

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA SOLUBILIDAD
PROTEICA, EL ÍNDICE DE UREASA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA
DEL HABA (*Vicia faba* L.) INIA 423 BLANCA GIGANTE YUNGUYO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

JAVIER WILSON COLCA STELMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERÚ

2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO SOBRE LA SOLUBILIDAD
PROTEICA, EL ÍNDICE DE UREASA Y LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL
HABA (*Vicia faba* L.) INIA 423 BLANCA GIGANTE YUNGUYO”

TESIS PRESENTADA POR:

JAVIER WILSON COLCA STELMAN

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO REVISOR:

PRESIDENTE :
Ing. M.Sc. Pablo PARIHUARCAYA

PRIMER MIEMBRO :
Ing. M.Sc. Genny Isabel LUNA MERCADO

SEGUNDO MIEMBRO :
Ing. M.Sc. Florentino Víctor CHOQUEHUANCA CÁCERES

DIRECTOR DE TESIS :
Ing. M.Sc. Lizandro Gilberto FERNANDEZ CASTRO

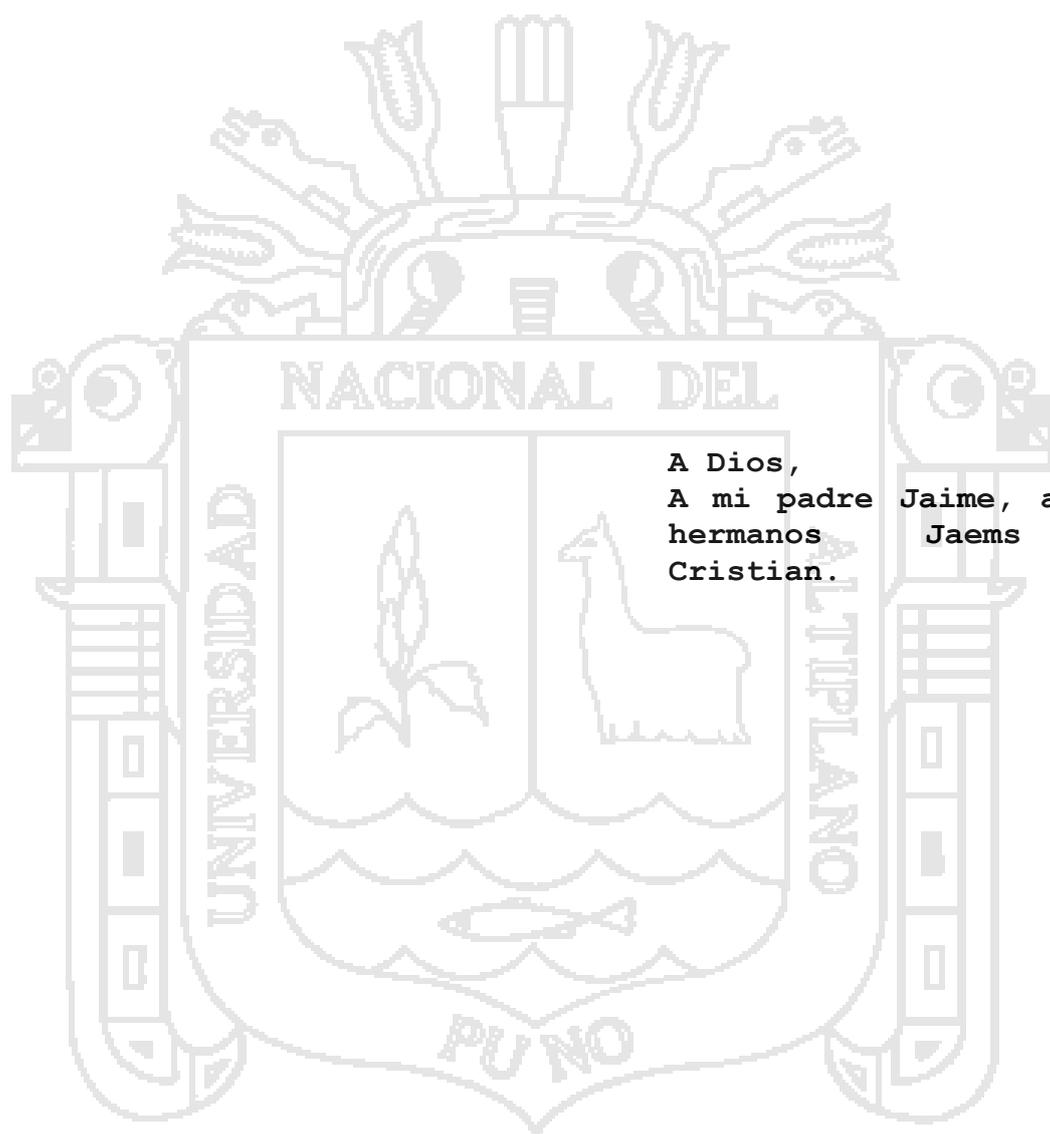
ASESOR DE TESIS :
Ph.D. Bernardo ROQUE HUANCA

PUNO - PERÚ

2014

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Bernardo Roque Huanca, por su muy atento asesoramiento en el desarrollo de esta tesis.

Al Ing. M.Sc. Lizandro Gilberto Fernandez Castro, por su dirección en el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Oswaldo Arpasi Alca, por sus servicios en los análisis de laboratorio en el proceso de esta tesis.

Al Ing. Edgar Gallegos Rojas, por su apoyo en la logística académica de esta tesis.

A los jurados de tesis: Ing. M.Sc. Pablo Pari Huarcaya, Ing. M.Sc. Genny Isabel Luna Mercado, Ing. M.Sc. Florentino Victor Choquehuanca Cáceres, por su acertada contribución en la culminación de esta tesis.

A los señores: Dr. Alejandro Coloma Paxi, Dr. Wenceslao Teddy Medina Espinoza, Dr. Juan Marcos Aro Aro, Ing. M.Sc. Roger Segura Peña, Ing. M.Sc. Luis Alberto Jimenez Monroy, Ing. Tomás Ancco Vizcarra, por sus enseñanzas en el desarrollo de esta profesión.

A todos ellos mi estima personal.

2.2.	PARÁMETROS DE CALIDAD	18
2.2.1.	Índice de ureasa	18
2.2.2.	Solubilidad proteica	19
2.3.	TRATAMIENTOS TECNOLÓGICOS EN HABAS	21
2.3.1.	Definición	21
2.3.2.	Tratamiento vía seca: Secado	22
2.3.3.	Tratamiento vía seca: Tostado	22
2.3.4.	Tratamiento vía seca: Descascarado	23
2.3.5.	Tratamiento vía seca: Molienda	24
2.4.	TRATAMIENTO TÉRMICO EN EL HABA	24
2.4.1.	Definición	24
2.4.2.	Tostado	25
2.4.3.	Efecto del tratamiento térmico en el haba	26
2.5.	PRODUCCIÓN DE HABA (<i>Vicia faba</i> L.) EN EL PERÚ ..	27
2.5.1.	Producción de haba (<i>Vicia faba</i> L.) en la Región Puno	32
2.6.	MARCO CONCEPTUAL	37
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	40
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	40
3.2.	MATERIA PRIMA	40
3.3.	EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS	40
3.3.1.	Materiales de laboratorio	40
3.3.2.	Equipos	41
3.3.3.	Reactivos	42
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	42
3.4.1.	Proceso de tratamiento térmico del haba	43
3.5.	VARIABLES DE ESTUDIO Y RESPUESTA	46
3.5.1.	Variables en función de factores	46
3.5.2.	Factores en función de niveles	46
3.5.3.	Variables de respuesta	46
3.6.	MÉTODOS DE ANÁLISIS	47
3.6.1.	Para determinar el efecto del tratamiento térmico en la solubilidad proteica del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	47
3.6.1.1.	Solubilidad proteica	47

3.6.2. Para determinar el efecto del tratamiento térmico en el índice de ureasa del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	47
3.6.2.1. Índice de ureasa	47
3.6.3. Para determinar el efecto del tratamiento térmico en la composición química del haba (<i>Vicia faba</i> L.) ...	48
3.6.3.1. Composición química	48
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
3.7.1. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en la solubilidad proteica del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	48
3.7.2. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en el Índice de ureasa del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	49
3.7.3. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en la composición química del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1. EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN EL HABA (<i>Vicia faba</i> L.)	51
4.1.1. Efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	51
4.1.2. Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	59
4.1.3. Efecto del tratamiento térmico sobre la composición química del haba (<i>Vicia faba</i> L.)	66
V. CONCLUSIONES	83
VI. RECOMENDACIONES	84
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	91

ÍNDICE DE TABLAS

Número	Contenido	Página
Tabla 1	Composición química del haba (Por 100 g de porción comestible).	6
Tabla 2	Contenido de aminoácidos del haba (en g por 100 g de proteína).	8
Tabla 3	Contenido de algunos factores no nutritivos en granos de haba (Valores expresados en % del peso del grano de haba).	13
Tabla 4	Superficie sembrada, producción y rendimiento de haba grano seco en el Perú; Años: 2003-2012	28
Tabla 5	Superficie sembrada, producción y rendimiento Promedio de haba grano seco, según Regiones; Años: 2011-2012.	31
Tabla 6	Superficie sembrada de grano de haba (ha), según Provincias de la Región Puno; Años: 2003-2012.	33
Tabla 7	Producción de haba grano seco (t), según Provincias de la Región Puno.	35
Tabla 8	Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.	54
Tabla 9	Prueba de Tuckey para el efecto de la interacción Temperatura*Tiempo de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.	55
Tabla 10	Prueba de Tuckey para el efecto de las Temperaturas de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.	57
Tabla 11	Prueba de Tuckey para el efecto de los Tiempos de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.	58
Tabla 12	Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.	62

Tabla 13 Prueba de Tuckey para el efecto de la interacción Temperatura*Tiempo de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.	62
Tabla 14 Prueba de Tuckey para el efecto de las Temperaturas de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.	64
Tabla 15 Prueba de Tuckey para el efecto de los Tiempos de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.	64
Tabla 16 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto a la humedad del haba.	69
Tabla 17 Prueba de Tuckey para el efecto del tratamiento térmico respecto a la humedad del haba.	69
Tabla 18 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de ceniza del haba.	71
Tabla 19 Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de ceniza del haba.	72
Tabla 20 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de grasa del haba.	74
Tabla 21 Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de grasa del haba.	74
Tabla 22 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de fibra del haba.	76
Tabla 23 Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de fibra del haba.	76
Tabla 24 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de proteína del haba.	78
Tabla 25 Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de proteína del haba.	79
Tabla 26 Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de carbohidratos del haba.	81
Tabla 27 Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de carbohidratos del haba.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Contenido	Página
Figura 1	Sección longitudinal de la semilla madura de <i>Vicia faba</i> L.	5
Figura 2	Dinámica de la producción de habas en el Perú; Años 2003-2012.	29
Figura 3	Rendimiento promedio de haba grano seco (t/ha) en el Perú; Años: 2003-2012	30
Figura 4	Superficie sembrada de grano de haba en el Perú en porcentaje, según regiones (2011-2012).	32
Figura 5	Superficie sembrada de grano de haba en la Región Puno, según Provincias; Años: 2010-2012.	34
Figura 6	Superficie sembrada de grano de haba en porcentaje, según Provincias de la Región Puno; Año: 2012.	35
Figura 7	Producción de haba grano seco (t), según Provincias de la Región Puno; Años: 2010-2012.	36
Figura 8	Producción porcentual de haba grano seco, según Provincias de la Región Puno; año 2012.	37
Figura 9	Diagrama de Flujo del Proceso de Tratamiento Térmico.	43
Figura 10	Efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba.	51
Figura 11	Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa del haba.	59
Figura 12	Efecto del tratamiento térmico sobre la composición química del haba.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Número	Contenido	Página
ANEXO 1	Determinación de solubilidad de la proteína en KOH.	92
ANEXO 2	Determinación del índice de ureasa (AOCS, 1980a)	93
ANEXO 3	Método de análisis proximal recomendado por la AOAC (1990).	95
ANEXO 4	Resultados del análisis de la solubilidad proteica, el índice de ureasa y la proteína total de muestra de harina de haba crudo y tostado.	99
ANEXO 5	Resultados del análisis de la composición química de muestra de harina de haba crudo y tostado.	100
ANEXO 6	Promedios de la variación de la solubilidad proteica del grano de haba.	101
ANEXO 7	Promedios de la variación del índice de ureasa del grano de haba.	102
ANEXO 8	Promedios de la variación de la composición química del grano de haba.	103
ANEXO 9	Imágenes	104

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de tostado sobre la solubilidad proteica, el índice de ureasa y la composición química del haba (*Vicia faba* L.) de la variedad INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo, a fin de determinar los parámetros óptimos de tratamiento térmico para obtener un producto de calidad. Las temperaturas de tostado fueron de 120 y 130°C, durante 10, 15 y 20 minutos por cada temperatura, para lo cual el haba fue tostada íntegra, luego descascarada, molida, tamizada y analizada. La solubilidad proteica se determinó por disolución en KOH al 0.2%; el índice de ureasa residual, a través de la prueba de la ureasa basada en la diferencia de pH y la composición química, por los métodos oficiales de la AOAC. Como control se utilizó el haba cruda. Los mejores tratamientos fueron a 120°C por 20 minutos y 130°C por 15 minutos, el tostado disminuyó ($P < 0.05$) la solubilidad proteica (de 94% a 80.2% y 79%) y la actividad ureásica (de 0.21 a 0.01 y 0.01); asimismo, disminuyó ($P < 0.05$) la composición química en humedad (de 7.7% a 4% y 4.2%), grasa (de 1.8% a 1.6% y 1.7%) y fibra (de 1.3% a 1.2% y 1.3%), y aumentó ($P < 0.05$) en proteína (de 31.5% a 33% y 32.9%), ceniza (de 2.5% a 2.6% y 2.5%) y carbohidratos (de 55.2% a 57.6% y 57.5%). Los resultados indican que el tostado reduce la solubilidad proteica y el índice de ureasa residual a niveles óptimos y altera la composición química del haba, por lo que este proceso puede ser de utilidad para lograr el balance entre la degradación de los factores anti nutricionales (FANs) y el mantenimiento de la disponibilidad de aminoácidos.

Palabras clave: Haba, solubilidad, tostado, ureasa.

I. INTRODUCCIÓN

El haba (*Vicia faba* L.) es una legumbre de gran riqueza proteica, elevado valor biológico y razonable digestibilidad que constituye una fuente importante de aminoácidos de bajo costo para la alimentación humana (Maya, 2009); sin embargo, el valor nutricional potencial de esta legumbre (como en toda legumbre), está limitado por los factores anti nutricionales (FANs) que ocurren naturalmente, el más importante de los cuales, es el inhibidor de tripsina, una enzima termolábil que interfiere la digestión de la proteína (Valle y Lucas, 2000).

El haba (*Vicia faba* L.), a pesar de su importancia nutricional, es una de las legumbres poco estudiadas en el mundo. Su calidad proteica está relacionada a la reducción de los FANs y la optimización de la digestibilidad de la proteína. Los FANs están conformados por factores lábiles al calor (inhibidores de tripsina, lectinas, glucósidos, fitatos) y factores estables al calor (oligosacáridos), los mismos que están a menudo asociados con la baja aceptación de las leguminosas debido a que inhiben la digestibilidad de la proteína, por lo que deben ser inactivados o minimizados a fin de maximizar su valor nutricional (Căpriță *et al.*, 2010).

Para reducir el índice de ureasa, existen varios tratamientos, los mismos que incluyen el tostado a 100°C por 60 minutos y 150°C por 30 minutos (Monteiro *et al.*, 2010); por la extrusión a 140, 150 y 160°C con 18% de humedad (Rojas y Villanueva, 2006); el escaldado a vapor a 121°C por 10 y 15 minutos (Benitez y Bustamante, 2011); y calentamiento con aire seco a 130°C en secador de lecho fluidizado por 5 y 10 minutos (Brondi *et al.*, 2009), entre otros tratamientos térmicos. Todos estos procesos reducen la actividad ureásica y disminuyen los distintos FANs; al respecto, se precisa absorber un mínimo de 1.200 Joules (J) de energía por gramo para inactivar la enzima ureasa y 1.670 J para destruir el 95% de los inhibidores de la tripsina presentes en el grano de soya (Rackis *et al.*, 1986). El tostado (~100°C, por 25 minutos) mejora el valor nutricional

de la soya debido a que desnaturaliza las proteínas, mejora la hidrólisis enzimática y desactiva los FANs termolábiles (Ouédraogo *et al.*, 1999).

El calentamiento inadecuado no destruye completamente los FANs, lo cual puede tener impacto perjudicial sobre su rendimiento en la alimentación; mientras que el excesivo calentamiento, reduce la disponibilidad de lisina vía la conocida reacción de Maillard, disminuyendo su valor nutricional (Căpriță *et al.*, 2010). Los FANs de las legumbres pueden causar inhibición del crecimiento, disminución de la eficiencia del alimento, hipertrofia del páncreas y daño hepático en los seres humanos dependiendo de la edad, sexo, estado de salud y plano de nutrición, por lo que es necesario buscar el tratamiento térmico más adecuado para lograr un producto de calidad que tenga un balance óptimo entre la degradación de los FANs y el mantenimiento de la disponibilidad de los aminoácidos (Valle y Lucas, 2000).

El trabajo es el reporte de los resultados de un experimento de tratamiento térmico del haba (*Vicia faba* L.) de la variedad INIA 423-Blanca Gigante Yunguyo, con el propósito de investigar el proceso más óptimo a fin de obtener un producto más nutritivo, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos de investigación:

- Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba (*Vicia faba* L.) INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo.
- Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa del haba (*Vicia faba* L.) INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo.
- Determinar el efecto del tratamiento térmico sobre la composición química del haba (*Vicia faba* L.) INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. EL HABA (*Vicia faba* L.)

2.1.1. Origen y distribución geográfica de *Vicia faba* L.

Las habas son una de las cosechas alimenticias más antiguas, su centro originario exacto se desconoce. Según algunos autores, es una especie nativa del Suroeste de Asia, aunque otros estiman que es el Noreste de África. Pero en definitiva se originó en el Oriente próximo, extendiéndose rápidamente a Europa, Norte de África, Etiopía y China (Kay, 1979), afirmación que es corroborada por Cubero y Moreno (1983), quienes mencionan que el centro de origen o dispersión de la *Vicia faba* L. es en el Próximo Oriente – Mediterráneo.

2.1.2. Clasificación botánica de *Vicia faba* L.

La planta del haba pertenece a la división *Spermatophyta*, subdivisión *Angiospermae*, clase *Dicotyledoneae*, subclase *Rosidae*, orden *Fabales*, familia *Fabaceae*, tribu *Vicieae*, género *Vicia* y especie *Vicia faba* L. (Cronquist, 1981).

Para la especie *faba* se pueden considerar tres tipos o variedades botánicas principales:

- **Variedad *Major*:** A él pertenecen las habas cultivadas para consumo en verde, y son sus semillas de gran tamaño. El grano supera el gramo de peso, y a veces los dos gramos. La variedad *faba* se conoce comúnmente como variedad *Major*.

- **Variedad *Equina*:** Estas habas son de grano más pequeño que las de la variedad *Major*, estando el grano comprendido entre 0.5 y 1 gramo de peso. Se distinguen en que el grano es más aplastado en las de la variedad *Equina*, y elipsoidal en las de la variedad *Minor*.

