>	6.18±1.67 <sup>b</sup>
%C.V.	23.09	28.05	23.91	20.69	19.00

<sup>a b</sup> Medias seguidas con letra diferente en cada columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

D.E. = Desviación estándar

%C.V. = Coeficiente de variación.

El aroma en los dos tratamientos tuvo diferente aceptación (P<0.05). El tratamiento con proteína de soya fue aceptado con un valor promedio de 6.93 en la escala de me agrada moderadamente, sin embargo, el tratamiento con proteína de arveja presentó una valoración de 6.03 equivalente a me agrada poco. Este estudio muestra que las mezclas realizadas para la obtención de las sopas no presentaron diferencia en textura entre los tratamientos (P>0.05). Los panelistas valoraron la textura como me agrada poco. La textura es un atributo sensorial, que se evalúa principalmente con la vista también al degustarla permite diferenciar viscosidad entre dos muestras (Akintayo *et al.* 1999). La aceptación general que tuvieron los tratamientos fue estadísticamente diferente (P<0.05). Los panelistas valoraron al tratamiento con proteína de soya como me agrada moderadamente contra el tratamiento con proteína de arveja que tuvo una valoración de me agrada poco.

Las propiedades organolépticas como el color, sabor, gusto, textura y apariencia de los alimentos están relacionados con las proteínas en el alimento (Endres 2001). Las proteínas de soya y arveja, para tener éxito y conseguir la aceptación del consumidor necesitan que el sabor, aroma y olor del producto atraigan a los clientes (Heng 2005). Una de las restricciones con el uso de la proteína de arveja en productos alimenticios es que posee sabores que son difíciles de enmascarar (MURRAY *et al.* 1968). Estos sabores son a menudo descritos en términos como "beany flavor" y "green flavor" y se forman durante la auto oxidación o actividad de lipoxigenasas (MURRAY *et al.* 1968). Además, estos sabores interactúan con la proteína de arveja, por lo tanto, están presentes en el proceso de aislamiento, lo cual limita los usos de esta proteína y disminuya la aceptación por parte del consumidor (Meyer, 1970).

Algunos estudios demuestran que es posible eliminar esos sabores desagradables y una forma de hacerlo es reduciendo la cantidad de los lípidos. Si los lípidos se disminuyen las



proteínas no serían capaces de unirse a esos sabores (Wu *et al.* 2011). Sin embargo, es crucial saber elegir el método de extracción, debido a que el método de extracción puede ser eficiente en términos de extracción de compuestos de sabor, pero pueden tener un efecto negativo sobre las propiedades funcionales de las proteínas, como la disminución de la solubilidad por ejemplo.

En la figura 4 se observa que la muestra preferida por los panelistas fue el tratamiento con proteína de soya con un 66% de aceptación contra un 34% de los panelistas que prefirieron el tratamiento con proteína de arveja.

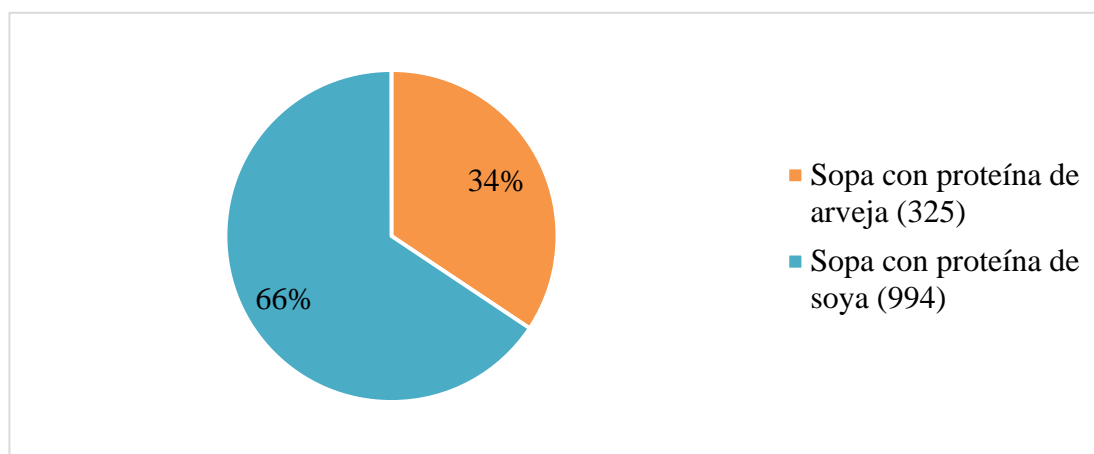


Figura 4. Resultados del análisis sensorial: Muestra preferida.