- **Variedad *Minor*:** El grano es algo más pequeño que las de la variedad *Equina*. Sus vainas son pequeñas, conteniendo 3-4 granos, (Cubero y Moreno, 1983).

La *Vicia faba* L. es una leguminosa anual que noduliza mediante la acción simbiótica del *Rhizobium leguminosarum* (Cubero y Moreno, 1983); es de tallo único, erecta, robusta frondosa y sin pelos, normalmente su altura va de los 60 a los 180 cm, aunque existen formas enanas entre los 30 y 45 cm, suelen poseer una o más ramas basales. Presenta una raíz bien desarrollada, a veces, con ramas y muchas raíces laterales que sostienen racimos de nódulos pequeños y lobulados y que puede crecer horizontalmente antes de doblarse hacia abajo. Los tallos, que son erectos, duros y gordos, están huecos. Las hojas son alternas, pinnadas, con hojillas (2 a 6) nacidas sobre un largo pecíolo. Las hojillas son enteras, ovaladas, con una longitud de 5 a 7.5 cm y unidas al pecíolo, que es acanalado, por pequeñas pulvínulas; generalmente son alternas y terminan en una punta pequeña o en un rudimentario zarcillo. Las flores, olorosas, (de 1 a 6) nacen en las axilas de las hojas y tienen unos 2.5 a 4 cm de longitud; son de color blanco-mate, con una mancha púrpura sobre las alas. La vaina es flexible, verde con una longitud de 5 a 7.5 cm en los campos de cultivo y más de 30 cm en horticultura. Posee un pico puntiagudo y el cáliz tiene tendencia a persistir en su base. Su interior es blanco aterciopelado y se vuelve duro, correoso y arrugado entre las semillas cuando están inmaduras. Las semillas, que son entre dos y seis, varían con el cultivo en forma, tamaño y color (Kay, 1979).

2.1.3. Estructura de la semilla

La semilla constituye la primera fase del desarrollo de la nueva planta y las partes esenciales de esta son las envueltas seminales y el embrión (Figura 1).

Las envueltas seminales, que se encuentran formando la testa o cascarilla, son capas que rodean completamente a la semilla, la protegen

de posibles agresiones del medioambiente y regulan los intercambios que se producen entre el interior y el exterior de la semilla. Estas cubiertas se rompen al desarrollarse el embrión para formar la nueva planta (Kadam *et al.*, 1989)

El embrión consta de un eje embrionario unido a dos cotiledones. El eje embrionario está formado por dos partes íntimamente unidas entre sí: la parte que está por encima del par de cotiledones es el epicotilo y dará lugar al brote terminal de la planta formadora de las hojas, y la parte que está por debajo de los cotiledones es el hipocotilo, que al crecer por su extremo libre, denominado radícula, formará la raíz principal y creciendo por la parte que se continúa con el epicotilo desarrollará el tallo. Los cotiledones actúan como órganos de reserva donde se almacenan las sustancias nutritivas (proteínas, carbohidratos y lípidos) necesarias para la respiración y desarrollo del embrión (Kadam *et al.*, 1989).

La proporción de cada una de las partes de la semilla de *V. faba* es la siguiente: el par de cotiledones representa el 86% del peso total de la semilla, la testa constituye el 13% y el eje embrionario el 1% (Chavan *et al.*, 1989).

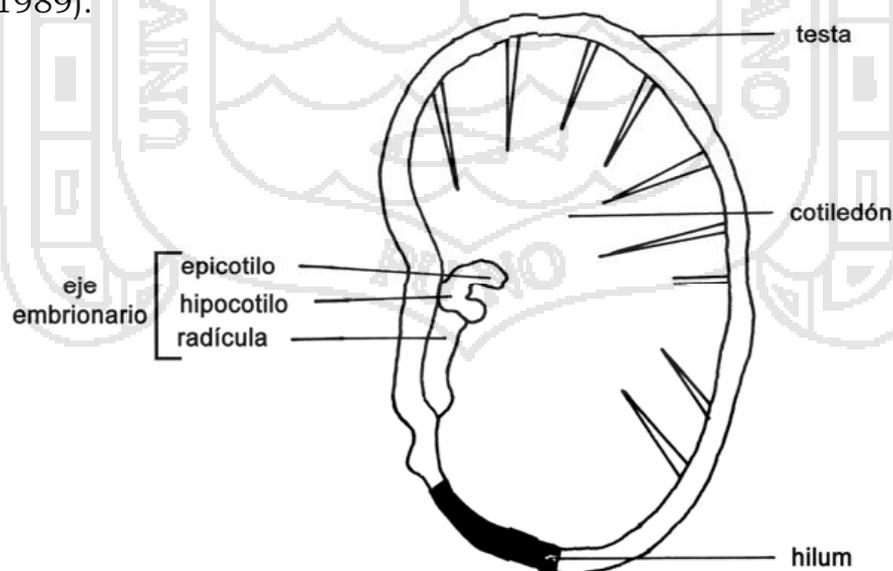


Figura 1. Sección longitudinal de la semilla madura de *Vicia faba* L.

Fuente: Chavan *et al.*, (1989).

2.1.4. Composición química y valor nutritivo de las habas

Desde la antigüedad el hombre ha sabido seleccionar e incorporar las leguminosas a su alimentación y hoy en día está formando parte de la dieta tradicional de una amplia población mundial. Las leguminosas como el haba son consideradas como una buena fuente de proteínas, carbohidratos, fibra, minerales y vitaminas hidrosolubles. Frecuentemente nos referimos a ellas como “el alimento del hombre pobre” (Wiserman y Cole, 1988; citado por Gómez-Villalva, 2005).

La composición química del haba ha sido analizada tanto en la semilla completa, como en cada una de sus partes constituyentes. El par de cotiledones posee más del 90% de las proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales, mientras que la testa contiene la mayoría de la fibra (9%) y de los taninos (Chavan *et al.*, 1989). En la Tabla 1, se muestra la composición química del haba.

Tabla 1. Composición química del haba (Por 100 g de porción comestible).

COMPOSICIÓN	HABAS SECAS				HABAS TOSTADA, HARINA ²	HABAS FRESCAS ³
	Haba seca ¹	Harina ²	Harina ³	Sin cáscara cruda ³		
ENERGÍA (kcal)		345	343	335	363	151
HUMEDAD (g)	11	10.3	11.9	13.6	8.7	60.6
PROTEÍNA (g)	26-33	23.3	24.3	25.9	22.8	11.3
CARBOHIDRATO (g)	51-66	61.6	59.6	55.3	63.2	25.9
GRASA (g)	2	1.6	1.9	2.4	1.7	0.8
FIBRA (g)	8	1.4	4.4	1.8	3	0.8
CENIZAS (g)	4	3.2	2.3	2.8	3.6	1.4
CALCIO (mg)	90	---	67	48	---	31
FÓSFORO (mg)	---	---	393	395	---	137
HIERRO (mg)	---	---	6.7	8	---	2
VITAMINA A	100 ui/100g	---	---	---	---	---
NIACINA (mg)	2.3	---	2.84	3.4	---	1.4
TIAMINA (mg)	0.54	---	0.36	0.34	---	0.3
RIBOFLAVINA (mg)	0.29	---	0.27	0.31	---	0.09
ÁCIDO ASCÓRBICO (mg)	4	---	4.7	2.4	---	28.5

Fuente: ¹Kay (1979), ²MINSA (2002), ³Collazos *et al.*, (1996).

Existe una variación importante en la composición de las habas comunes de acuerdo con el cultivo, el clima, el momento de la siembra, etc., (Kay, 1979).

2.1.4.1. Proteínas

Las proteínas de la semilla, se localizan principalmente en los cotiledones y en el eje embrionario, mientras que sólo una pequeña cantidad está en la cascarilla (Kadam *et al.*, 1989).

En general las leguminosas contienen un 70% de globulinas, 10-20% de albúminas, 10-20% de glutelina y una muy pequeña fracción prolamina. En *Vicia faba* el 80% son albúminas y globulinas, 15% son glutelinas y menos del 5% prolaminas, (Osborne, 1924; citado por Cubero y Moreno, 1983). Se identificaron dos globulinas, legumina (la proteína principal) y vicilina, y una albúmina, legumelina (Kay, 1979).

2.1.4.1.1. Albúminas

El primero en estudiar esta fracción fue Osborne, la extrajo del guisante y del haba y la llamó legumelina, encontrando que en la fracción de albúmina se encuentra la mayoría de enzimas de la semilla (Osborne, 1924; citado por Cubero y Moreno, 1983).

Las albúminas se solubilizan en soluciones alcalinas a pH 6.6 (albúmina sérica, ovoalbúmina, y a-lactoalbúmina), motivo por el cual la solubilidad de la proteína en álcalis ha sido usada como un indicador del procesamiento de las leguminosas (Badui, 2006).

2.1.4.1.2. Globulinas

Proteínas de almacenamiento o reserva, sintetizadas durante la formación de la semilla para ser utilizadas en la germinación, sirviendo como fuente de nitrógeno durante el comienzo de desarrollo de la planta. Se encuentran depositadas en vesículas en el borde de la membrana, y tienen potencial para ser sintetizadas en grandes cantidades (Cubero y Moreno, 1983).

Las globulinas son las solubles en soluciones salinas diluidas a pH 7.0 (glicinina, faseolina y b-lactoglobulina), (Badui, 2006).

Desde el punto de vista de la calidad biológica de la proteína del haba interesa conocer su aminograma, que se resume en la siguiente Tabla:

Tabla 2. Contenido de aminoácidos del haba (en g por 100 g de proteína).

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	HABAS SECAS PELADAS	HARINA DE HABAS CRUDA
FENILALANINA	4.57	4.55
TRIPTÓFANO	0.85	0.82
METIONINA	0.89	0.64
LEUCINA	7.54	7.54
ISOLEUCINA	8.46	8.2
VALINA	4.13	4.26
LISINA	10.03	9.13
TREONINA	4.74	5.08
ARGININA	10.41	8.56
HISTIDINA	2.39	2.45

Fuente: Collazos *et al.*, (1996).

De la Tabla 2, puede apreciarse que las proteínas del haba son una buena fuente de lisina, siendo por el contrario deficitaria en los aminoácidos azufrados, metionina y triptófano, que deben suplementarse con el aporte de otros componentes de la dieta.

El bajo valor biológico y la escasa utilización de la proteína de la leguminosa se atribuye (i) a su deficiencia en aminoácidos azufrados, (ii) a su compacta estructura química, difícil de hidrolizar por los enzimas proteolíticos y (iii) a la presencia de factores antinutritivos (ácido fítico, taninos, inhibidores de proteasas, lectinas, etc.) que limitan la digestibilidad de la proteína y la absorción de los aminoácidos en el tracto digestivo (Rubio, 2000).

2.1.4.1.3. Calidad proteica

La calidad de una proteína está relacionada fundamentalmente con su composición en aminoácidos esenciales y con su digestibilidad. Las proteínas de alta calidad son los que contienen todos los aminoácidos esenciales en proporciones más elevadas y una digestibilidad comparable

o superior a la de las proteínas de la clara de huevo o de la leche; sin embargo, el consumo excesivo de un determinado aminoácido puede producir un antagonismo aminoacídico, o resultar tóxico, se aumenta las necesidades de otros aminoácidos esenciales, se debe esto a la competencia entre los aminoácidos por los lugares en que se absorben en la mucosa intestinal (Fennema, 2000).

2.1.4.1.4. Digestibilidad

La digestibilidad de un alimento se define como la proporción del nitrógeno del mismo que es absorbida tras su ingestión. Aunque el contenido en aminoácidos sea el principal indicador de la calidad de la proteína, su verdadera calidad depende también de la extensión en que estos aminoácidos sean utilizados por el organismo (Fennema, 2000), considera también que la digestibilidad de las proteínas se ve afectada por numerosos factores:

- **Conformación proteica;** la estructura de una proteína influye su hidrólisis por las proteasas.
- **Factores antinutricionales;** las leguminosas contienen una amplia variedad de factores tóxicos, por lo que se pueden considerar como plantas de cierto riesgo en su consumo; entre los principales tóxicos asociados a estas plantas están: los glucósidos cianogenados, promotores de flatulencia, inhibidores de proteasas, fitohemoaglutininas, saponinas, en casos más particulares puede presentarse divicina e isouramilo (favismo), mimosina, canavanina, etc. (Stanislaus *et al.*, 1981; citado por Valle y Lucas, 2000).

2.1.4.1.5. Evaluación del valor nutritivo de las proteínas

Las determinaciones de la calidad proteica de los alimentos son útiles para:

- Determinar la cantidad que se precisa para proporcionar una tasa de aminoácidos esenciales que asegure el crecimiento y el mantenimiento.

- Para seguir los cambios del valor nutritivo de las proteínas durante el procesado, de modo que se puedan elegir condiciones que minimicen las pérdidas de calidad (Fennema, 2000).

2.1.4.2. Hidratos de carbono

Las semillas de leguminosas tienen un alto contenido en hidratos de carbono, el 60% aproximadamente en habas (Cubero y Moreno, 1983).

En las semillas de *Vicia faba* L. están presentes almidón y polisacáridos no amiláceos. El almidón, formado por amilosa y amilopectina, es un polisacárido de reserva soluble en agua, que encontramos en los cotiledones. Representa el 80% de los carbohidratos totales del haba y se encuentra en una proporción del 30-40% frente a los demás compuestos de la semilla, es un carbohidrato que puede ser utilizado como fuente de energía por animales monogástricos, incluido el hombre, aunque no todo el almidón ingerido con la dieta, es digerido y absorbido en el intestino delgado. La fracción de almidón resistente a la digestión (5% en haba), llega al intestino grueso donde es metabolizada por bacterias colónicas, produciendo ácidos grasos de cadena corta y gases (CO₂, H₂, CH₄). Por tanto, al almidón resistente se le relaciona, además de con la flatulencia, con efectos beneficiosos como la reducción del colesterol o la prevención de cáncer colorectal. Pero además, la fracción digerida en el intestino delgado, va siendo absorbida lentamente, contribuyendo así a reducir la respuesta glucémica (Cerning *et al.*, 1975).

Los polisacáridos no amiláceos (sustancias pécticas, celulosa y hemicelulosas), también denominados polisacáridos estructurales, forman parte de la fibra y están presentes principalmente en la cascarilla. En habas se encuentran en una proporción del 17%, donde más del 60% son hemicelulosas y alrededor del 35% celulosa. Las pectinas, inulinas y gomas son solubles en agua, mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina, son insolubles. Los polisacáridos no amiláceos, no pueden ser digeridos porque son resistentes a los enzimas digestivos de los animales

monogástricos, de manera que, en el colon son fermentados por la flora bacteriana, liberándose ácidos grasos de cadena corta. Este hecho, hace que se les relacione con efectos favorables para la salud como es la reducción del colesterol en sangre o la prevención y tratamiento de estreñimiento, colitis ulcerosa, cáncer de colon, litiasis biliar, diabetes, etc. (Fernández y Gassull, 1999).

2.1.4.3. Grasas

El contenido lipídico del haba ronda el 2-3%, concentrándose el 97% en los cotiledones. Los lípidos simples o neutros se encuentran en una proporción del 48%, con los triglicéridos como compuesto mayoritario, dentro de los lípidos compuestos el porcentaje en fosfolípidos es del 36% y el de glucolípidos del 10%. Los ácidos grasos esenciales insaturados más abundantes de las semillas de *V. faba* son el monoinsaturado como el oleico (45.8%) y los poliinsaturados como el linoleico (30.0%) y en menor proporción el linolénico (12.8%). Los ácidos grasos saturados (11.4%) mayoritarios son el palmítico y el esteárico (8.2%), además hay colesterol (0.04% y la enzima lipoxinasa). Las habas comunes contienen un aceite amarillo-pardo con las siguientes características: $GE^{18^{\circ}C}$ 9.385; $I_R^{20^{\circ}C}$ 1.484; val. ácido 18.2; val. sap. 190.2; val. iod. 118.5; materia insaponificable (principalmente sitosterol) 1.98% (Kay, 1979).

2.1.4.4. Vitaminas

Las legumbres son una buena fuente de vitaminas hidrosolubles, particularmente de las del grupo B (Cubero y Moreno, 1983), de las que destacan:

- **Tiamina (B₁):** En general es más o menos equivalente, o ligeramente superior al de los cereales. Los valores van de 0.3 a 1.0 mg por 100 g.
- **Riboflavina (B₂):** El contenido de las leguminosas en riboflavina es escaso, con valores que oscilan entre 0.1 y 0.4 mg por 100 g.

- **Niacina:** Las leguminosas son abundantes en esta vitamina, con un valor medio de 2 mg por 100 g.
- **Ácido ascórbico:** Prácticamente en las leguminosas, la escasa cantidad presente es eliminada con las operaciones culinarias usuales (almacenamiento, cocción, oxidación, etc.).

Dentro de las vitaminas liposolubles presentes en la *Vicia faba* L., tenemos:

- **Caroteno (provitamina A):** La mayoría de las especies contienen pequeñas cantidades de caroteno, aunque con diferencias de contenido entre las distintas especies y dentro de ellas según el color y la variedad oscilando entre 50 y 300 U.I. de vitamina A por 100 g. Una Unidad Internacional (U.I.) de vitamina A equivale a 0.3 ug de alcohol de vitamina A cristalina o retinol.

Cuando la ingestión en proteínas es deficiente, las dos proteínas que intervienen en el transporte de la vitamina A no son sintetizadas en cantidad suficiente y la vitamina queda almacenada en el hígado sin llegar al resto de los tejidos, originándose una deficiencia en la misma (Cubero y Moreno, 1983).

2.1.4.5. Oligoelementos

El contenido en minerales de las leguminosas es del 2.5-4.2%. El elemento mineral mayoritario es el potasio (586-1.830 mg/100g), seguido del fósforo (250-657 mg/100g). Los metales alcalinotérreos calcio y magnesio se encuentran en cantidades semejantes (45-290 mg/100g) y el microelemento más destacado es el hierro, con valores de 2.2-12.5 mg/100g. Los minerales acumulados en las leguminosas, tienen una baja biodisponibilidad debido a la presencia de fibra, almidón, inositoles fosfato, proteínas y lípidos entre otros, que forman complejos con ellos comprometiendo su utilización (Torija y Díez, 1999).

Las habas en concreto, son una fuente rica en niacina, riboflavina (B2), vitamina B6, ácido fólico (B9), ácido pantoténico y β -caroteno. Además, presentan un elevado contenido en fósforo, potasio, calcio, azufre y hierro. Alrededor del 60% del azufre, se encuentra formando parte de los aminoácidos azufrados, pero el 40% restante no influye en el valor biológico de las proteínas. El 40-60% del fósforo localizado en el haba no está disponible, ya que se presenta en forma de inositoles fosfato (Chavan *et al.*, 1989).

2.1.5. Factores no nutritivos de las habas

Las semillas de las leguminosas contienen numerosos compuestos con efectos negativos sobre su valor nutritivo. Algunos son termolábiles, desapareciendo tras un adecuado tratamiento térmico. Otros son termoestables, pudiendo desaparecer por lavado o por cocido (Cubero y Moreno, 1983); en la Tabla 3 se presentan los factores no nutritivos de dos variedades de haba.