## 4. CONCLUSIONES

- No se observaron diferencias significativas en la mayoría de las características químicas, solubilidad, retención de agua, capacidad emulsificante, textura y viscosidad entre los lotes evaluados, demostrando que el proceso de escalamiento fue desarrollado aceptablemente.
- Los conteos microbiológicos no cumplieron con los estándares internos de la compañía, sin embargo, si cumplieron los parámetros de comercialización de la FDA para este tipo de ingredientes.
- El aislado proteico de arveja presentó un perfil de sabor menos aceptado que la proteína de soya en aplicaciones tipo sopas altas en proteína, por lo cual se deben considerar alternativas de proceso que mejoren sus propiedades sensoriales.
- La proteína de arveja tiene un perfil de aminoácidos completo y un PDCAAS de 0.61 que la posiciona como una proteína vegetal de calidad media.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar otra metodología de análisis de capacidad emulsificante que se adapte más a la naturaleza del ingrediente.
- Evaluar el método de viscosidad y adaptarlo mejor a la naturaleza del fluido.
- Repetir el estudio con muestras procesadas en la planta industrial donde se producirá el ingrediente a nivel comercial.
- Considerar una re-evaluación de los análisis microbiológicos para definir si la causa de conteos fuera de rango fue por fallas en el proceso (manejo de muestra o error experimental).

## 6. LITERATURA CITADA

Adebiyi AP y Aluko RE. 2011. Functional Properties of Protein Fractions Obtained from Commercial Yellow Field Pea (*Pisum Sativum* L.) Seed Protein Isolate. *Food Chemistry*, vol. 128, 902–908p

Akintayo ET, Oshodi AA y Esuoso KO. 1999. Effects of NaCl, ionic strength and pH on the foaming and gelation of pigeon pea (*Cajanus cajan*) protein concentrates. *Food Chemistry*, vol. 66, 51–56 p

Alasino, M, Andrich O, Sabbag N, Costa S, De la Torre M, Sánchez H. 2008. Panificación con harina de arvejas (*Pisum sativum*) previamente sometidas a inactivación enzimática. *SciELO*; [consultado 2015 octubre 01]. 48(1): 1-7. [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222008000400012&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222008000400012&script=sci_arttext)

Aluko RE, Mofolasayo OA, Watts BM. 2009. Emulsifying and foaming properties of commercial yellow pea (*Pisum sativum* L.) seed flours. *J Agric Food Chem*. 57(20):9793–9800. eng. doi:10.1021/jf902199x.

Ant'Anna, F.R., E.R. Vilela and J.C. Gomes, 1985. Obtention, characterization and functional properties of protein isolates of pigeon pea (*Cajanus cajan*). *Ciencia E Tech. DE Alim.*, 5: 94-110.

Betker SE. 1990. Optimization by response surface methodology of sponge cake formulations containing pea protein concentrate as an egg albumen replacer [Tesis]. University of Manitoba, Winnipeg, Manitoba- Canadá.

Bolontrade AJ, Scilingo AA, Anon MC. 2013. Amaranth proteins foaming properties: adsorption kinetics and foam formation--part 1. *Colloids Surf B Biointerfaces*. 105:319–327. eng. doi:10.1016/j.colsurfb.2012.12.039.

Bolsa de Comercio de Córdoba. 2013. Análisis de la cadena de legumbres [internet]. Argentina; [consultado 2016 Agosto 31]. <http://bolsacba.com.ar/buscador/?p=1962>  
Boulter D. 1983. Regulation of storage protein synthesis and deposition in developing pea seeds. In: *Encyclopedia of food science*. M.S. Peterson and A.H. Johnson (Ed):221-224. Martinus Nijhoff Publishers, The Hague.

Brookfield. 2016. Jam/Marmalade [internet]. [consultado 2016 agosto 29] <http://www.brookfieldengineering.com/education/applications/texture-jam-marmalade.asp>

Campbell L, Raikos V, Euston SR. 2003. Modification of functional properties of egg-white proteins. *Nahrung*. 47(6):369–376. eng. doi:10.1002/food.200390084.

Chavan U, McKenzie D, Shahidi F. 2001. Functional properties of protein isolates from beach pea (*Lathyrus maritimus* L.). *Food Chemistry*. 74(2):177–187. doi:10.1016/S0308-8146(01)00123-6.

Choi W-S, Han JH. 2001. Physical and Mechanical Properties of Pea-Protein-based Edible Films. *J Food Science*. 66(2):319–322. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb11339.x.

Chou D, Morr C. 1979. Protein water interactions and functional properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 56, 53A.

Clarke AR, Barry RJ, McCarthy R, Selikowitz M. 2001. EEG-defined subtypes of children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Clinical Neurophysiology*. 112(11):2098–2105. doi:10.1016/S1388-2457(01)00668-X.

Davidsson L, Dimitriou T, Walczyk T, Hurrell RF. 2001. Iron absorption from experimental infant formulas based on pea (*Pisum sativum*)-protein isolate: the effect of phytic acid and ascorbic acid. *Br J Nutr*. 85(1):59–63. eng.

Deshpande SS, Campbell CG. 1992. Genotype variation in BOAA, condensed tannins, phenolics and enzyme inhibitors of grass pea (*Lathyrus sativus* ). *Can. J. Plant Sci*. 72(4):1037–1047. doi:10.4141/cjps92-130.

Endres JG. 2001. *Soy Protein Products: Characteristics, Nutritional Aspects, and Utilization*. Champaign- Illinois. US: The American Oil Chemists Society; [consultado 2016 septiembre 05].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1992. Chapter 5: Soybean protein concentrates (SPC) [internet]. [consultado 2016 septiembre 10]. <http://www.fao.org/docrep/t0532e/t0532e06.htm>

FAO /WHO. 1989. Protein Quality Evaluation: Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation, Bethesda, Md., USA, 4-8 December. Food & Agriculture Organisation. [http://books.google.se/books?id=ieEEPqffcxEC&pg=PA40&dq=pea+protein+digestibility&hl=sv&sa=X&ei=WeieUYWrDo\\_Jsgblj4CIBA&ved=0CD0Q6AEwAA#v=onepage&q=pea%20protein%20digestibility&f=false](http://books.google.se/books?id=ieEEPqffcxEC&pg=PA40&dq=pea+protein+digestibility&hl=sv&sa=X&ei=WeieUYWrDo_Jsgblj4CIBA&ved=0CD0Q6AEwAA#v=onepage&q=pea%20protein%20digestibility&f=false)

FAO/WHO. 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Roma-Italia. [consultado 2016 septiembre 06]. <http://www.fao.org/ag/humannutrition/3597802317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>

FDA (Food and Drug Administration). 2013. Revised guidelines for the assessment of microbiological quality of processed foods [internet]. [consultado 2016 septiembre 10]. <http://www.fda.gov/ph/attachments/article/17218/FC2013-010.pdf>

FDA (Food and Drug Administration). 2015. Bacteriological Analytical Manual [internet]. [consultado 2016 septiembre 01]: <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm#references>

Gropper SS, Smith JL y Groff JL. 2012. Advanced Nutrition and Human Metabolism. 5<sup>th</sup> ed. Canada: Cengage Learning, 237-240 p.

Gwiazda S, Rutkowski A, Kocoń J. 1979. Some functional properties of pea and soy bean protein preparations. *Nahrung*. 23(7):681–686. doi:10.1002/food.19790230704.

Heng L. 2005. Flavour aspects of pea and its protein preparations in relation to novel protein foods [Tesis]. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 210p.