Tabla 3. Contenido de algunos factores no nutritivos en granos de haba (Valores expresados en % del peso del grano de haba).

Factor	Unidad	<i>Vicia faba</i> var. <i>minor</i>	<i>Vicia faba</i> var. <i>major</i>
Ácido fítico ¹	%	0.66	0.25
Glucósidos ²	%	2.4	0.12
Inhibidor de tripsina ³	mg/g	0.4	0.37
Lectinas	%	0.29 ³	0.24 ¹
Taninos condensados ⁴	%	0.13	0.06
Taninos cáscaras ⁴	%	21.73	11.6
Taninos cotiledones ⁴	%	0.22	0.11

Fuente: ¹Carnovale *et al.*, (1988); ²Cubero y Moreno, (1983); ³Marquardt *et al.*, (1975); ⁴Booth *et al.*, (2001); citados por Daroch, (2002).

Muchas de estas sustancias han sido identificadas como un resultado de sus efectos adversos y se había pensado que para lograr una mejor utilización de las leguminosas, era necesario eliminar estos factores, no obstante, recientes estudios han mostrado que en pequeñas cantidades pueden tener un papel benéfico en la salud como: prebióticos, protectores del sistema circulatorio, reductores de la presión

sanguínea, reguladores de la glucemia y la colesterolemia, anticancerígenos, mejoradores de la respuesta inmune, entre otros; y por ello, actualmente se les denomina “factores nutricionalmente activos” o “compuestos bioactivos” (Muzquiz *et al.*, 2004; citado por Maya, 2009).

Algunos de los factores no-nutritivos como por ejemplo: Inhibidores de proteasas, lectinas, cianógenos, taninos y vitaminas; son termolábiles y las semillas que los contienen requieren un procesamiento antes de ser consumidas. Por otro lado, los oligosacáridos, el ácido fítico, saponinas, glucósidos y L-dopamina son compuestos estables a altas temperaturas pero son solubles bajo las condiciones de cocimiento tradicional dependiendo de la solubilidad de cada compuesto en el agua y/o los cambios de pH en el medio de cocción (Cubero y Moreno, 1983).

A continuación, se exponen algunos de los factores no-nutritivos que presenta el haba (*Vicia faba*).

2.1.5.1. Inhibidor de proteasas

Los inhibidores de proteasas, son proteínas que tienen la propiedad de inhibir la acción de enzimas digestivos como la tripsina y quimiotripsina, por lo que se les considera a los inhibidores de tripsina como principales responsables del pobre valor nutritivo de las semillas de habas, valor que aumenta con un tratamiento térmico adecuado (Cubero y Moreno, 1983).

Cabe mencionar que los inhibidores de proteasas más estudiados son los que actúan sobre la tripsina, ya que es una enzima digestiva de gran importancia en la digestión de los monogástricos como el hombre, sin embargo además de la tripsina se encuentran en la semilla de habas otras enzimas inhibidas como la quimotripsina, elastasa y plasmita (Valle y Lucas, 2000).

En estudios realizados *in vitro*, se detectaron una gran variabilidad de la actividad antitriptica en el haba, con valores entre 0.5 - 250 unidades/mg contenidos tanto en la cutícula como en los cotiledones. La adición de extractos de haba ricos en tripsina en la dieta de animales en desarrollo al parecer afecta en su crecimiento además hay un aumento del tamaño del páncreas (Cubero y Moreno, 1983).

En varias investigaciones se han hecho tratamientos de calor en la semilla cruda de haba para inactivar los inhibidores de tripsina, y se ha encontrado que esta actividad se puede destruir por este proceso el cual debe estar en función de la humedad, temperatura, y duración del calentamiento. La actividad inhibidora de tripsina en las habas es destruida por autoclave a 120°C por 20 minutos; por un cocimiento en la extrusión a 152°C, o por radiación de microondas a 107°C por 30 minutos (Hussein, 1982).

2.1.5.2. Ácido fítico

El ácido fítico, mio-inositol hexakisfosfato (IP6), y sus sales derivadas constituyen la mayor reserva de fósforo y mioinositol de las semillas de cereales y leguminosas (Muzquiz *et al.*, 2006; citado por Maya, 2009).

La importancia nutricional deriva de su poder quelante de iones metálicos, calcio y magnesio, y de microelementos como hierro y zinc. No obstante, el fósforo contenido en los fitatos puede absorberse o ser reducido mediante una germinación de la semilla, debido a que este proceso activa o sintetiza la enzima fitasa. En las habas existen diferencias entre cultivares que tienen niveles de fósforo entre 0.6 y 0.9%, pero alrededor del 40-60% de aquellos está en forma de fitato (Cubero y Moreno, 1983).

Desde el punto de vista nutricional, el interés del ácido fítico se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales

esenciales (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , y Ca^{2+}) lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales. IP6 e IP5 son los que tienen un mayor efecto negativo, ya que los menos fosforilados poseen baja capacidad para unir cationes inorgánicos (Harland, 1995; citado por Maya, 2009).

Los fitatos en la semilla reducen la biodisponibilidad mineral e interactúan con las proteínas alterando la solubilidad. Además, inhiben enzimas como la pepsina, α -amilasa y la tripsina (Salunkhe *et al.*, 1985; citado por Daroch, 2002).

2.1.5.3. Lectinas

Producen aglutinación de los glóbulos rojos de la sangre debido a su especificidad para el receptor de glicoproteína situado en la superficie celular. La acción de las lectinas es combinarse con las células de la mucosa intestinal causando una interferencia no específica con la absorción de nutrientes (Valle y Lucas, 2000).

En las habas toda la actividad de hemaglutinación parece estar ligada al cotiledón (Cubero y Moreno, 1983); esto varía según la variedad, pero en promedio alcanza valores de 4062.5 unidades de hemaglutinina/g de semilla entera (Hussein, 1982).

2.1.5.4. Glucósidos

Los principales responsables del favismo son la vicina y convicina presentes en la *Vicia faba*. El principal factor determinante de la hemólisis por ingestión de *Vicia faba*, es la 3,4 dihidrofenilalanina (L-DOPA). No es responsable directo de la hemólisis sino precursor del factor hemolítico dopaquinona (Beutler, 1970; citado por Cubero y Moreno, 1983).

2.1.5.5. Taninos

La presencia de taninos condensados en la testa de las habas fue detectada por Barker y Morris en 1968 (Cubero y Moreno, 1983).

La testa de numerosas variedades de habas contiene taninos condensados del tipo pro-antocianidina; los cuales deprimen la materia orgánica y la digestibilidad de nitrógeno e inhiben la tripsina. Existe una correlación entre la concentración de taninos en la testa de la semilla con la actividad inhibidora de tripsina, ya que se ha encontrado en las testas la actividad inhibidora de tripsina. La cáscara de haba es la que tiene un mayor nivel de inhibidores de tripsina (en promedio 6.6 unidades/g) comparado con los cotiledones (2.9 unidades/g). Mucha de la actividad inhibidora de tripsina en las cáscaras está atribuida a los taninos. Los taninos y sus glucósidos (taninos hidrolizables) inhiben una gran variedad de enzimas que ejercen su acción ya sea por inhibición directa o por formación de complejos no digeribles con las proteínas de los alimentos (Hussein, 1982).

2.1.5.6. Cianógenos

La distribución de los glucósidos cianogénicos es muy variable por especies y dentro de ellas, siendo más frecuentes en *Phaseolus*, *Vigna*, *Pisum* y *Vicia*. Varias leguminosas son potencialmente tóxicas por su contenido en glicósidos que, por hidrólisis, liberan cianuro (CNH) que se produce a partir de un glicósido por la acción de una enzima presente en los vegetales llamada β -glucosidasa. Eventualmente, el calor puede inactivar esta enzima responsable, pero parece ser que las enzimas de la microflora intestinal también puede liberar CNH de los cianógenos presentes en las habas cocidas. Las especies de *Vicia* no muestran presencia de goitrógenos (productores de bocio), factores antivitaminicos, inhibidores de amilasa pancreática y flavonas, y contienen muy bajas cantidades de alcaloides, saponinas y aminoácidos tóxicos (Cubero y Moreno, 1983).

2.2. PARÁMETROS DE CALIDAD

2.2.1. Índice de ureasa

El control de calidad de ciertos alimentos se puede llevar a cabo rutinariamente de manera indirecta a través del análisis de la actividad de ciertas enzimas; la presencia o la ausencia de algunas enzimas en particular se relaciona con una determinada condición microbiológica o química de un producto. Es así que, la enzima ureasa es utilizada con el propósito de medir el Índice de la calidad nutricional de Alimentos, relacionada directamente con la cantidad de Inhibidor de Tripsina presente (Badui, 2006).

La ureasa, enzima número 3.5.1.5 en la Unión Internacional de Bioquímica, cuyo nombre sistemático es amidohidrolasa de urea, tiene un peso molecular de 483000 Daltons. La ureasa consta de seis subunidades estructurales iguales. Es una enzima muy específica, que existe en varios tipos de tejidos vegetales; por ejemplo, en el frijol de soja y otras leguminosas. La ureasa se utiliza mucho como agente catalítico para la medición cualitativa de urea. El hidróxido de amonio que se forma puede titularse y puede relacionarse, estequiométricamente, con la cantidad de urea presente en una muestra (Herrera *et al.*, 2003).

Es posible determinar los niveles de inhibidores de tripsina en los productos de soja crudos y elaborados, pero los análisis son complejos y costosos. Una posibilidad de analizar la presencia de este antinutriente es detectando los niveles de actividad de la ureasa. La ureasa es una enzima presente en la soja y otras leguminosas, que se desnaturaliza en las condiciones de temperatura y humedad en las que se desnaturalizan los inhibidores de tripsina y otros factores antinutricionales. De acuerdo al Programa Mundial de Alimentos del 2004, los niveles altos de actividad de la ureasa indican una elaboración deficiente, mientras que los niveles muy bajos denotan una elaboración correcta; es decir, las actividades de ureasa mayor en 0.2 unidades de pH sugieren una elaboración

insuficiente, mientras que la actividad menor a 0.05 unidades de pH indican excesivo procesamiento. Un aumento de la ureasa de 0.05-0.2 de pH por unidad, es un indicador de calor suficiente para destruir los factores antinutricionales; no obstante, la norma ICONTEC NTC 771: Tortas de Soya: Determinación de la Ureasa, especifica que una diferencia menor a 0.02 unidades de pH indican inactivación de la enzima (Benitez y Bustamante, 2011).

En el caso del Perú el límite de seguridad para la torta de soya es de 0.05 unidades de variación de pH (Normas Técnicas Peruanas, 1981).

La determinación de la actividad ureásica, basada sobre el cambio de pH, fue una de las más utilizadas pruebas *in vitro* para asentar la calidad de la harina de soya. Sin embargo, se ha determinado que este procedimiento es útil únicamente para determinar el subcalentamiento de la harina de soya pero no para detectar el sobrecalentamiento, ya que en algunos experimentos no se detecta cambio en el pH entre harinas de soya calentadas a diferentes tiempos (Parsons *et al.*, 1991; citado por Mata, 1998).

Valores con un máximo de 0.2 unidades de elevación del pH, son aceptados por la industria alimenticia de los Estados Unidos de América como estándar de procesamiento de la harina de soya para todo tipo de ganado. La Comunidad Económica Europea acepta un valor máximo de 0.5 unidades de elevación de pH (Waldroup *et al.*, 1985; citado por Mata, 1998).

2.2.2. Solubilidad proteica

La solubilidad de una proteína es la manifestación termodinámica del equilibrio entre las interacciones proteína-proteína y solvente-proteína, que a su vez dependen de la hidrofobicidad y naturaleza iónica de las mismas. Las interacciones hidrofóbicas promueven las interacciones proteína-proteína que inciden en una disminución de la

solubilidad, mientras que las interacciones iónicas promueven la relación proteína- agua que provoca un aumento de la solubilidad. El aumento de la energía térmica causa desplegamiento de las proteínas (desnaturalización), ya que los grupos no polares son expuestos, se da la agregación y precipitación de las proteínas, y por lo tanto la solubilidad disminuye (Badui, 2006).

La solubilidad de las proteínas está íntimamente relacionada con el estado estructural, por lo que esta propiedad se puede utilizar como un indicador del grado de la desnaturalización durante los procesos de extracción, aislamiento y procesos de purificación, o como un indicador de las aplicaciones potenciales de las proteínas. Los concentrados de proteína y aislados preparados comercialmente muestran un amplio rango de solubilidad, que se puede expresar como Índice de Solubilidad de la Proteína (PSI) o Índice de Dispersabilidad de la Proteína (PDI) (porcentaje de proteína soluble presente en la muestra proteínica), el PSI de aislados proteínicos comerciales varía de 25 a 80% (Badui, 2006).

El Dr. Keith Rinehart, mientras trabajaba en Purina desarrolló un método alternativo para evaluar la calidad del procesamiento. Este método nunca fue publicado en la literatura científica y se basa en la solubilidad de la proteína en una solución de hidróxido de potasio al 0.2% como indicador del procesado. Este método se utiliza con frecuencia en los programas de control de calidad de varios fabricantes de piensos de Norteamérica y de Brasil. La solubilidad de la proteína a partir del haba de soja cruda es prácticamente del 100%. A medida que es procesada con calor la solubilidad de la proteína disminuye, asimismo harinas de soja con más de un 85% de solubilidad se consideran insuficientemente procesadas y aquellas con una solubilidad menor al 75% como procesadas excesivamente (Dale, 1988).

La solubilidad de la proteína en KOH, puede utilizarse para determinar el sobre procesamiento de la harina de soja ya que se ha

encontrado una correlación negativa entre el tiempo de calentamiento y la solubilidad de la proteína. La prueba consiste en solubilizar las proteínas de la harina de soya en KOH 0.2N por agitación. Posteriormente el contenido de nitrógeno solubilizado es determinado, y la solubilidad se expresa como un porcentaje de la proteína total (Araba y Dale, 1990; citado por Mata, 1998).

A nivel comercial, similar a la actividad ureásica, existe una amplia variación de la solubilidad de la proteína entre las harinas de soya de diferentes países destinadas a la alimentación de pollos, con valores de 60.2 a 76.4% para harinas de soya de la India y de USA, respectivamente (Dudley-Cash, 1997; citado por Mata, 1998).

Si es necesario considerar solamente una prueba in vitro como indicador de la calidad de la harina de soya utilizada en la nutrición animal, la mejor opción puede ser la solubilidad de la proteína en KOH (Dale y Araba, 1990; citado por Mata, 1998).

2.3. TRATAMIENTOS TECNOLÓGICOS EN HABAS

2.3.1. Definición

Los tratamientos tecnológicos que se aplican a las diferentes materias primas o piensos se basan en la reducción del tamaño de partícula, separación de fracciones y aplicación de temperatura y presión en diferentes condiciones de humedad y tiempo. De manera general y simplificada se clasifican los distintos tratamientos de la manera siguiente:

- **En seco:**

- En frío: Descascarado y molienda.
- Con aplicación de calor: Secado y tostado.

- **Con aplicación de calor y humedad:**

- Granulación, cocción, micronización, expansión y extrusión

(Gorrachategui, 2010).

2.3.2. Tratamiento vía seca: Secado

La recolección de granos húmedos requiere para su conservación su posterior secado. Normalmente el secado se produce por aplicación de aire caliente a diferentes temperaturas y posterior enfriamiento y, según las condiciones, este proceso ya puede afectar a la calidad del grano (Gorrachategui, 2010).

El secado de habas constituye una de las etapas de post cosecha en la producción de habas, realizándose bajo cubiertas con techo agrofilm, sin embargo muy pocos productores de haba son los que practican tal alternativa. Por lo general el secado de habas se realiza en contacto directo al sol, por lo que suele presentarse deterioro del grano, muchas veces las lluvias tardías ocasionan pudriciones y cambio de color en el grano, afectando su calidad (Quispe, 2012).

La clasificación del grano seco de haba se realiza mediante uso de zarandas manuales y mecánicas calibradas (19, 18, 17 y 16 mm de diámetro); para el control de calidad, se determina la calidad del grano en cuanto a sanidad y color, en el caso del haba “Blanca Gigante Yunguyo” el color característico es verde pálido; generalmente el porcentaje de humedad recomendada para el grano seco de haba es de 13% (Quispe, 2012).

La semilla seca, se la puede guardar varios años sin que se pierda su viabilidad. Las habas debido a su rusticidad, precocidad y gran resistencia a bajas temperaturas, constituyen el cultivo ideal para nuestros páramos andinos (Heredia, 2012).

2.3.3. Tratamiento vía seca: Tostado

Los procesos tecnológicos en los que se utiliza calor para reducir compuestos no-nutritivos de semillas de leguminosas están muy extendidos. Podemos destacar la cocción, que puede realizarse a presión atmosférica mediante hervido, o bien a alta presión y temperatura. Otros

procesados son el tostado, la fritura, la extrusión o los tratamientos con microondas. Dada la complejidad de la acción de los tratamientos térmicos sobre los alimentos, será necesaria su optimización debido a que tiene una acción sobre los componentes del alimento: enzimas, proteínas, vitaminas, etc. que llega a afectar a sus propiedades físicas: color, forma, consistencia, etc. (Casp y Abril, 1999).

El tostado con aire caliente en tambor y posterior molienda se ha aplicado a las habas con el objetivo de eliminar los FANs (Factores Antinutricionales) termolábiles y de reducir la humedad. Este sistema sobrecalienta más las partes exteriores del grano y no afecta a las partes más internas (Gorrachategui, 2010).

Existen gran variedad de sistemas para el tostado de habas, entre los que destacan los “Hornos rotativos de calentamiento indirecto”, usados ampliamente en la industria alimentaria ya que permiten tostar habas sin que el producto esté en contacto directo con los gases de combustión, el sistema está en constante movimiento sobre su eje (rotación), logrando propiedades deseadas en el producto, además permite facilidad en la regulación de la cantidad de calor aportado por medio de los quemadores; sin embargo, algunas desventajas del sistema son la baja eficiencia térmica, por ende, mayor consumo de combustible (Heredia, 2012).

2.3.4. Tratamiento vía seca: Descascarado

El primer impedimento para la digestión es la cáscara de los granos, por ello es necesaria su ruptura o eliminación. El descascarado aumenta el valor nutricional de las materias primas al reducir la fracción fibra y, en muchos casos, eliminar gran parte de los factores antinutricionales (FANs), (Gorrachategui, 2010).

En el caso de las leguminosas, los D-galactósidos, taninos y metabolitos secundarios pueden reducirse o eliminarse aumentando la

digestibilidad de almidón y proteína. En las variedades de guisante y habas con contenidos altos en taninos, estos se encuentran en la cáscara y además son resistentes al calor, por lo que el descascarado mejora la digestibilidad (Stein y Bohlke, 2007; citados por Gorrachategui, 2010).

2.3.5. Tratamiento vía seca: Molienda

La molienda reduce el tamaño de partícula aumentando el área de superficie y, en consecuencia, hace más susceptibles a los granos al ataque por los jugos digestivos y las enzimas (Lawrence, 1970; Heaton *et al.*, 1988; citados por Gorrachategui, 2010).