Hermann J. 1990. Protein and de body [Internet]. [consultado 2015 septiembre 30]. USA:okstate; <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-2473/T-3163web.pdf>

[http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1962/Documents/chem39\\_344.pdf](http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1962/Documents/chem39_344.pdf)

Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjea R y Schasteen CS. 2011. Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores (PDCAAS) for Soy Protein Isolates and Concentrate: Criteria for Evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 59, 12707–12712p.

Kiosseoglou V. (2003) Egg yolk protein gels and emulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, vol. 8, 365–370p.

Krarup, C. 1998. Hortalizas de estancia fría. *Biología y diversidad cultural*. Universidad Católica de Chile [internet]. Chile; [consultado 2016 Agosto 31]. [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/hort0498/HTML/p184.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/hort0498/HTML/p184.html).

Lee J. 2011. Soy protein hydrolysate; solubility, thermal stability, bioactivity, and sensory acceptability in tea beverage [Tesis]. University of Minnesota- Minnesota. 117p.



Luke C. 2012 junio 27. Nueva proteína alternativa para satisfacer la demanda mundial. *Industria Alimenticia*; [consultado 2016 septiembre 01]. (<http://www.industriaalimenticia.com/articles/85915-nueva-proteina-alternativa-para-satisfacer-la-demanda-mundial>)

McClements DJ. 2004. Protein-stabilized Emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, vol. 9, 305–313p.

Mora B. 2015. Estudio Comercial de la arveja [internet]. España; [consultado 2016 Agosto 30]. <http://myslide.es/documents/estudio-comercial-de-la-arveja.html>

MURRAY KE, SHIPTON J, WHITFIELD FB, KENNETT BH, STANLEY G. 1968. Volatile Flavor Components from Green Peas (*Pisum Sativum*). *J Food Science*. 33(3):290–294. doi:10.1111/j.1365-2621.1968.tb01370.x.

Nutribold. 2015. ¿Cuáles y cómo serán las proteínas del futuro? [internet]. [consultado 2016 Agosto 30] <http://nutribold.com/cuales-y-como-seran-las-proteinas-del-futuro/>

O'Kane FE, Happe RP, Vereijken JM, Gruppen H, van Boekel, Martinus A J S. 2004. Heat-induced gelation of pea legumin: comparison with soybean glycinin. *J Agric Food Chem*. 52(16):5071–5078. eng. doi:10.1021/jf035215h.

Perez V, Felix M, Romero A, Guerrero A. 2016. Characterization of pea protein-based bioplastics processed by injection moulding. *Food and Bioproducts Processing*. 97:100–108. doi:10.1016/j.fbp.2015.12.004.

Reinkensmeier A, Bußler S, Schlüter O, Rohn S, Rawel HM. 2015. Characterization of individual proteins in pea protein isolates and air classified samples. *Food Research International*. 76:160–167. doi:10.1016/j.foodres.2015.05.009.

Soderberg J. 2013. Functional properties of legume proteins compared to egg proteins and their potential as egg replacers in vegan food [Tesis]. Swedish University of Agricultural Sciences. Sweden: 43p.

Sosulski F. 1962. The centrifuge method for determining flour absorption in hard red spring wheats [internet]. Wageningen: University of Saskatchewan; [consultado 2016 septiembre 01].

SUMNER AK, NIELSEN MA, YOUNGS CG. 1981. Production and Evaluation of Pea Protein Isolate. *J Food Science*. 46(2):364–366. doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb04862.x.

Taha F.S., 1987: Chemical studies on pigeon pea protein. *Grasas Y Aceites*: 38, 169-172



Tian, S. (1998) The Isolation, Modification and Evaluation of Field Pea Proteins and Their Applications in Foods [Tesis]. School of Life Sciences and Technology, Victoria University of Technology, Australia. 278p.

Tömösközi S, Lásztity R, Haraszi R, Baticz O. 2001. Isolation and study of the functional properties of pea proteins. *Nahrung*. 45(6):399. doi:10.1002/1521-3803(20011001)45:6<399:AID-FOOD399>3.0.CO;2-0.

Torres K. 2007. Optimización de la etapa de hidrólisis ácida en el proceso de fosfatación de almidón por extrusión para la encapsulación de aceite esencial y naranja [Tesis]. Querétaro, México, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 40 p.

Urbano G, Lopez-Jurado M, Frejnagel S, Gomez-Villalva E, Porres JM, Frias J, Vidal-Valverde C, Aranda P. 2005. Nutritional assessment of raw and germinated pea (*Pisum sativum* L.) protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*. 21(2):230–239. eng. doi:10.1016/j.nut.2004.04.025.

Vaclavik VA, Christian EW. 2003. *Essentials of Food Science*. Boston, MA: Springer US. ISBN: 978-0-306-47363-0.

Varela R. 2014. El problema del aumento de la demanda de proteínas [internet]. España; [consultado 2016 Agosto 30] <http://rvfconsultores.blogspot.com/2014/11/el-problema-del-aumento-de-la-demanda.html>

Varzakas T, Labropoulos A y Anestis S. (n.d.) Rheological Properties of a Soy Protein Isolate and Concentrate: Effect of Gel Strength [internet]. [consultado 2016 septiembre 03]. <http://www.icef11.org/content/papers/fms/FMS783.pdf>

Vose JR. 1980. Production and functionality of starches and protein isolates from legume seeds (field peas and horsebeans). *Cereal Chemistry*, vol. 57, 406-410p.

Wang N, Daun JK. 2004. Effect of variety and crude protein content on nutrients and certain antinutrients in field peas (*Pisum sativum*). *J. Sci. Food Agric*. 84(9):1021–1029. doi:10.1002/jsfa.1742.

Wu N, Wang L, Yang X, Yin S, Teng Z, Zheng E. 2011. Comparison of Flavor Volatiles and Some Functional Properties of Different Soy Protein Products. *J Am Oil Chem Soc*. 88(10):1621–1631. doi:10.1007/s11746-011-1825-9.

Yantai Oriental Protein Tech Co. Ltd. 2016. Pea protein ingredient [internet]. China. [consultado 2016 septiembre 01]. <http://www.ingredientsnetwork.com/yantai-oriental-protein-tech-co-ltd-comp249796.html>

Yasumatsu K, Sawada K, Moritaka S, Misaki M, Toda J, Wada T, Ishii K. 2014. Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. *Agricultural and Biological Chemistry*. 36(5):719–727. doi:10.1080/00021369.1972.108603

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Formulación de sopas con dos fuentes proteicas: arveja y soya.

### Sopa con proteína de Arveja

<b>Ingredientes</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>Proteína g/3000 g de sopa</b>	<b>% fuente de proteína</b>
<b>Agua</b>	1659.06	55.30		
<b>Aceite Con Achiote (4.3g)</b>	120.00	4.00		
<b>Cebolla Blanca</b>	90.64	3.02		
<b>Papas (80g)</b>	725.10	24.17		
<b>Leche entera fluida (3.25%)</b>	350.00	11.67	11.375	0.23
<b>Proteína de arveja (86%)</b>	48.40	1.61	38.72	0.77
<b>Sal</b>	6.80	0.23		
<b>Total</b>	3000.00	100.00	50.10	

### Sopa con proteína de soya

<b>Ingredientes</b>	<b>g</b>	<b>%</b>	<b>Proteína g/3000 g de sopa</b>	<b>% fuente de proteína</b>
<b>Agua</b>	1664.46	55.48		
<b>Aceite Con Achiote (4.3g)</b>	120.00	4.00		
<b>Cebolla Blanca</b>	90.64	3.02		
<b>Papas (80g)</b>	725.10	24.17		
<b>Leche entera fluida (3.25%)</b>	350.00	11.67	11.375	0.23
<b>Proteína de Soya Profam 974 (90%)</b>	43.00	1.43	38.7	0.77
<b>Sal</b>	6.80	0.23		
<b>Total</b>	3000.00	100.00	50.08	

Anexo 2. Boleta para análisis sensorial.

**EVALUACION SENSORIAL DE ACEPTACION**

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

- Se le presentará dos muestras codificadas de sopa, una galleta de soda y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con agua y galleta antes y después de cada muestra.
- Haga su evaluación de izquierda a derecha.
- Marque con una “X”, según su calificación de acuerdo a los atributos de: sabor, color, aroma, textura y aceptación general. Al finalizar la evaluación deje la hoja en su cubículo e indique al evaluador que ha finalizado.