Una molienda demasiado fina puede aumentar el riesgo de úlceras y de problemas respiratorios y, en el caso del trigo, puede añadir otro factor negativo en la cavidad bucal debido a su consistencia pastosa. Con moliendas habituales (cribas de 2.5 a 3.5 mm de diámetro) no se observa ningún inconveniente (Gorrachategui, 2010).

Los efectos de la molienda y granulación no son independientes al comprobar que la molienda fina mejora el valor energético, sin embargo la granulación sólo mejoró la energía cuando la molienda fue gruesa (Kilburn y Edwards, 2001; citados por Gorrachategui, 2010).

2.4. TRATAMIENTO TÉRMICO EN EL HABA

2.4.1. Definición

Bajo el título de Tratamientos Térmicos se suelen englobar todos los procedimientos que tienen entre sus fines la destrucción de los microorganismos y acción sobre los componentes del alimento: enzimas, proteínas, vitaminas, antinutrientes, etc. que llega a afectar a sus propiedades físicas: color, forma, consistencia, etc. por el calor. Un tratamiento térmico debe ajustarse de forma que se consigan los resultados deseables y se minimicen los indeseables (Casp y Abril, 1999).

2.4.2. Tostado

Es un proceso térmico de origen prehistórico aún hoy día utilizado por la industria con ligeras modificaciones. El calor proviene de un horno, un quemador de carbón o directamente de una llama y la temperatura aplicada varía entre 110 y 170°C según el equipo utilizado. Con este método, los gases calientes (aire caliente) se ponen en contacto con el material húmedo a secar para facilitar la transferencia de calor y de masa, siendo la convección el mecanismo principalmente implicado. Al proceso se le llama también, por lo tanto, secaderos directos o por convección (Casp y Abril, 1999).

El tratamiento térmico de los alimentos se ha considerado una vía tecnológica de “externalizar parte del proceso digestivo” consiguiendo aumentar su digestibilidad y, a la vez, reducir su toxicidad potencial. Los efectos conseguidos potencialmente pueden rendir grandes cantidades de energía que afectan a la masa corporal, crecimiento, reproducción, defensa contra parásitos y enfermedades, e inversión en locomoción y/o trabajo. En cambio, las respuestas no siempre han sido las esperadas. Se sabe que los efectos de los tratamientos físicos son diferentes sobre los distintos constituyentes de los alimentos como almidón, fibra, proteína y lípidos, y que también dependen de la organización de su estructura celular y del tipo de alimento en sí (Gorrachategui, 2010).

Los granos de leguminosas, debido a la presencia de factores antinutricionales que disminuyen su eficiencia alimentaria, necesitan de un adecuado procesamiento térmico para la desactivación de sus componentes sin afectar sus propiedades nutritivas (Café *et al.*, 2000; citado por Alves, 2005).

Se ha mostrado en varias investigaciones que el procesamiento en las habas mejora nutricionalmente el producto. La testa de las habas tiene mucho más alta la concentración de sustancias inhibitorias que los cotiledones. Esto se ha manifestado por tratamiento térmico en semillas

descascaradas en la que aumenta el peso ganado y la eficiencia alimenticia en un 8% (en aves) y además, para mejorar los valores nutricionales de las habas, el tratamiento térmico mejora la retención de otros nutrientes. La retención de materia seca, aminoácidos y extracto etéreo aumentan en un 32, 17 y 5%, respectivamente cuando los taninos de las semillas se han tratado por calor (Marquardt, 1984; citado por Daroch, 2002).

Esos resultados demuestran que el tratamiento térmico mejora los valores nutricionales por una mejor digestibilidad en varios nutrientes incluyendo carbohidratos y proteínas (Marquardt, 1984; citado por Daroch, 2002).

En un estudio sobre “Caracterización física, nutricional y no nutricional de haba sometida a tratamiento térmico”, se utilizó condiciones de tostado de 120 °C durante 10 minutos, seleccionando este tiempo y temperatura como los mejores sensorialmente medidos (Maya, 2009).

El proceso de tostado a 115 °C durante 15 a 25 minutos, desactiva la lipoxigenasa, los inhibidores de tripsina y otros factores anti fisiológicos en las leguminosas (Badui, 2006).

2.4.3. Efecto del tratamiento térmico en el haba

El tratamiento por calor es el método más utilizado para reducir los factores anti nutritivos presentes en el haba de soya cruda y otras leguminosas. El mecanismo mediante el cual el calor inactiva los factores antinutricionales es la desnaturalización. Se precisa absorber un mínimo de 1.200 J de energía por g para inactivar la enzima ureasa y 1.670 J para destruir el 95% de los inhibidores de la tripsina presentes en el haba. Sin embargo, si se sobrecalienta una fuente proteica, la disponibilidad de sus aminoácidos, en especial de la lisina, disminuye. Además, un tratamiento inadecuado reduce la estabilidad oxidativa de la

grasa contenida en el haba. De aquí, la necesidad de controlar las condiciones del proceso previo a la utilización de habas en los piensos (Rackis *et al.*, 1986).

Uno de los efectos beneficiosos del tratamiento térmico es la destrucción de sustancias antinutricionales termolábiles, como el inhibidor de tripsina. La mejora de la calidad nutricional depende de la temperatura, del tiempo de tratamiento térmico y del porcentaje de humedad. Otra ventaja del tratamiento térmico es la mejora de la palatabilidad debido a la inactivación de las lipoxinas. (Café *et al.*, 2000; citado por Alves, 2005).

El efecto del calor sobre los inhibidores de la tripsina se realiza al alterar la integridad de la estructura química sostenida por las uniones disulfuro que se destruyen bajo su acción, (Burns, 1987; citado por Brenes y Brenes, 1993).

El tratamiento térmico también reduce el contenido de fibra a la quinta parte y provoca una destrucción de la actividad antitriptica en un 20%. Estos efectos son principalmente asociados con la destrucción de un factor termolábil presente en la testa del haba. Además del calor, el micronizado y la extrusión también disminuyen la actividad antitriptica y la hemaglutinación, producen un aumento de los carbohidratos disponibles y de la energía metabolizable. No se produce alteración en el patrón de aminoácidos, en especial de lisina, cistina y metionina (Cubero y Moreno, 1983).

2.5. PRODUCCIÓN DE HABA (*Vicia faba* L.) EN EL PERÚ

En la Tabla 4 se presenta la evolución de la superficie sembrada, producción y rendimiento del grano de haba desde el año 2003 hasta el año 2012 por campaña agrícola en el territorio peruano.

Tabla 4. Superficie sembrada, producción y rendimiento de haba grano seco en el Perú; Años: 2003-2012

CAMPAÑA AGRÍCOLA	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
Superficie sembrada de grano de haba (Miles de ha)	53.8	57.4	60.1	65.4	69.1	68.6	68.6	68.6	72.3	73.5
Producción de Haba Grano Seco (Miles de t)	51.6	47.2	52.9	57.5	61.3	64.3	69.6	67.1	64.6	73.7
Rendimiento promedio de Haba Grano Seco (t/ha)	1213	1153	1177	1228	1243	1225	1274	1254	1243	1320

FUENTE: MINAGRI (2013).

Durante este periodo la superficie sembrada de grano de haba fue creciente; la cifra máxima de superficie sembrada de grano de haba se dio en la última campaña agrícola (2012-2013), siendo de 73.5 mil hectáreas; cabe indicar que es la mayor superficie sembrada de grano de haba en los últimos 10 años. Por ende, la producción de haba grano seco aumentó significativamente en forma creciente, tal es el caso que en la campaña agrícola 2012-2013, la producción fue de 73.7 mil toneladas, superior a la producción de las campañas agrícolas anteriores. En cuanto al rendimiento promedio de haba grano seco, en la campaña agrícola 2012-2013 se tuvo uno de los mayores rendimientos observados en los últimos diez años, 1320 toneladas por hectárea.

Tal como se detalla en la Tabla 4, la tendencia en cuanto a superficie sembrada de grano de haba es creciente, alcanzando cifras comparativas de 53.8 mil hectáreas sembradas en la campaña agrícola 2003-2004, con respecto a la campaña agrícola del 2012-2013 (73.5 mil hectáreas), el incremento es de aproximadamente el 36.6%.

Según la Tabla 4, el incremento de área de superficie sembrada de grano de haba fue constante; por tanto, se puede considerar que esta tendencia puede continuar en caso se den condiciones naturales similares a las de la última década.

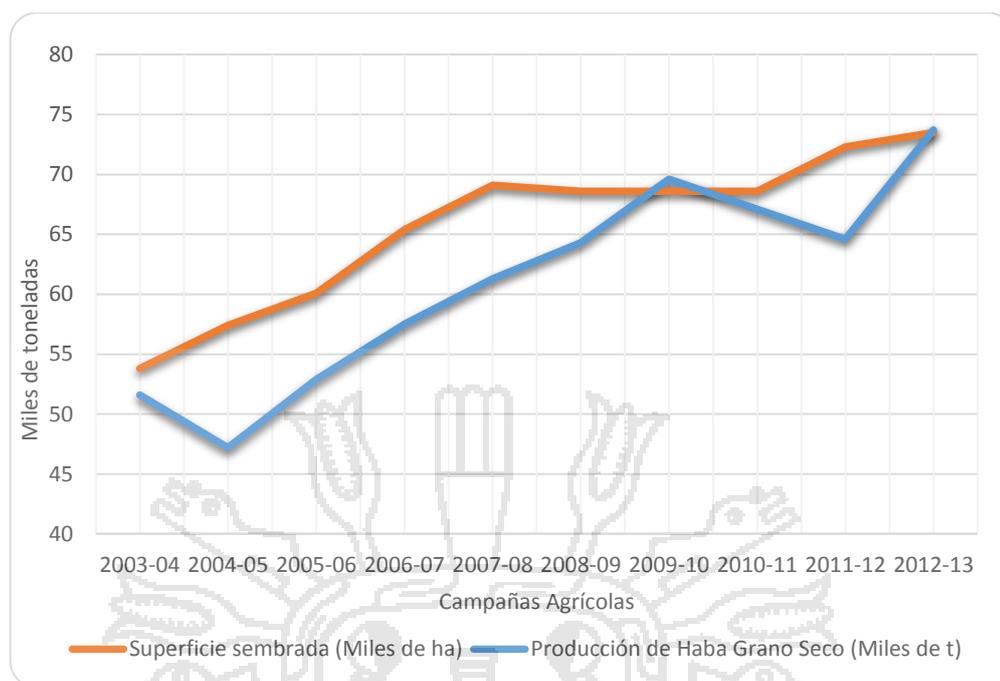


Figura 2. Dinámica de la producción de habas en el Perú; Años 2003-2012.

Como se refleja en la Figura 2, los Volúmenes de producción de Haba grano seco van en aumento desde la campaña agrícola 2004-2005 (47.2 mil toneladas) hasta la campaña agrícola 2009-2010 (69.6 mil toneladas) donde hubo mayor producción con menor superficie sembrada, además se nota un pequeño descenso de producción en las campañas agrícolas 2010-2011 (67.1 mil toneladas) y 2011-2012 (64.6 mil toneladas) con referencia a la campaña agrícola 2009-2010, probablemente por factores climáticos adversos durante esas épocas que impidieron la normal producción de haba grano seco, sin embargo en la campaña agrícola 2012-2013 la producción creció significativamente en 73.7 mil toneladas.

En la Figura 3, se muestra el rendimiento promedio de haba grano seco en toneladas por hectárea, en el año 2004 se tuvo el menor rendimiento de la última década; en general, el rendimiento promedio fue creciendo constantemente, mostrando su pico máximo de rendimiento en el año 2012.

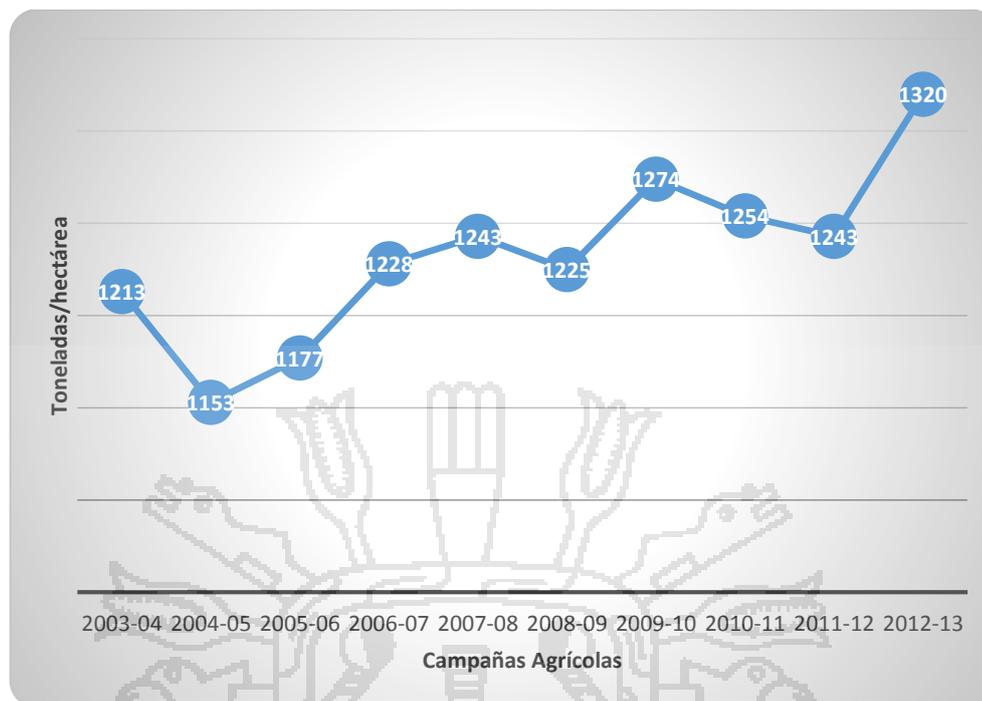


Figura 3. Rendimiento promedio de haba grano seco (t/ha) en el Perú;
Años: 2003-2012.

En la Tabla 5 se muestra la superficie sembrada, producción y rendimiento promedio de haba grano seco según Regiones en miles de hectáreas correspondientes a las campañas agrícolas 2011-2012 y 2012-2013; cabe indicar que las Regiones de San Martín, Tumbes, Loreto, Ucayali y Madre de Dios no poseen superficies sembradas de haba, muy por el contrario las Regiones con más producción de haba grano seco son: Cusco, Puno y Huancavelica con 20.301, 10.874 y 9.287 miles de toneladas respectivamente en el año 2012.

Tabla 5. Superficie sembrada, producción y rendimiento promedio de haba grano seco, según Regiones; Años: 2011-2012

DETALLES	Superficie sembrada de haba (miles de ha)		Producción de haba grano seco (miles de t)		Rendimiento promedio de haba grano seco (t/ha)	
	2011-12	2012-13	2011-12	2012-13	2011-12	2012-13
REGIÓN						
PUNO	10.164	10.139	10.472	10.874	1.124	1.178
CUSCO	12.925	13.105	16.992	20.301	1.509	1.687
PIURA	0.567	0.692	0.451	0.463	0.829	0.767
LAMBAYEQUE	0.803	0.568	0.272	0.259	0.697	0.621
LA LIBERTAD	5.215	5.179	5.407	6.275	1.159	1.251
CAJAMARCA	5.229	5.816	3.091	3.365	0.906	0.871
AMAZONAS	0.385	0.532	0.092	0.120	0.813	0.786
ANCASH	1.979	2.288	1.988	1.878	1.006	1.013
LIMA	1.016	1.117	0.433	0.255	1.324	1.433
ICA	0.086	0.083	-	-	-	-
HUÁNUCO	4.230	4.481	3.624	4.252	1.093	1.177
PASCO	1.030	1.351	0.989	0.803	1.450	1.286
JUNÍN	4.360	4.296	3.767	3.682	1.896	2.002
HUANCAVELICA	8.441	7.821	8.178	9.287	1.533	1.484
AREQUIPA	1.767	1.411	0.716	0.605	2.274	1.940
MOQUEGUA	0.294	0.249	0.214	0.226	1.232	1.185
TACNA	0.158	0.125	-	-	-	-
AYACUCHO	8.511	8.742	3.746	5.855	0.790	0.973
APURIMAC	5.102	5.420	4.214	5.198	1.219	1.431
SAN MARTÍN	-	-	-	-	-	-
TUMBES	-	-	-	-	-	-
LORETO	-	-	-	-	-	-
UCAYALI	-	-	-	-	-	-
MADRE DE DIOS	-	-	-	-	-	-
TOTAL	72.262	73.415	64.646	73.698	1.227	1.240

FUENTE: MINAGRI (2013).

Según la Tabla 5, referente al rendimiento promedio de haba grano seco, en el 2012 se tiene un valor promedio de 1.24 toneladas por hectárea a nivel nacional, siendo las Regiones de Junín, Arequipa, Cusco y Huancavelica las que poseen un rendimiento promedio alto de 2.002, 1.94, 1.687 y 1.484 toneladas por hectárea de haba respectivamente; opuestamente, las Regiones que poseen rendimientos promedios bajos

que no alcanzan la producción de una tonelada por hectárea de haba son: Lambayeque, Piura, Amazonas y Ayacucho.

Según la Figura 4, en la campaña agrícola 2012-2013, Cusco con un 18% (13.105 mil hectáreas) es la Región que más superficie sembrada posee, seguida por la Región Puno, con un 14% (10.139 mil hectáreas), en tercera y cuarta posición están respectivamente Ayacucho con 12% (8.742 mil hectáreas) y Huancavelica con 11% (7.821 mil hectáreas).

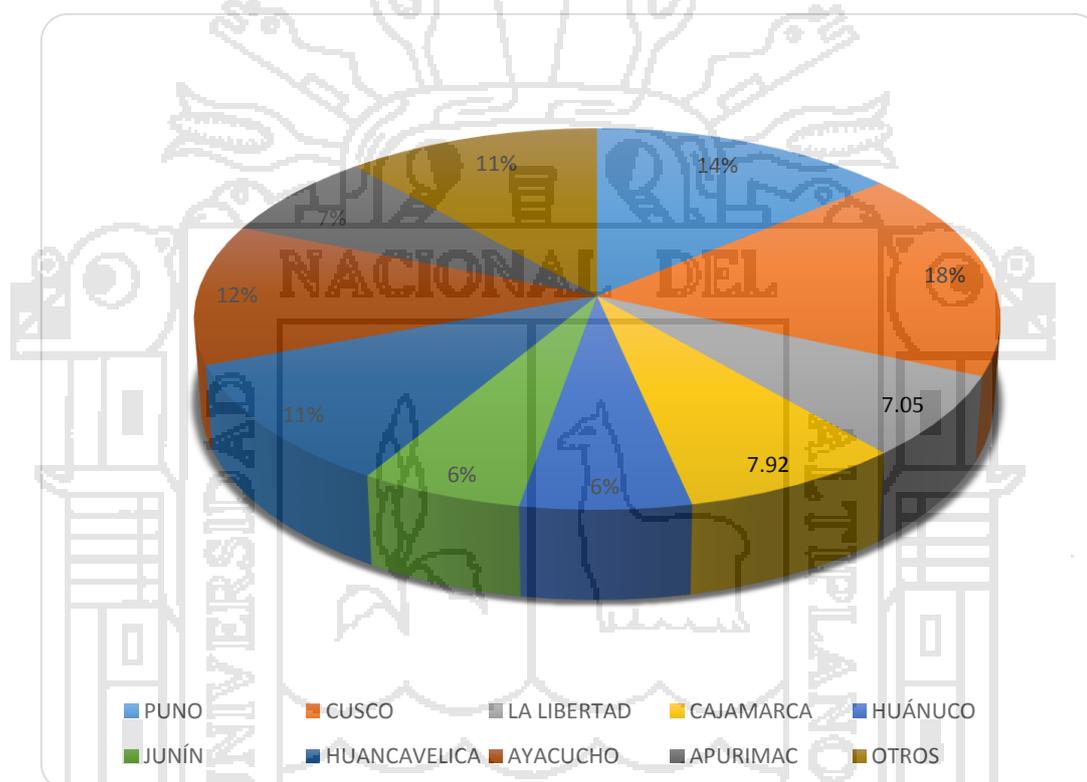


Figura 4. Superficie sembrada de grano de haba en el Perú en porcentaje, según Regiones (2012-2013).

2.5.1. Producción de haba (*Vicia faba* L.) en la Región Puno

La Región Puno es una de las Regiones con mayor producción de Habas secas y es que su producción es creciente año tras año. Según el MINAGRI (2013), existen gran cantidad de variedades de este producto en la Región Puno, siendo las más importantes las siguientes: Haba Gigante Jaspeado, Haba Gigante Rubio, Haba Jacha Chejje, Haba Gigante Oscuro, Haba Verde Anta, Haba Gigante Chaleco, Haba Jiphilla

Khoto, Haba Morado, Haba Wila Jawasa, Haba Gigante Mixto, Haba Uchucala Morado, Haba Uchucala Peruanito, Haba Chaleco Uchucala, Haba Chaleco Uchucala Blanco, Haba Uchucala Blanco, Haba Gigante Tahuaco y Haba Blanca Gigante Yunguyo, entre muchos otros.

A continuación se detalla la superficie sembrada de haba en cada una de las Provincias de la Región Puno.

Tabla 6. Superficie sembrada de grano de haba (ha), según Provincias de la Región Puno; Años: 2003-2012

CAMPAÑA AGRÍCOLA	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
PROVINCIA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
COLLAO	485	493	495	501	496	502	507	503	518	467
PUNO	676	764	759	888	1257	1212	1247	1373	1558	1443
AZANGARO	394	343	276	299	433	404	446	361	383	400
CARABAYA	312	385	403	442	491	498	507	511	528	462
CHUCUITO	1233	1255	1313	1333	1477	1402	1425	1444	1255	1211
HUANCANÉ	1690	1705	1430	1430	1880	1735	1645	1713	1788	1842
LAMPA	94	102	103	70	169	139	107	138	198	149
MELGAR	40	33	34	26	24	19	30	37	43	49
MOHO	294	408	413	425	438	415	397	427	419	439
SAN ANTONIO DE PUTINA	55	30	37	37	32	29	30	25	20	20
SAN ROMÁN	185	135	95	228	287	310	320	310	400	370
YUNGUYO	1965	2033	2100	2097	2107	2107	1389	2276	2233	2220
SANDIA	185	174	214	250	261	241	264	272	345	472

FUENTE: MINAGRI (2013).

La Tabla 6 muestra la superficie sembrada en hectáreas de haba grano seco, según Provincias de la Región Puno de diez campañas agrícolas, desde la campaña agrícola 2003-2004 hasta la campaña agrícola 2012-2013, notándose que la Provincia de Yunguyo en las diez campañas agrícolas posee mayor superficie sembrada de Haba, estando por encima de las demás Provincias.

De acuerdo a la Figura 5, la superficie sembrada por cada Provincia es relativamente constante; en la campaña agrícola 2012-2013 la Provincia de Yunguyo es la que posee mayor superficie sembrada de haba (2220 hectáreas), seguida por Huancané con 1842 hectáreas; Puno está con 1443 hectáreas y en cuarto lugar está la Provincia de Chucuito con

una superficie sembrada de 1211 hectáreas. Las Provincias que menos superficie sembrada poseen son: San Antonio de Putina, con tan solo 20 hectáreas y Melgar con 49 hectáreas.

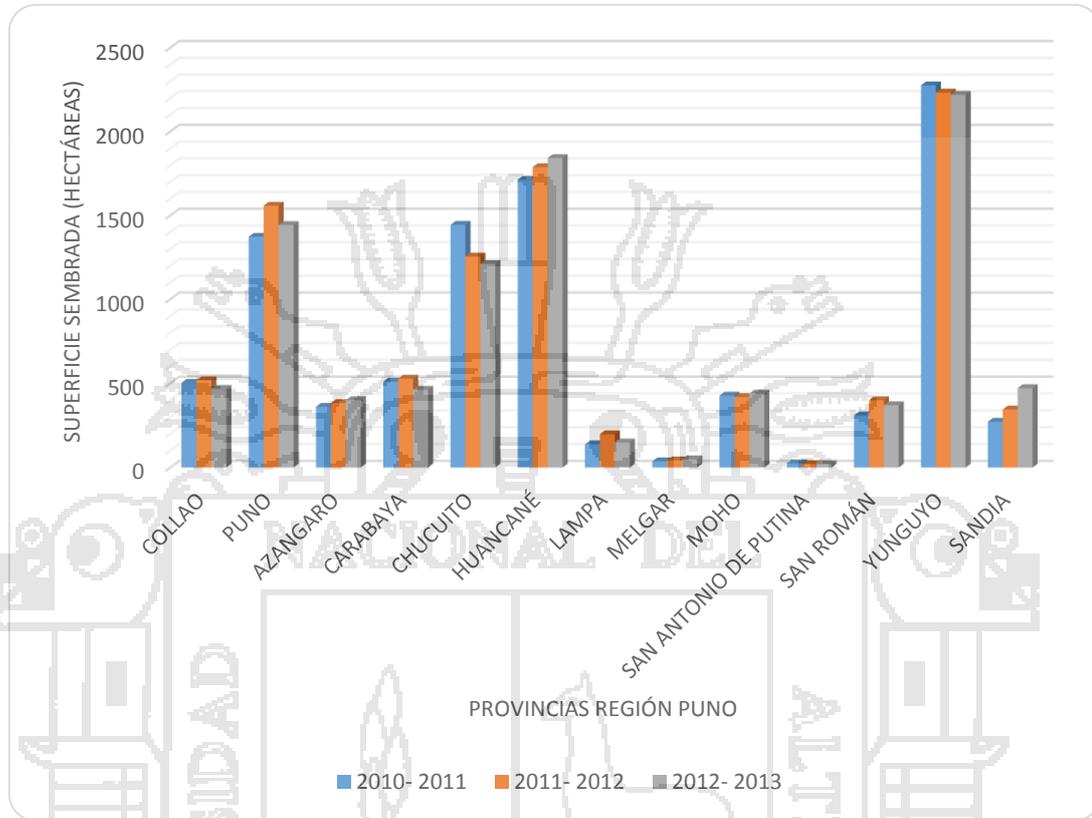


Figura 5. Superficie sembrada de grano de haba en la Región Puno, según Provincias; Años: 2010-2012.

En la Figura 6, se observa que en la campaña agrícola 2012-2013, la Provincia de Yunguyo posee un 23% de superficie sembrada de haba grano seco, Huancané posee un 19%, Puno 15% y la Provincia de Chucuito 13%.

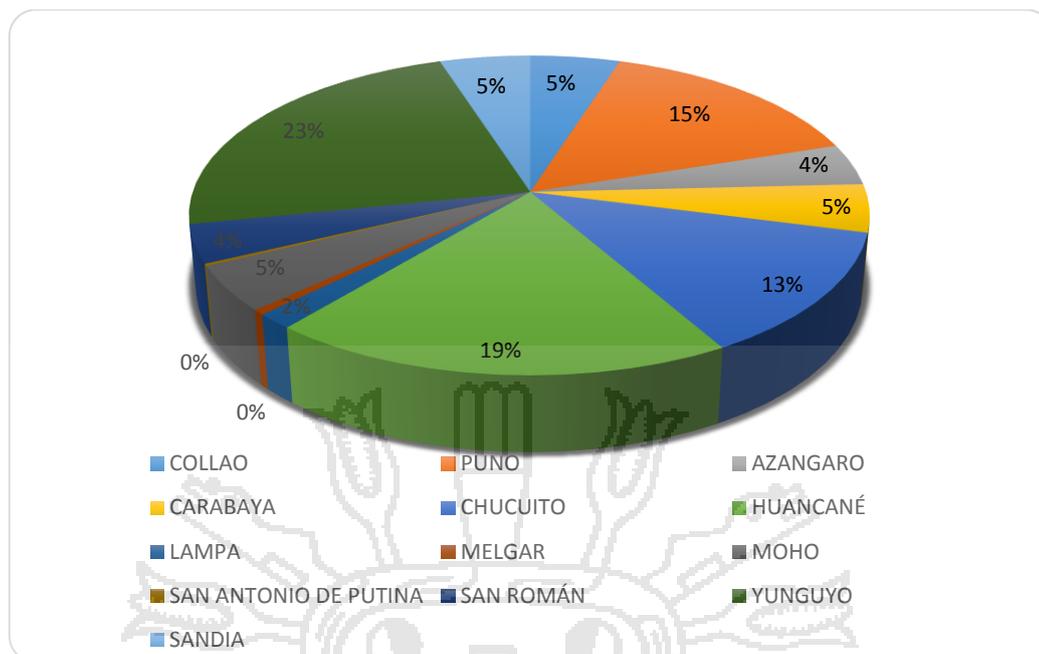


Figura 6. Superficie sembrada de grano de haba en porcentaje, según Provincias de la Región Puno; Año: 2012.

En la Tabla 7, se dan detalles de la Producción de Haba Grano Seco (en toneladas), según Provincias de la Región Puno de diez campañas agrícolas, desde la campaña agrícola 2003-2004 hasta la campaña agrícola 2012-2013; el cual considera como potencial productor de haba grano seco a la Provincia de Yunguyo, a continuación se tiene:

Tabla 7. Producción de haba grano seco (t), según Provincias de la Región Puno.

CAMPAÑA AGRÍCOLA	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013
PROVINCIA	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
COLLAO	488	544	473	511	476	495	502	442	453	399
PUNO	672	797	830	983	1229	1275	1417	1419	1620	1539
AZANGARO	415	385	332	374	305	472	425	357	354	397
CARABAYA	350	463	507	545	618	638	706	633	635	577
CHUCUITO	1465	1547	1842	1790	1856	1729	1896	1837	1657	2301
HUANCANÉ	1656	2088	1574	1697	1362	1971	1552	1803	1876	1983
LAMPA	104	120	118	80	160	152	113	146	207	151
MELGAR	46	43	42	33	13	20	32	46	56	61
MOHO	288	448	429	437	355	472	402	444	438	397
SAN ANTONIO DE PUTINA	67	37	43	41	36	32	30	28.5	25	24
SAN ROMÁN	160	460	811	376	194	384	397	395	304	392
YUNGUYO	2464	2652	2811	2968	2725	2667	3034	2566	2764	3049
SANDIA	238	221	263	347	348	336	372	379	486	653

FUENTE: MINAGRI (2013).

De la Tabla 7, la Provincia de Yunguyo tiene una producción creciente desde la campaña agrícola 2003-2004 hasta la campaña agrícola 2012-2013, siendo esta última campaña el pico de producción desde los últimos 10 años, con 3049 toneladas de haba grano seco, comparado con la producción de la campaña 2006-2007.

La Provincia de Chucuito con 2301 toneladas se ubica en el segundo lugar de producción de habas de grano seco, estando por encima de Huancané por 318 toneladas y por 762 toneladas de la Provincia de Puno; según se tiene en la campaña agrícola 2012-2013.

Por otro lado la Provincia de San Antonio de Putina solo posee una producción de 24 toneladas y Melgar 61 toneladas, siendo las dos Provincias que tienen menor producción de haba grano seco de la Región Puno.

En la Figura siguiente, se muestra la producción de haba grano seco de cada una de las Provincias de la Región Puno en tres campañas agrícolas 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013.

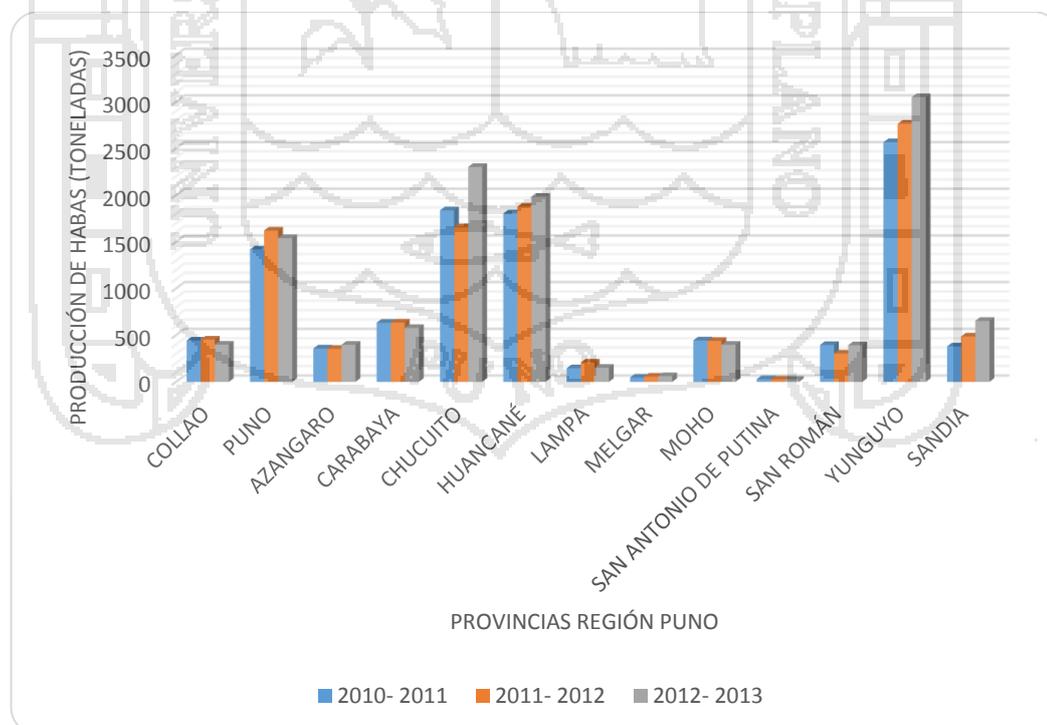


Figura 7. Producción de haba grano seco (t), según Provincias de la Región Puno; Años: 2010-2012.

En la Figura 7 se nota la alta producción de haba de la Provincia de Yunguyo en las tres últimas campañas agrícolas; la Provincia de Chucuito supera en producción a la Provincia de Huancané; sin embargo, en la campaña agrícola 2011-2012 la producción de Huancané fue mayor en relación a la producción de Chucuito.

La Figura 8 indica que el 26% de la producción de haba grano seco de la Región Puno en la campaña agrícola 2012-2013, es de Yunguyo; el 19% es de Chucuito, el 17% es de Huancané y el 13% de Puno. Las Provincias que tienen menor producción son Melgar, San Antonio de Putina, y Lampa con alrededor del 1%.

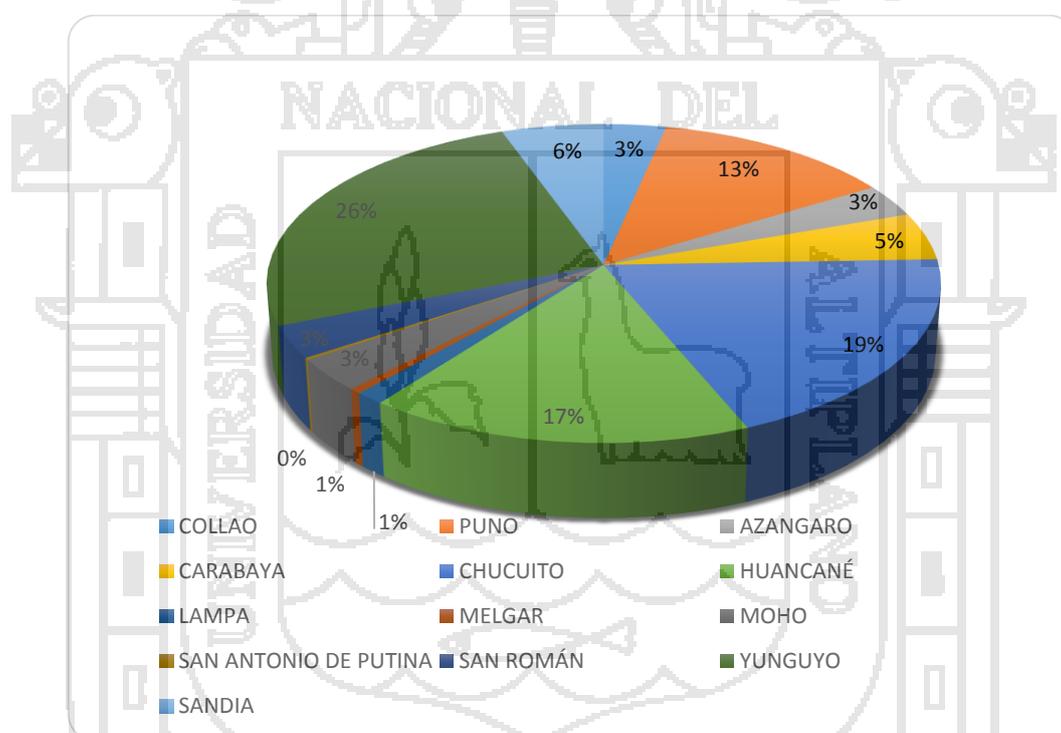


Figura 8. Producción porcentual de haba grano seco, según Provincias de la Región Puno; año 2012.

2.6. MARCO CONCEPTUAL

- **Experimento**

Es el planeamiento que nos lleva a la obtención de resultados sobre una o más características de una población o también a resultados que nos permitan comparar con otros resultados anteriores (Ibañez, 2009).

- **Tratamiento**

Es una característica cuyo efecto se quiere medir y comparar (Ibañez, 2009).

- **Diseño experimental**

Se llama diseño experimental a la distribución de los tratamientos en las unidades experimentales o viceversa, teniendo en cuenta ciertas restricciones en el azar, con fines específicos, que tiendan a disminuir el error experimental. Se efectúa esta distribución con el propósito de obtener la información que sea pertinente al problema bajo investigación de modo que una vez hecho el análisis de resultados, se obtenga a conclusiones válidas (Ibañez, 2009).

- **Experimentos factoriales**

Los Experimentos Factoriales son arreglos de tratamientos que permiten aplicar de una sola vez una serie de estímulos o tratamientos que consideramos que intervengan en la respuesta dada por una unidad experimental. Los Experimentos Factoriales no constituyen un diseño en sí, sino que debe arreglarse a cualesquiera de los diseños conocidos como: diseño completamente al azar, diseño bloques completos, cuadrados latino, etc.

Algunas ventajas de los experimentos factoriales son:

- Permite estudiar los efectos principales, efectos simples así como de los efectos de la interacción.
- Todas las unidades experimentales intervienen en la determinación de los efectos principales, efectos simples y de la interacción.
- Permite ganar mayor precisión en el experimento (Ibañez, 2009).