1. Me desagrada extremadamente
2. Me desagrada mucho
3. Me desagrada moderadamente
4. Me desagrada poco
5. Ni me agrada ni me desagrada (neutro)
6. Me agrada poco
7. Me agrada moderadamente
8. Me agrada mucho
9. Me agrada extremadamente

**Muestra** \_\_\_\_\_

**Muestra preferida**

	Me desagrada extremadamente	Me desagrada mucho	Me desagrada moderadamente	Me desagrada poco	Ni me agrada ni me desagrada (neutro)	Me agrada poco	Me agrada moderadamente	Me agrada mucho	Me agrada extremadamente
ATRIBUTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Aroma									
Textura									
Aceptación general									

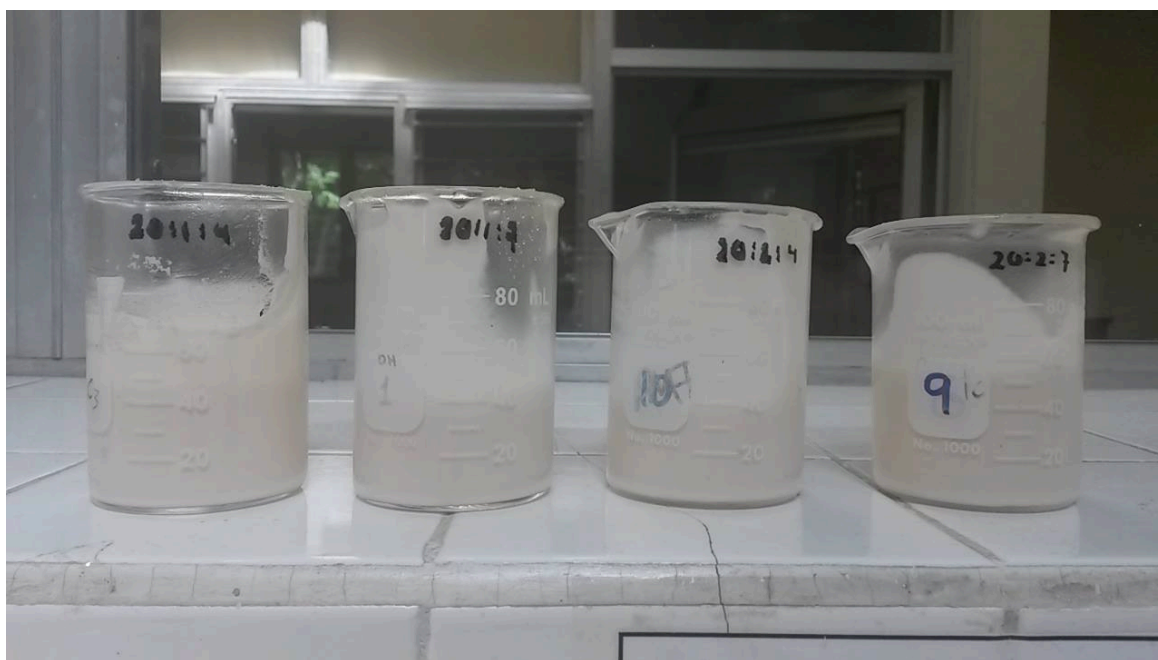
Anexo 3. Valor F y P de análisis físicos, químicos.

Análisis	Valor F	Pr>F
L	30	0.0104
a	19.21	0.0195
b	71.47	0.0029
Solubilidad	0.58	0.68
IAA	33.60	0.0290
Humedad	21.38	0.0168
Cenizas	1144	<0.0001
Proteína	2.23	0.32
Grasa	0.59	0.67
Fibra dietética	0.68	0.57

Anexo 4. Valor F y P de análisis Sensorial

Análisis	Valor F	Pr>F
Color	1.07	0.4241
Sabor	1.22	0.2916
Aroma	1.51	0.1259
Textura	1.5	0.1292
Aceptación general	1.71	0.0683