- **Índice de ureasa**

Método utilizado para medir la intensidad del calentamiento; la enzima ureasa es muy abundante en la soya cruda, produce amoníaco a partir de la urea y se desnaturaliza mediante tratamiento térmico, lo que

trae consigo la pérdida de su actividad. El análisis se basa en los cambios de pH que resultan de la formación de amoníaco cuando la harina se incuba con una solución de urea (Badui, 2006).

- **Solubilidad proteica**

Es la manifestación termodinámica del equilibrio entre las interacciones de proteína-proteína y proteína-disolvente. Las interacciones que influyen de forma más destacada en las características de solubilidad de las proteínas son las hidrofóbicas e iónicas. Las interacciones hidrofóbicas promueven la asociación proteína-proteína y disminuyen la solubilidad, en tanto que las iónicas promueven las interacciones proteína-agua y aumentan la solubilidad (Fennema, 2000).

- **Temperatura**

Es una medida del nivel energético de los cuerpos. Es el grado de calor en los cuerpos. Las escalas de temperatura se establecen asignando un valor a ciertas temperaturas que se pueden reproducir fácilmente como es el punto de congelación y el punto de vaporización del agua. Se usan por lo general dos escalas, la de Fahrenheit y la Celsius (Alcázar, 2002).

- **Tostado**

Proceso aplicado a cereales, cacao, café, etc., que consiste en calentar los granos en seco a temperaturas entre 135 a 180°C por periodos de tiempo que varían entre 20 a 30 minutos, hasta que los granos presenten una apariencia caramelizada y un aroma a tostado. El tostado mejora el aroma y el sabor del alimento, mediante la dextrinización del almidón. Mejora también la digestibilidad. Además, destruye los microorganismos e insectos y reduce la actividad enzimática, con lo cual se mejoran las propiedades de conservación (Alcázar, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Región Puno, durante los meses de marzo del 2014 a mayo del 2014.

- La parte experimental de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Empresa “Cereales del Perú E.I.R.Ltda.”, ubicada en la ciudad de Juliaca-Puno-Perú.

- Los análisis y evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno – Perú.

3.2. MATERIA PRIMA

Se trabajó con grano de haba seco de la localidad de Yunguyo, Puno, Perú; de la variedad INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo; adquirida del Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno.

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. Materiales de laboratorio

- Matraz Kitasato (Pírex) de 250 mL.
- Tubos de ensayo (Pírex), provistos de tapón de caucho.
- Gradillas porta tubos de ensayo.
- Pipeta de 1 mL (Pírex).
- Pipeta de 10 mL (Pírex).
- Frascos de Erlenmeyer (Pírex) de 250 mL.
- Probeta de 100 mL (Pírex).
- Fiola de 50 mL (Pírex).
- Envases de vidrio diversos PIREX.
- Bandejas de plástico diversos.
- Balones Kjeldahl (Pírex) de 250 mL.

- Tamiz de abertura de 425 μm .
- Cápsulas de porcelana de 50 mL.
- Desecador.
- Mechero de alcohol.
- Papel filtro WATMAN N° 2, y de filtrado rápido.
- Frascos de Erlenmeyer (Pírex) de 500 mL.
- Crisoles de porcelana de 50 mL.
- Papel de tornasol rojo y azul.

3.3.2. Equipos

- Cámara fotográfica digital marca SONY.
- Cronómetro digital marca LG.
- Estufa al vacío marca BINDER.
- Balanza analítica electrónica marca ACCULAB SARTORIUS sensible al 0.0001 g.
- Agitador electrónico marca OVAN.
- Centrífuga marca JANETZKI, modelo T23.
- Cocina eléctrica.
- Aparato de digestión y destilación Kjeldhal – TEKATUR modelo Pro-Nitro M.
- Baño de agua, con regulador de temperatura ajustado a $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Potenciómetro marca METTLER TOLEDO.
- Aparato de extracción Soxhlet marca LABRO-HEATER.
- Aparato para digestión que comprende calentadores individuales controlados y condensadores enfriados.
- Equipo para titulación.
- Selladora marca MACHINTEK.
- Mufla marca THERMO SCIENTIFIC.
- Molino de granos mecánico marca CORONA.
- Tostadora de esfera rotatoria, cuyas características son:
 - Fabricado en hierro fundido.

- Estructura metálica de ángulo 2" x 3/16".
- Motor de 2 HP, sistema trifásico, marca WEG de fabricación brasilera.
- Sistema reductor de velocidad.
- Sistema transmisor de velocidad.
- Sistema regulador de velocidad.
- Termocupla.
- Pirómetro digital marca STRONGER, modelo SG-771, clase 1.0, rango 0-399°C.
- Sistema a gas compuesto de boquilla, válvula, manguera, regulador de salida de gas, dos sopletes.

3.3.3. Reactivos

- Hidróxido de Potasio (KOH) al 0.2%.
- Ácido Sulfúrico (H₂SO₄) concentrado.
- Catalizador (sulfato de potasio, sulfato de cobre y selenito de sodio)
- Ácido bórico (H₃BO₄) al 4%.
- Solución indicador de pH (rojo de metilo y verde de bromo cresol).
- Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 40%.
- Ácido clorhídrico (HCl) en solución 0.051N.
- Fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄, grado AR).
- Fosfato dibásico de potasio (K₂HPO₄, grado AR).
- Urea (CO(NH₂)₂, grado AR), reactivo para análisis.
- Solvente orgánico (éter dietílico – hexano).
- Solución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 1.25%.
- Solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 1.25%.
- Etanol (C₂H₆O) al 95%.

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La metodología utilizada durante el proceso de investigación fue de tipo experimental cuyos procesos se detallan a continuación.

3.4.1. Proceso de tratamiento térmico del haba

La haba fue sometida a tratamiento térmico según se muestra en el Diagrama de Flujo de la Figura 9, la descripción y detalles de las operaciones unitarias son las siguientes:

A. Diagrama de Flujo:

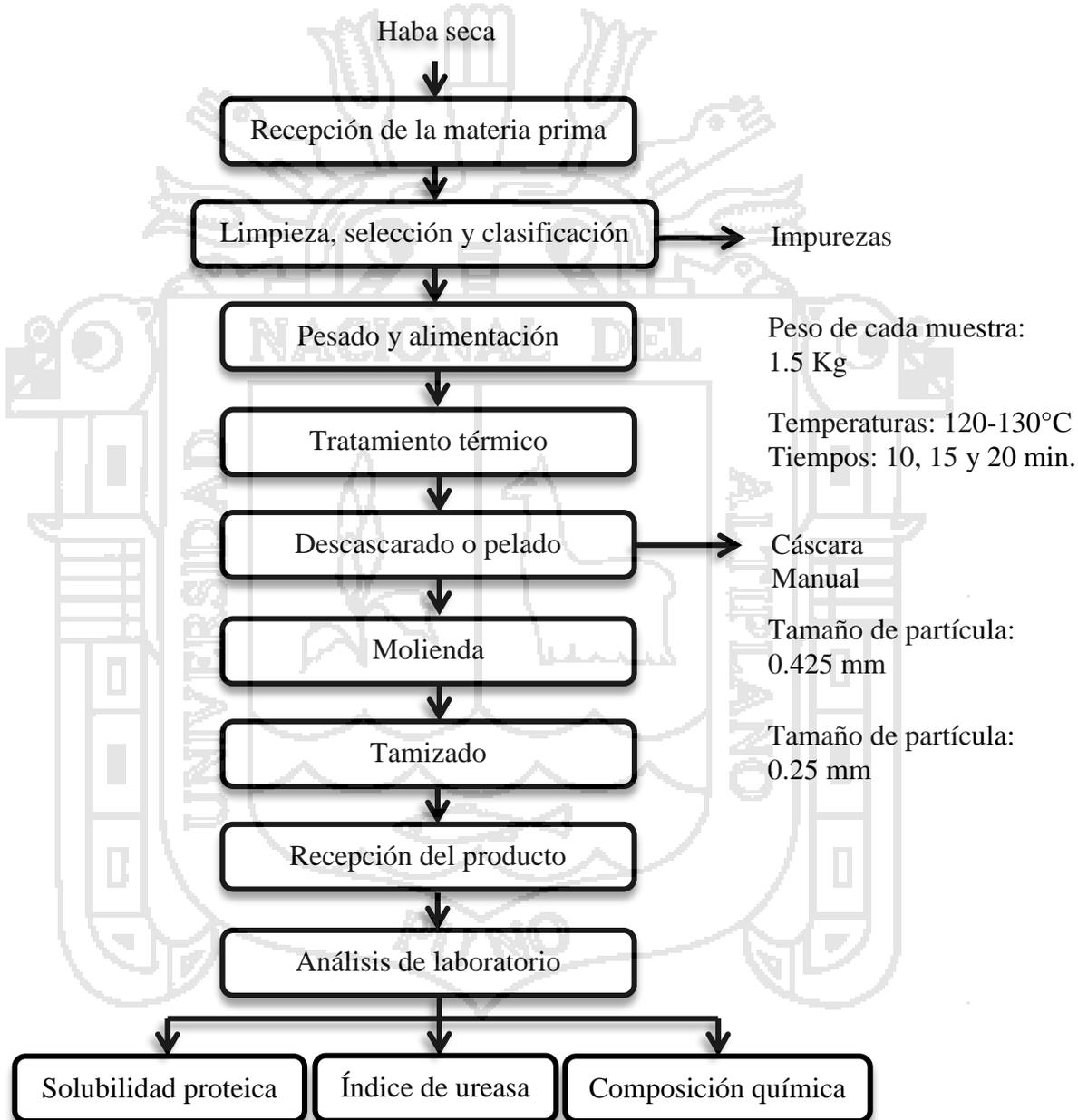


Figura 9. Diagrama de Flujo del Proceso de Tratamiento Térmico.

B. Descripción del Diagrama de Flujo:

- **Materia prima**

La materia prima para llevar a cabo el experimento fue grano seco de haba (*Vicia faba* L.) de la variedad INIA 423 Blanca Gigante Yunguyo, adquirida del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Puno.

- **Recepción de la materia prima**

Los granos de habas fueron recepcionados en bolsas plásticas con cierre hermético, para que garanticen y minimicen al máximo la contaminación proveniente del entorno y/o cualquier otra variación física del producto.

- **Limpieza, selección y clasificación**

Los granos secos de habas fueron seleccionados cuidadosamente de agentes extraños ajenos a la materia prima, teniendo en consideración la separación de aquellos granos que a la vista muestren deterioro, imperfecciones, granos que hayan sido carcomidos por insectos u otros, granos con malos olores, y todo aquel grano no apto para el consumo humano.

- **Pesado y alimentación**

Los granos secos seleccionados y clasificados fueron pesados en la balanza analítica en 1.5 Kg por cada muestra en envases de polietileno herméticamente sellados y rotulados, para posteriormente ser alimentados a la máquina tostadora para su tratamiento térmico.

- **Tratamiento térmico**

La muestra de habas son sometidas a tostado a temperaturas de 120 y 130 °C, durante periodos de tiempos de 10, 15 y 20 minutos; son seis tratamientos a dos diferentes temperaturas con tres periodos de tiempo.

- **Descascarado o pelado**

Posterior al tostado de las habas, para fines del presente trabajo de investigación la cáscara o testa del grano de haba fue quitada manualmente.

- **Molienda**

Posterior a la etapa de descascarado, los granos de habas fueron molidos en un molino de granos hasta a un tamaño de partícula de 0.425 mm (malla N° 40), tamaño de partícula requerido para el análisis de solubilidad proteica del haba en KOH al 0.2%, según el método descrito por Arabe y Dale (1990).

- **Tamizado**

Para obtener un producto homogenizado de tamaño de partícula de 0.25 mm, se procedió al tamizado de la harina de haba utilizando la malla N° 60, tal tamaño de partícula es requerido para el análisis de índice de ureasa del haba según el método AOAC (1980a).

- **Recepción del producto**

La harina obtenida fue recepcionada en envases de polietileno herméticamente sellados, cada una de las muestras con su respectivo rótulo para su posterior análisis.

- **Análisis de Índice de Ureasa**

La harina de haba tostada fue sometida al análisis de Índice de Ureasa de acuerdo a los parámetros de análisis establecidos por la AOAC (1980a).

- **Análisis de Solubilidad Proteica**

La harina de habas tostada fue sometida al análisis de Solubilidad Proteica, siguiendo el método reportado por Araba y Dale (1990).

- **Análisis proximal**

El análisis proximal se realizó antes y después del tratamiento térmico, considerando: Humedad (%); por el método Gravimétrico por diferencia de extracto seco, según método AOAC (1990); proteína (%), según el método Micro Kjeldahl (AOAC, 1990); grasa (%), por extracción por solvente en caliente – Soxhlet (AOAC, 1990); fibra cruda por digestión ácida y alcalina (AOAC, 1990); carbohidrato (%), por diferencia (AOAC, 1990).

3.5. VARIABLES DE ESTUDIO Y RESPUESTA

3.5.1. Variables en función de factores

<u>VARIABLE</u>	<u>FACTORES</u>
Temperatura	A
Tiempo	B

3.5.2. Factores en función de niveles

<u>FACTORES</u>	<u>NIVELES</u>
A	120 °C – 130 °C
B	10 - 15 - 20 minutos

3.5.3. Variables de respuesta

- Solubilidad Proteica.
- Índice de Ureasa (IU).
- Composición química.

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.6.1. Para determinar el efecto del tratamiento térmico en la solubilidad proteica del haba (*Vicia faba* L.)

3.6.1.1. Solubilidad proteica

Se utilizó la prueba de solubilidad de la proteína en KOH al 0.2% como método directo para evaluar el grado de sobre procesamiento y sub procesamiento, debido a que el calentamiento disminuye la solubilidad de la proteína (Araba y Dale, 1990).

Se determinó de acuerdo al método reportado por Araba y Dale (1990), el test se basa en determinar la solubilidad proteica del haba en una disolución de KOH, siendo el rango adecuado entre el 73 y el 85%; disminuyendo ésta como resultado del proceso de calentamiento, el procedimiento de análisis se detalla en el Anexo 1.

3.6.2. Para determinar el efecto del tratamiento térmico en el índice de ureasa del haba (*Vicia faba* L.)

3.6.2.1. Índice de ureasa

Se utilizó la prueba de la ureasa como método indirecto para evaluar el grado de subprocesamiento debido a que los inhibidores de tripsina y las lecitinas desnaturalizan ante el calor en una tasa similar a la de la ureasa (Araba y Dale, 1990).

Se determinó de acuerdo al método descrito por la AOAC (1980a), método estándar de análisis que se basa en los cambios de pH que resultan de la formación de amoníaco cuando la harina se incubaba con una solución de úrea, el procedimiento de análisis se detalla en el Anexo 2.

3.6.3. Para determinar el efecto del tratamiento térmico en la composición química del haba (*Vicia faba* L.)

3.6.3.1. Composición química

Se utilizaron las pruebas recomendadas por la AOAC (1990) como método directo para determinar las características químicas del haba.

Se determinó la composición química del haba cruda y haba tostada, en éste último se consideraron para los análisis las habas tostadas que presentaron mejores parámetros de solubilidad proteica e índice de ureasa, tales como el tratamiento a 120°C durante 20 minutos y el tratamiento a 130°C durante 15 minutos. Los procedimientos de análisis se detallan en el Anexo 3.

- Ceniza (%); por calcinación, según método AOAC (1990).
- Humedad (%); por el método Gravimétrico por diferencia de extracto seco, según método AOAC (1990).
- Proteína (%); según el método Micro Kjeldahl (AOAC, 1990)
- Grasa (%); por extracción por solvente en caliente – Soxhlet (AOAC, 1990).
- Fibra cruda (%); por digestión ácida y alcalina (AOAC, 1990).
- Carbohidrato (%), por diferencia (AOAC, 1990).

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las evaluaciones de los parámetros se condujeron bajo los principios estadísticos de repetición, aleatorización, independencia de muestras y supuestos de homogeneidad y varianza.

3.7.1. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en la solubilidad proteica del haba (*Vicia faba* L.)

Se evaluó la solubilidad proteica como variable de respuesta del haba tostado a diferentes niveles de tiempo y temperatura, se condujo mediante el Diseño Completamente (DCA) con arreglo factorial (2A X 3B)

con tres repeticiones por cada tratamiento, donde los niveles para el factor A (TEMPERATURA) son dos: 120 y 130°C y los niveles para el factor B (TIEMPO) son tres: 10, 15 y 20 minutos, sujeto a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Además, se realizaron pruebas de significancia múltiple de Tuckey ($P<0.05$) para hacer comparaciones combinadas a cada variable.

Modelo:
$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel del factor B, sujeto al i-ésimo nivel del factor A.

μ = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

3.7.2. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en el índice de ureasa del haba (*Vicia faba* L.)

Se evaluó el índice de ureasa como variable de respuesta del haba tostado a diferentes niveles de tiempo y temperatura, se condujo mediante el Diseño Completamente (DCA) con arreglo factorial (2A X 3B) con tres repeticiones por cada tratamiento, donde los niveles para el factor A (TEMPERATURA) son dos: 120 y 130°C y los niveles para el factor B (TIEMPO) son tres: 10, 15 y 20 minutos, sujeto a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Además, se realizaron pruebas de significancia múltiple de Tuckey ($P<0.05$) para hacer comparaciones combinadas a cada variable.

Modelo:
$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta de la k-ésima observación bajo el j-ésimo nivel del factor B, sujeto al i-ésimo nivel del factor A.

μ = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones.

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

β_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B.

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

3.7.3. Para evaluar el efecto del tratamiento térmico en la composición química del haba (*Vicia faba* L.)

Se evaluó la composición química del haba tostado que presentó mejores parámetros de solubilidad proteica e índice de ureasa, así como el tratamiento a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 minutos, se utilizó como muestra control el haba crudo; se condujo mediante el Diseño Completamente (DCA) con tres tratamientos (haba sin tostar, haba tostada a 120°C durante 20 minutos y haba tostada a 130°C durante 15 minutos) y tres repeticiones, sujeto a un nivel de significancia de $\alpha=0.05$. Además, se realizaron pruebas de significancia múltiple de Tuckey ($P<0.05$) para hacer comparaciones combinadas a cada variable.

Modelo: $Y_{ij} = \mu + \text{tratamiento}_i + \epsilon_{ij}$

Dónde:

Y_{ij} = Es la ij-ésima observación.

μ = Media general del experimento.

tratamiento_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN EL HABA (*Vicia faba* L.)

4.1.1. Efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba (*Vicia faba* L.)

En la Figura 10, se muestra la representación gráfica de los resultados promedio (Anexo 6) del efecto en la solubilidad proteica de muestras de haba cruda y haba sometido a temperaturas de 120 y 130°C durante periodos de tiempo de 10, 15 y 20 minutos, los resultados promedio fueron obtenidos a partir de los datos recopilados durante el proceso de evaluación (Anexo 4).

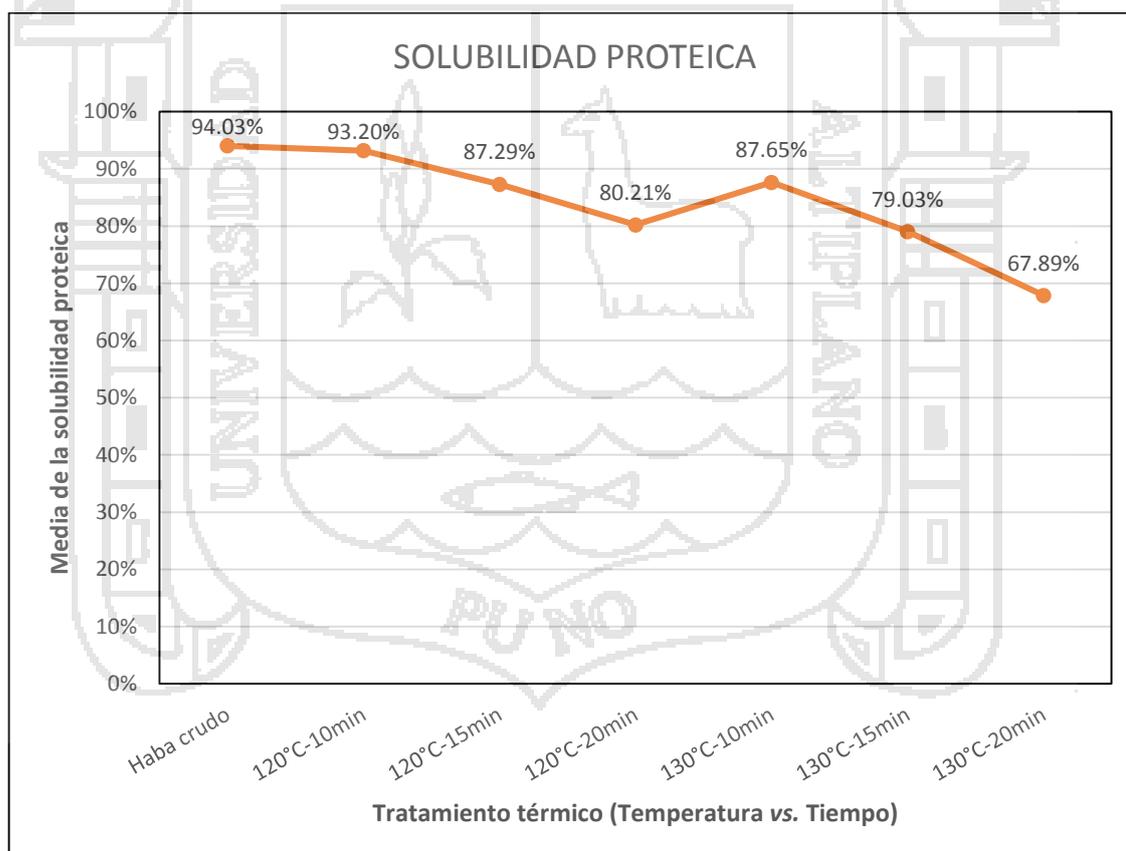


Figura 10. Efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba.

Según la Figura 10, se observa una disminución gradual de la solubilidad proteica casi lineal conforme se incrementa el tiempo y temperatura de tratamiento térmico. La solubilidad proteica del haba crudo, descascarado y molido alcanzó un valor de 94.03%, valor que es superior en comparación con la solubilidad proteica del haba tostado, según informan Căpriță *et al.*, (2010) la solubilidad de la proteína de soja en solución de hidróxido de potasio al 0.2% está inversamente relacionada con el grado de tratamiento térmico, la solubilidad de la proteína de la harina de soya cruda se acerca al 100%, mientras que las que han sido calentadas a un color marrón oscuro la solubilidad proteica puede tener un valor tan bajo como el 30 o el 40%, en esta investigación en la que sometieron a la soya a tratamiento térmico en horno a 120°C obtuvieron 89.65% de solubilidad proteica en el grano crudo, 87% después de 10 minutos de tratamiento térmico, 72.20% en 20 minutos y finalmente 65.20% de solubilidad proteica en 30 minutos de tratamiento térmico. Dale (1988) indica que la solubilidad de la proteína en KOH al 0.2% a partir del haba de soja cruda es prácticamente del 100%, a medida que es procesada con calor la solubilidad de la proteína disminuye, en su investigación, la solubilidad proteica disminuyó a medida que aumentó el tiempo en el autoclave, reportando niveles de 99.2% de solubilidad proteica en soya cruda, 83.2% después del tratamiento térmico durante 15 minutos, 58.5% con 30 minutos de tratamiento y finalmente alcanzó una solubilidad del 38% después de 60 minutos de procesamiento. Por otro lado, en la investigación realizada por Monteiro *et al.*, (2010), donde sometieron a un proceso de tostado en un horno convencional semillas de la leguminosa tarwi o lupino (*Lupinus albus*), encontraron que la solubilidad proteica en KOH al 0.2% del lupino crudo fue de $79.46 \pm 1.55\%$ y posterior al tratamiento térmico a 150°C por 30 minutos la solubilidad proteica disminuyó a $75.83 \pm 0.95\%$, según hacen referencia, la solubilidad de las proteínas está en función de muchas variables que incluyen: tipo de proteína, temperatura, tiempo de extracción, pH y fuerza iónica entre otros. Al parecer tales diferencias en el contenido de solubilidad proteica obtenido en el haba crudo y las demás leguminosas

puede deberse principalmente al tipo de aminoácidos que posee cada leguminosa, según refiere Badui (2006), la solubilidad de una proteína depende del tipo de aminoácidos que contenga, de tal manera que aquella que posea muchos residuos hidrófobos será menos soluble en agua que la constituida por un elevado número de grupos hidrofílicos.

Al respecto Maya (2009), refiere que las leguminosas contienen más aminoácidos ácidos que básicos (como la mayoría de las proteínas), por eso sus puntos isoeléctricos se encuentran, por lo general, en el rango de pH ácido, siendo en consecuencia, su solubilidad mayor en el lado alcalino. Según manifiesta Osborne (1924), citado por Cubero y Moreno (1983), en el haba (*Vicia faba* L.) el 80% son albúminas y globulinas, 15% son glutelinas y menos del 5% prolaminas, además, según Badui (2006), la solubilidad de la proteína será mayor cuanto menor sea la hidrofobicidad promedio y mayor la frecuencia de carga, las albúminas se solubilizan a pH 6.6, las globulinas a pH 7.0, las glutelinas en soluciones ácidas (pH 2) y alcalinas (pH 12), a estos niveles de pH el punto isoeléctrico de las proteínas presentan una solubilidad mínima debido a que la carga eléctrica neta de los polímeros es cero y en ese caso las interacciones proteína-proteína se favorecen en mayor grado que las proteína-solvente, lo cual induce a que ocurra la máxima precipitación proteica, muchas de las proteínas de las leguminosas son altamente solubles a pH alcalino (8-9). Según Daroch (2002), las globulinas son normalmente solubles en buffer con un pH cercano a 4.00, la solubilidad aumenta cuando aumenta el pH, es decir, a pH 10 sobre el 90% de la proteína del haba es soluble. Para propósitos del presente trabajo, se determinó la solubilidad proteica del haba en hidróxido de potasio al 0.2%, este es un medio alcalino que posibilitó obtener un valor de solubilidad proteica del haba crudo elevado por encima del 90%, debido probablemente a que este producto contiene en mayor cantidad albúminas y globulinas que solubilizan a pH 6.6 y 7.0 respectivamente, al utilizar una solución alcalina (KOH) se pudo comprobar que la solubilidad proteica del haba es elevada (94.3%).

Tabla 8. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Temperatura	1	341.21	341.21	800.68	<.0001 **
Tiempo	2	807.66	403.83	947.61	<.0001 **
Temperatura*Tiempo	2	34.87	17.43	40.91	<.0001 **
Error	12	5.11	0.43		
Total	17	1188.85			

La Tabla 8, muestra el efecto del tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba, se observa que la temperatura de tratamiento térmico tiene una influencia altamente significativa ($P < 0.0001$) entre las muestras tratadas a 120 y 130°C sobre la solubilidad proteica; del mismo modo se nota que el tiempo de tratamiento térmico es altamente significativo ($P < 0.0001$) sobre la solubilidad proteica del haba tostado durante 10, 15 y 20 minutos; de igual manera la interacción tiempo y temperatura de tratamiento térmico tuvo una influencia altamente significativa ($P < 0.0001$) respecto a la solubilidad proteica del haba. Según hace referencia Monteiro (2010), a medida que el grano de leguminosa es sometido al proceso térmico, la solubilidad proteica tiende a disminuir, asimismo, la reducción de la solubilidad proteica depende básicamente del proceso térmico y de las condiciones operacionales utilizados, como tiempo y temperatura.

En la Tabla 9, se da a conocer el análisis del efecto de la interacción temperatura y tiempo de tratamiento térmico mediante la prueba de análisis de medias de Tuckey ($P < 0.05$) sobre la solubilidad proteica del haba crudo y tostado.

Tabla 9. Prueba de Tuckey para el efecto de la interacción Temperatura*Tiempo de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.

Temperatura*Tiempo (°C vs. minutos)	Media	Número de observaciones	Tuckey (P≤0.05)
Sin tratamiento	94.03	3	A
120*10	93.20	3	A
130*10	87.65	3	B
120*15	87.29	3	B
120*20	80.21	3	C
130*15	79.03	3	C
130*20	67.89	3	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Según se observa en la Tabla 9, la solubilidad proteica del haba antes del tratamiento térmico fue de 94.03%; con el tratamiento térmico, dicha solubilidad se redujo significativamente ($P < 0.05$) a medida que se incrementó el tiempo y la temperatura de tostado, pasando de 94.03 a 67.89%, solubilidad más baja, obtenido a 130°C por 20 minutos. El tratamiento que menos afectó la solubilidad proteica fue a 120°C por 10 minutos (93.20%), no mostrando diferencia significativa con la solubilidad proteica del haba crudo (94.03%). Según el análisis de la Tabla 9, la solubilidad proteica del haba crudo es significativo ($P < 0.05$) respecto a la solubilidad proteica de las habas tratadas térmicamente a excepción del haba tostado a 120°C durante 10 minutos; asimismo la solubilidad proteica del haba tostado a 120°C durante 10 minutos es significativo ($P < 0.05$) respecto a las solubilidades proteicas de los demás tratamientos; los tratamientos a 130°C por 10 minutos (87.65%) y 120°C por 15 minutos (87.29%), no presentaron diferencia significativa entre sí, sin embargo, en comparación con el haba crudo, existió diferencia significativa ($P < 0.05$), mismo efecto ocurre con los tratamientos a 120°C por 20 minutos y 130°C por 15 minutos, donde no se evidencia diferencia significativa entre ellos, pero sí, con referencia al haba crudo ($P < 0.05$); no obstante, la solubilidad proteica del tratamiento a 130°C por 20 minutos

(67.89%), mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Efecto similar ocurrió en la investigación reportada por Rojas y Villanueva (2006), cuando extruyeron el frijol (*Phaseolus vulgaris*) a 100°C , observando que los valores de solubilidad proteica variaron en un rango de 24.8 a 34.6% y a una extrusión a 140°C , los valores de solubilidad proteica variaron de 26.1 a 38.4%. Además según el estudio realizado a la soya en un proceso de tratamiento térmico en autoclave a diferentes niveles de tiempo realizado por Batal *et al.*, (2000), mostraron resultados decrecientes para la solubilidad proteica en KOH al 0.2%, 97% para la soya sin tratamiento; 93% para el tratamiento durante 6 y 12 minutos; 92% para el tratamiento durante 18 minutos; 81% para el tratamiento durante 24 y 30 minutos y 78% durante 36 minutos, concluyeron según estos resultados, que la solubilidad proteica en KOH es un mejor indicador de excesivo procesamiento que del sub procesamiento de la soya. Tal descenso hallado en la solubilidad del grano de haba, posiblemente puede deberse a la desnaturalización proteica por efecto de la aplicación de calor, causando desplegamiento de las proteínas. Según afirman Monteiro *et al.*, (2010), en los últimos años la solubilidad proteica fue reconocida como uno de los mejores métodos para evaluar el sub o sobre procesamiento en la soya, la disminución de la solubilidad en función del tratamiento térmico ocurre debido al efecto de la temperatura en las bandas no covalentes (enlaces de hidrógeno, electrostáticas e hidrofóbicas) que participan en la estabilidad de las estructuras secundarias y terciarias de la proteína, causando que los grupos hidrofóbicos interactúen y reduzcan la asociación con el agua.

Los resultados expuestos en la Tabla 9, varían entre 67.89 a 93.20% de solubilidad proteica dependiendo de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico al que fue sometido el haba, por lo que es necesario conocer cual o cuales de los tratamientos térmicos aplicados fueron los mejores, según indican Căpriță *et al.*, (2010), un calentamiento suave (alrededor de 90°C) mejora el valor nutricional de las leguminosas mediante la desnaturalización de las proteínas, expone nuevos sitios para

la hidrólisis enzimática, así como inactiva factores antinutricionales termolábiles como los inhibidores de tripsina y lectinas, un calentamiento excesivo reduce la disponibilidad de lisina (a través de la reacción de Maillard) y posiblemente, en menor medida, de otros aminoácidos. Al respecto Araba y Dale (1990), mencionan que un adecuado procesamiento de la soya, debe tener una solubilidad entre 73 y 85%, por encima de 85% se considera subprocesamiento y por debajo de 73% es considerado sobre o excesivo procesamiento, además según estima Gorrachategui (2010), una disminución del 20 al 30% de la proteína soluble es un indicador de un tratamiento moderado. Con base en estos criterios, podemos afirmar que los tratamientos de tostado de habas a 120°C por 10 y 15 minutos y 130°C por 10 minutos fueron insuficientes, ya que mostraron valores de solubilidad proteica de 93.2; 87.29 y 87.65% respectivamente; el tratamiento térmico en habas a 130°C durante 20 minutos mostró 67.89%, considerándose el proceso como excesivo, es decir, el producto estuvo excesivamente procesado o sobre procesado; sin embargo, se consideró que los mejores resultados de solubilidad proteica se obtuvieron con los tratamientos térmicos en habas a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 minutos, con valores de 80.21 y 79.03% respectivamente, por ende estos procesos térmicos fueron óptimos por estar dentro de los parámetros antes señalados, pudiéndose afirmar que con tales tratamientos, se inactivó factores antinutricionales termolábiles presentes naturalmente y se mejoró el valor nutricional del haba.

Tabla 10. Prueba de Tuckey para el efecto de las Temperaturas de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.

Temperatura (°C)	Media	Número de observaciones	Tuckey (P≤0.05)
120	86.90	9	A
130	78.19	9	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 10, se muestra el efecto de la temperatura de tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos con distintos niveles de temperatura, evidenciando que la temperatura influye significativamente en la solubilidad proteica del haba. Los resultados hallados sobre la solubilidad proteica del haba muestran niveles decrecientes conforme se incrementó la temperatura de tratamiento térmico, según Badui (2006), el aumento de la energía térmica causa desplegamiento de las proteínas (desnaturalización), ya que los grupos no polares son expuestos, se da la agregación y precipitación de las proteínas, y por lo tanto la solubilidad disminuye.

Tabla 11. Prueba de Tuckey para el efecto de los Tiempos de tratamiento térmico respecto a la solubilidad proteica del haba.

Tiempo (minutos)	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
10	90.43	6	A B
15	83.16	6	B
20	74.05	6	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 11, se muestra el efecto del tiempo de tratamiento térmico sobre la solubilidad proteica del haba mediante la prueba de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tiempo de tratamiento térmico tiene influencia significativa ($P < 0.05$) sobre la solubilidad proteica del haba, asimismo se puede notar que los tratamientos durante 10 y 15 minutos tienen un comportamiento similar sobre la solubilidad proteica del haba no obstante son significativamente diferentes ($P < 0.05$) respecto al tratamiento durante 20 minutos. Estos resultados indican que a mayor tiempo de tratamiento térmico, menor será la solubilidad proteica del haba, según indica Badui (2006), el binomio tiempo-temperatura de tratamiento térmico incide de manera inversa sobre la solubilidad proteica.

4.1.2. Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa del haba (*Vicia faba* L.)

En la Figura 11, se muestra la representación gráfica de los resultados promedio (Anexo 7) del efecto en el índice de ureasa de muestras de haba cruda y haba sometido a temperaturas de 120 y 130°C durante periodos de tiempo de 10, 15 y 20 minutos, los resultados promedio fueron obtenidos a partir de los datos recopilados durante el proceso de evaluación (Anexo 4).

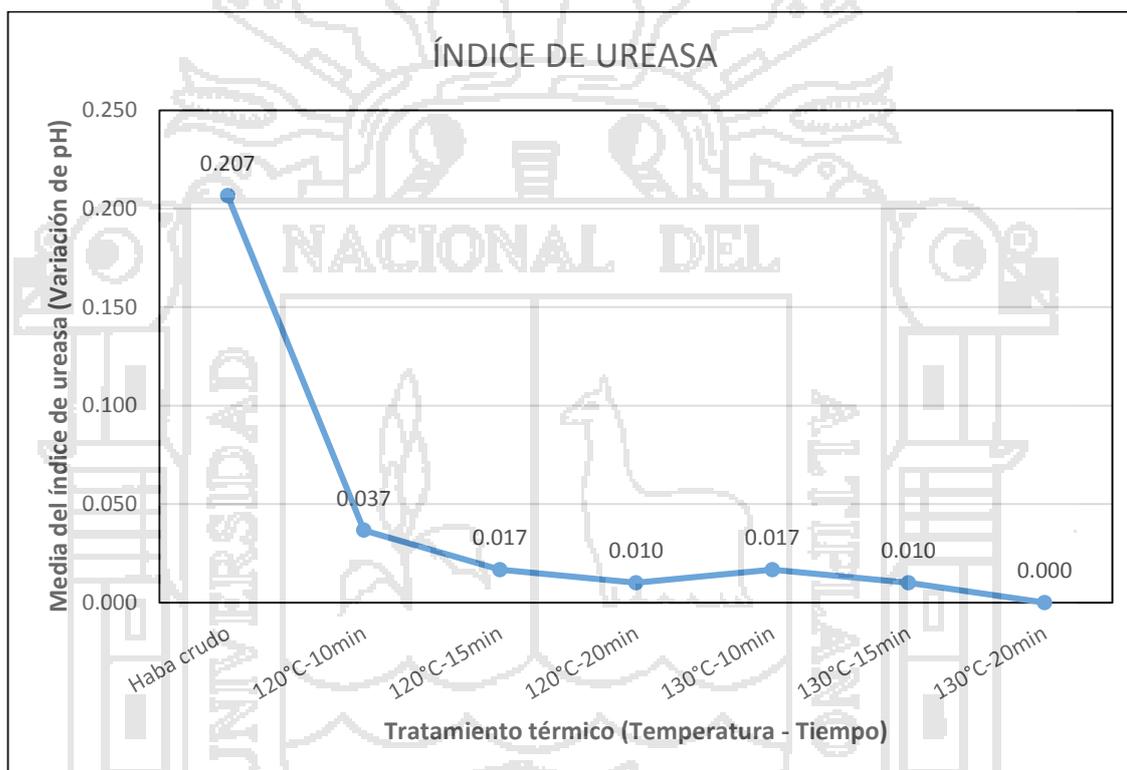


Figura 11. Efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa del haba.