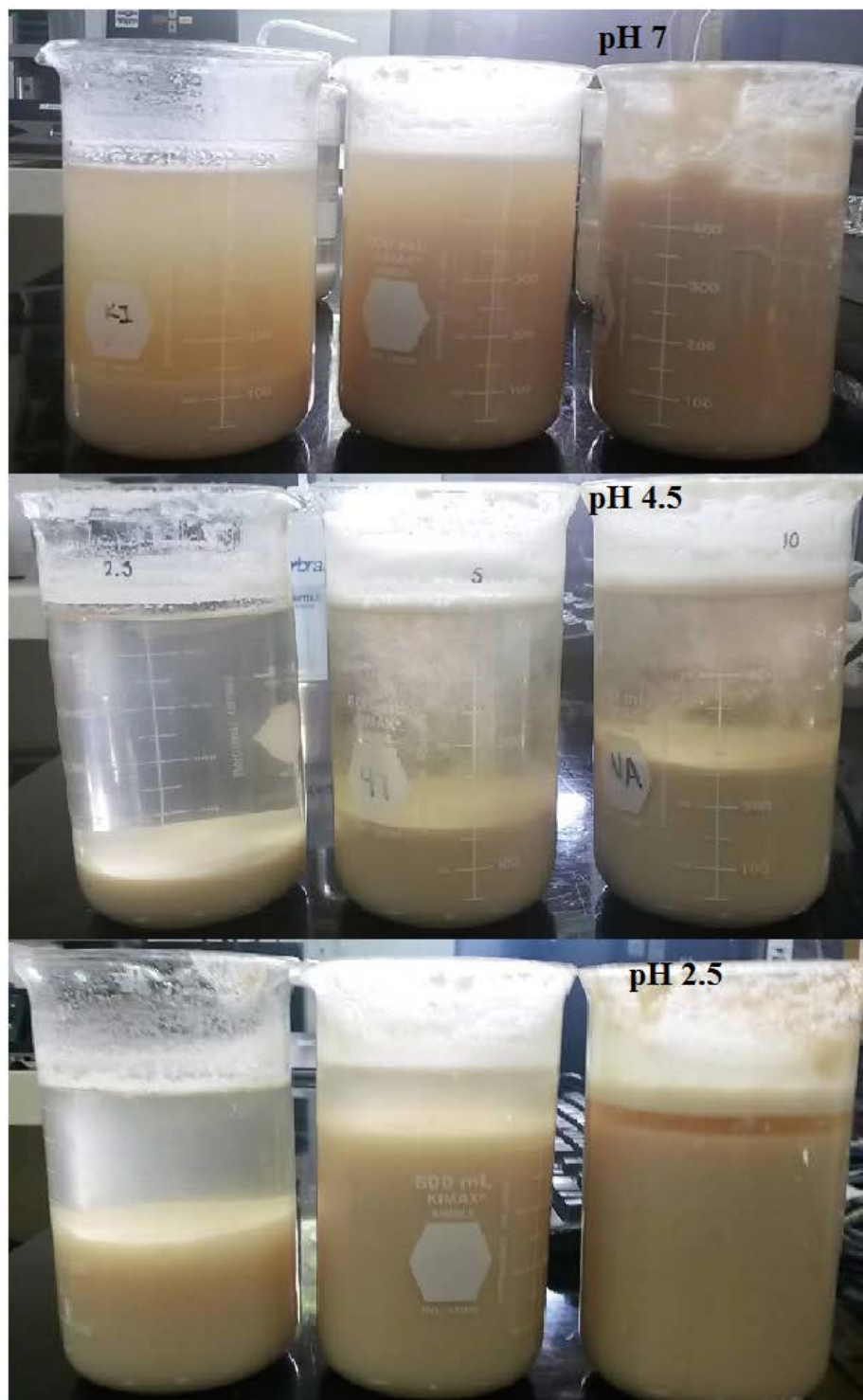
Anexo 5. Actividad emulsificante a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 sin centrifugación.



Anexo 6. Actividad emulsificante a pH 4 y 7, en una relación 1:5:5 con centrifugación.



Anexo 7. Perfil de viscosidad a diferente pH: 7, 4.5 y 2.5.



Anexo 8. Geles obtenidos con diferente relación proteína: agua.