Según la Figura 11, los resultados obtenidos mostraron una tendencia de disminución del índice de ureasa conforme se incrementa la temperatura y se prolonga el tiempo de tostado, también se puede observar que el índice de ureasa del haba cruda es superior en comparación con el índice de ureasa del haba tostado; además, tanto el haba tostado a 120°C como a 130°C muestran una disminución casi lineal sobre el índice de ureasa. Al respecto, los valores obtenidos de

índice de ureasa para grano de haba crudo y tostado son similares a lo obtenido en la investigación realizada por Monteiro *et al.*, (2010), donde sometieron a un proceso de tostado en un horno convencional semillas de la leguminosa tarwi o lupino (*Lupinus albus*), encontrando que el índice de ureasa del lupino crudo fue de 0.09 ± 0.02 , posterior al tratamiento térmico a 150°C por 30 minutos el índice de ureasa disminuyó a $0.027 \pm 0.01\%$ y con el tratamiento a 100°C por 60 minutos el valor del índice de ureasa fue de 0.032 ± 0.01 de pH; sin embargo tales resultados fueron inferiores en comparación a lo hallado por Rojas y Villanueva (2006), donde en su investigación el índice de ureasa para la harina de frijol crudo (*Phaseolus vulgaris* L.) fue de 0.79, descendiendo éste frente al proceso de extrusión, donde el índice de ureasa fue de 0.043 para un proceso de extrusión a 140°C y 18% de humedad, niveles de 150°C y 18% de humedad tuvieron 0.030 de índice de ureasa y niveles de 160°C y 18% de humedad presentaron 0.023 de índice de ureasa. Así mismo, Benitez y Bustamante (2011), reportaron valores de 2.317 de índice de ureasa para la harina de guandul (*Cajanus cajan* L. Millps), quienes en un proceso de escaldado a vapor a 121°C obtuvieron valores de ureasa de 2.195 para 5 minutos de proceso, 0.0656 para 10 minutos y 0.0135 para 15 minutos. Por otro lado Dale (1988) reportó valores de 2.4 de índice de ureasa para harina de soya cruda, posteriormente tras un proceso en autoclave durante 15, 30 y 60 minutos, el valor de ureasa que se encontró en la harina cruda disminuyó al 0.12 después de 15 minutos y al 0.00 después de un mayor tiempo de procesamiento. Mismo efecto de reducción del índice de ureasa en leguminosas reportaron Brondi *et al.*, (2009), reduciendo el índice de ureasa de muestras de harina de soya de distintas variedades que fueron sometidas a tratamiento térmico con aire caliente a 130°C en secador de lecho fluidizado, el índice de ureasa de la harina de soya sin tratamiento varió entre 2.04 y 2.18, y luego se redujo con 5 minutos de tratamiento entre 0.9 y 1.4, finalmente después de 10 minutos de tratamiento obtuvieron valores de índice de ureasa entre 0.02 y 0.06; Gorrachategui (2010) informa valores de índice de ureasa de 2 para la soya cruda y 0.5 para

soya cruda descascarada. Cabe precisar que los resultados obtenidos de índice de ureasa en el haba crudo y tostado son menores a los reportados por otras investigaciones debido probablemente a que se utilizó para el análisis haba molida descascarada, a diferencia de tales investigaciones que utilizaron productos con cáscara, según indica Gorrachategui (2010), la cáscara de las leguminosas contienen gran parte de los factores antinutricionales, por ello es necesaria su ruptura o eliminación, el descascarado aumenta el valor nutricional de las materias primas al reducir la fracción fibra, además de mejorar la digestibilidad; otra razón de la variación de índice de ureasa puede estar en el tipo de producto, que siendo todas leguminosas, cada una posee diferentes niveles de índice de ureasa, según Valle y Lucas (2000), la enzima ureasa es alto en la soya cruda, bajo-medio en el haba y bajo en el frijol. Con respecto a la disminución de valores de índice de ureasa conforme se incrementa la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico, Fennema (2000) precisa que tal disminución se atribuye a que la temperatura provoca la desnaturalización de la enzima ureasa, la temperatura a la cual la actividad catalítica es máxima se llama temperatura óptima, por encima de esta temperatura, el aumento de velocidad de la reacción debido a la temperatura es contrarrestado por la pérdida de actividad catalítica debido a la desnaturalización térmica, y la actividad enzimática decrece rápidamente hasta anularse; asimismo Rackis *et al.*, (1986), señalaron que se precisa absorber un mínimo de 1.200 Joules (J) de energía por gramo para inactivar la enzima ureasa y 1.670 J para destruir el 95% de los inhibidores de la tripsina presentes en el grano de soya.

Tabla 12. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Temperatura	1	0.00067	0.00067	40.33	<.0001 **
Tiempo	2	0.00143	0.00072	43.00	<.0001 **
Temperatura*Tiempo	2	0.00014	0.00007	4.33	<.038 *
Error	12	0.00020	0.00002		
Total	17	0.00245			

Como se muestra en la Tabla 12, para el efecto del tratamiento térmico sobre el índice de ureasa, se observa que la temperatura tiene un efecto altamente significativo ($P < 0.0001$) entre las muestras tratadas a 120 y 130°C, es decir ambas temperaturas influyeron sobre el índice de ureasa de las muestras de habas. También se puede observar que existe diferencia altamente significativa ($P < 0.0001$) para el factor tiempo de proceso, la significación del factor tiempo indica que el índice de ureasa fue influenciado por los minutos de tratamiento térmico. Finalmente existe diferencia significativa ($P < 0.05$) en la interacción de los factores temperatura y tiempo de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa de las habas tostadas.

Tabla 13. Prueba de Tuckey para el efecto de la interacción Temperatura*Tiempo de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.

Temperatura*Tiempo (°C vs. minutos)	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin tratamiento	0.207	3	A
120*10	0.037	3	B
130*10	0.017	3	C
120*15	0.017	3	C
130*15	0.010	3	C D
120*20	0.010	3	C D
130*20	0.000	3	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 13, se muestra el efecto de la interacción de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico mediante el análisis de medias de la prueba de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el índice de ureasa del haba crudo fue de 0.207, valor superior en comparación al índice de ureasa de las muestras de habas tostados. Cabe indicar, que todos los tratamientos mostraron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en comparación con el haba crudo.

En el caso de los seis tratamientos térmicos en habas se obtuvieron contenidos de ureasa de 0.00 a 0.037 de variación de pH, en donde el tratamiento a 130°C durante 20 minutos registró el menor valor, presentando además diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) con los tratamientos a 120°C por 10 y 15 minutos y el tratamiento a 130°C por 10 minutos; así mismo, no se mostró diferencia estadística significativa entre los tratamientos a 120°C por 20 minutos y 130°C por 15 y 20 minutos. No obstante, el tratamiento térmico a 120°C durante 10 minutos mostró diferencia significativa ($P < 0.05$) con los demás tratamientos. Lo anterior indica que los tratamientos térmicos a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 y 20 minutos fueron los más eficaces, dentro de los seis tratamientos térmicos que se probaron, para inactivar los factores antinutricionales presentes en el haba al mostrar valores mínimos de contenido de índice de ureasa (0.01 y 0.00) y no evidenciar diferencia estadística significativa entre ellos.

Tales resultados nos sirven para corroborar que la enzima ureasa tiene un nivel de intolerancia al calor, así como los inhibidores de tripsina. Este efecto se puede deber a que la enzima ureasa posee tres o cuatro grupos activos y es la representante de un gran número de enzimas cuya actividad depende de la existencia de grupos sulfhidrilo intactos procedentes de cisteínas que forman parte de la cadena polipeptídica de la enzima, los grupos sulfhidrilo presentes en la enzima son los que le dan la estabilidad a la conformación activa del inhibidor de tripsina y, dependiendo de la cantidad de los grupos sulfhidrilo en la

estructura de la enzima estos son más o menos termolábiles (Herrera *et al.*, 2003).

Tabla 14. Prueba de Tuckey para el efecto de las Temperaturas de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.

Temperatura (°C)	Media	Número de observaciones	Tuckey (P≤0.05)
120	0.0211	9	A
130	0.0089	9	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la prueba de comparación de medias de Tuckey ($P < 0.05$) de la Tabla 14, para el efecto de la temperatura de tostado sobre el índice de ureasa, se observa que la temperatura de tratamiento térmico ejerce influencia significativa ($P < 0.05$) sobre el índice de ureasa del haba; según hace referencia Badui (2006), la prueba de actividad ureásica es un método para medir la intensidad del calentamiento, la enzima ureasa es sensible al calor, conforme la temperatura aumenta, este disminuye, produce amoniaco a partir de la úrea y se desnaturaliza mediante tratamiento térmico, lo que trae consigo la pérdida de su actividad.

Tabla 15. Prueba de Tuckey para el efecto de los Tiempos de tratamiento térmico respecto al índice de ureasa del haba.

Tiempo (minutos)	Media	Número de observaciones	Tuckey (P≤0.05)
10	0.0267	6	A
15	0.0133	6	B
20	0.0050	6	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a la Tabla 15, de la prueba de Tuckey para el efecto de los tiempos de tratamiento térmico sobre el índice de ureasa, se puede observar que el tiempo de tratamiento térmico influye significativamente ($P < 0.05$) sobre el índice de ureasa del haba, asimismo, se observa que los tratamientos durante 15 y 20 minutos tienen el mismo efecto sobre el

índice de ureasa del haba, sin embargo, son significativamente diferentes ($P < 0.05$) respecto del tratamiento térmico durante 10 minutos.

En base a los resultados de índice de ureasa antes mencionados, es preciso conocer los tratamientos térmicos más adecuados para reducir el índice de ureasa y otros factores antinutricionales, según indican Monteiro *et al.*, (2010), en la industria de la soya, el índice de ureasa es muy utilizado con el objeto de evaluar el efecto del tratamiento térmico en la calidad nutricional, debido a que la ureasa y los inhibidores de tripsina presentan un padrón similar de inactivación, la razón de establecer un límite máximo de inactivación (variación de pH entre 0.05 y 0.2) tiene por objetivo evitar un tratamiento térmico excesivo que podría perjudicar el desempeño de la proteína en la alimentación debido a reacciones químicas con algunos aminoácidos. Al respecto, el Programa Mundial de Alimentos del 2004, citado por Benitez y Bustamante (2011), determina que los valores de índice de ureasa mayores en 0.2 unidades de pH sugieren una elaboración insuficiente del grano de soya y, por lo tanto, contiene inhibidores de tripsina y otros factores antinutricionales, mientras que la actividad menor a 0.05 unidades de pH indican excesivo procesamiento, una reducción del índice de ureasa de 0.05 a 0.2 de pH por unidad, es un indicador de calor suficiente para destruir los factores antinutricionales, entre tanto la ureasa es una enzima presente en la soja y otras leguminosas, que se desnaturaliza en las condiciones de temperatura y humedad en las que se desnaturalizan los inhibidores de tripsina y otros factores antinutricionales. Sin embargo, Căpriță *et al.*, (2010), mencionan que un valor de índice de ureasa cero no indica necesariamente excesivo procesamiento en la harina de soya tratada térmicamente. Por otro lado la Norma Técnica Peruana 209.155:1981 (1981) sugiere un límite de seguridad de 0.05 de índice de ureasa para la torta de soya. Con base en estos criterios y según los datos obtenidos de contenido de índice de ureasa (Anexo 7) se podría aseverar que todos los tratamientos térmicos reducen la actividad de la enzima ureasa y por ende reducen los inhibidores de tripsinas y otros factores

antinutricionales a niveles aceptables para su consumo, debido a que se encuentran dentro del rango máximo de 0.05 de índice de ureasa establecido por la Norma Técnica Peruana. Asimismo, cabe resaltar como se mencionó anteriormente, los mejores tratamientos resultantes del tostado de las harinas de haba para inactivar los factores antinutricionales fueron los tratamientos térmicos a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 y 20 minutos, por contener niveles mínimos de índice de ureasa.

4.1.3. Efecto del tratamiento térmico sobre la composición química del haba (*Vicia faba* L.)

En la Figura 12, se muestra la representación gráfica de los resultados promedio (Anexo 8) del efecto en la composición química de muestras de haba cruda y haba sometido a tratamiento térmico, cabe señalar que se utilizó como muestra control el haba crudo, así mismo, los datos de la composición proximal del grano de haba tostado corresponden a dos tratamientos que presentaron mejores parámetros de solubilidad proteica e índice de ureasa, el primero es el tratamiento a 120°C durante 20 minutos y el segundo el tratamiento a 130°C durante 15 minutos, los resultados promedios fueron obtenidos a partir de los datos recopilados durante el proceso de evaluación (Anexo 5).

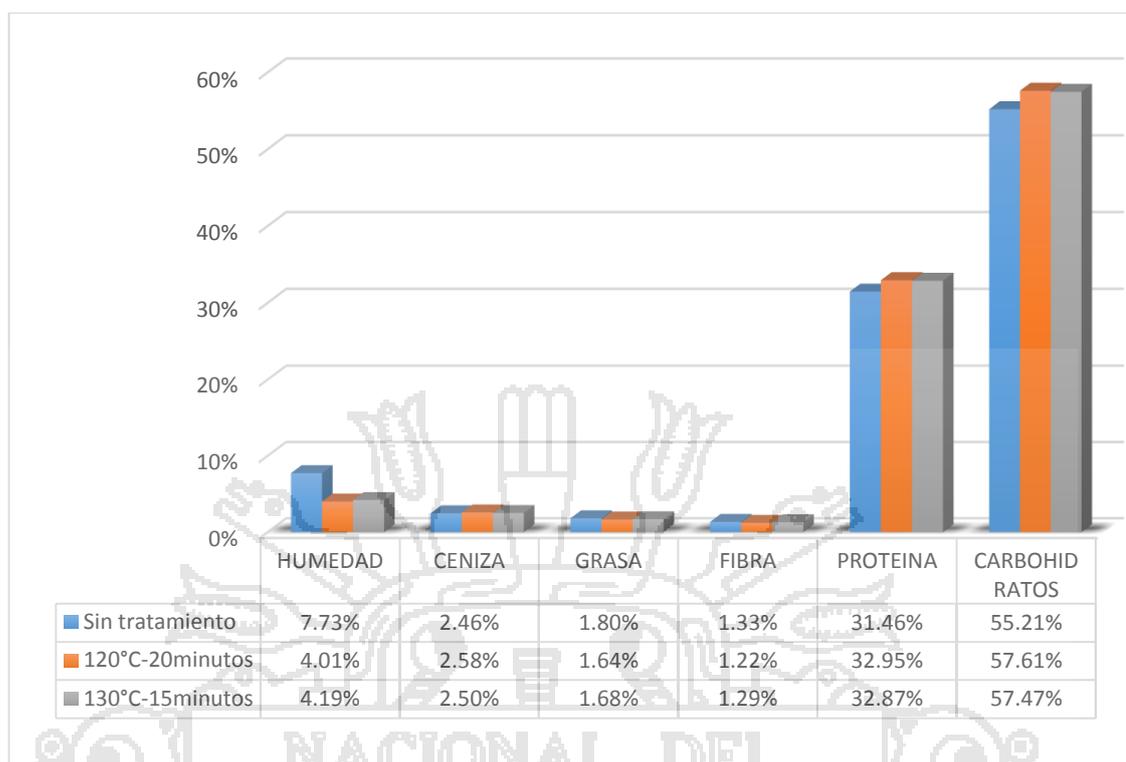


Figura 12. Efecto del tratamiento térmico sobre la composición química del haba.

En general la composición nutricional obtenida en el grano de haba crudo presentó valores superiores a lo informado por varios autores que han estudiado a esta leguminosa, no obstante según Cerning *et al.*, (1975), la composición nutricional del haba depende de las condiciones en las que se desarrolló cada cultivo y las características genéticas específicas para cada cultivar.

En la Figura 12, se puede observar que el tratamiento térmico en el haba provocó una reducción en el contenido de humedad, grasa y fibra y un incremento en el contenido de ceniza, proteína y carbohidratos respecto a la composición química del haba crudo; según indica Maya (2009), en el proceso de tostado, se llegan a remover de manera más sencilla las testas, se inactivan enzimas y se destruyen algunos microorganismos indeseables; además, provoca cambios en carbohidratos, proteínas, ácidos grasos o activa sustancias como vitaminas o aminoácidos esenciales de acuerdo a las condiciones tiempo-

temperatura al que es sometido la semilla, las proteínas y los aminoácidos pueden permanecer unidos o se pueden hidrolizar, los ácidos grasos pueden también hidrolizarse u oxidarse y en general las sustancias nutritivas pueden destruirse o pueden bloquearse por algunas otras reacciones durante el tostado.

Según se puede observar en la Figura 12, la humedad del haba crudo es superior a la humedad del haba posterior al tratamiento térmico. El valor obtenido de humedad del haba crudo (7.73%) es ligeramente inferior a lo conseguido por Kay (1979) de 11% y a lo reportado por el MINSA (2002) del 10.3% de humedad para grano de haba seco. Esta diferencia de resultados podría ser explicada por las condiciones ambientales de la cosecha y del almacenamiento de la semilla, así como de las características genéticas de cada variedad, lo que es corroborado por Maya (2009), afirmando que las diferencias en la humedad probablemente pueden ser por el tipo y variedad del haba utilizado, así como de las condiciones climatológicas y zonas de cultivo.

Por otro lado, se puede observar en la Figura 12, que la disminución de los niveles de humedad a consecuencia del tratamiento térmico fue sólo moderada, quizás a consecuencia de la humedad de la materia prima y la temperaturas alcanzadas durante el proceso; los resultados de humedad obtenidos en el haba tostado de 4.01% en el tratamiento a 120°C por 20 minutos y 4.19% a 130°C por 15 minutos, son inferiores en comparación a lo reportado por el MINSA (2002) para harina de haba tostado, donde indica un valor de 8.7%, no obstante se encuentran dentro del rango hallado por Maya (2009), en cuya investigación sometió a tostado habas de diferentes variedades, reportando valores de 7.28 a 9.55% de humedad en haba cruda, y posterior al tratamiento térmico a 120°C durante 10 minutos reportó niveles de humedad de 2.79 a 4.92%, observando una evidente reducción del contenido inicial de humedad a consecuencia del tratamiento térmico, tal reducción significó un 48.3 a 70.3%; al parecer, la diferencia de valores en la humedad se debe a que

los parámetros de temperatura y tiempo utilizados en los procesos de tratamientos térmicos son diferentes, así como el tipo de tratamiento térmico empleado, al respecto Gorrachategui (2010), menciona que la aplicación de calor reduce los niveles de humedad de los productos procesados, el tratamiento térmico en función del tiempo y la temperatura tiene efectos inversos sobre el contenido de humedad. Cabe señalar que los parámetros de humedad obtenidos se encuentran dentro del límite máximo establecido por el Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma (2014) para grano de haba seco que es del 14%, asimismo, la humedad del grano de haba tostado se encuentra dentro del límite de 5% establecido como máxima humedad para harina de haba extruida.

Tabla 16. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto a la humedad del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	2	26.48	13.240	6732.4	<.0001 **
Error	6	0.01	0.002		
Total	8	26.49			

En la Tabla 16, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en la humedad del haba, se puede observar que el tratamiento térmico ejerce influencia altamente significativa ($P < 0.0001$) sobre el contenido de humedad del haba, lo que es atribuible al rango de temperatura y tiempo aplicado en cada tratamiento.

Tabla 17. Prueba de Tuckey para el efecto del tratamiento térmico respecto a la humedad del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin Tratamiento	7.73	3	A
120°C vs. 20min	4.01	3	B
130°C vs. 15min	4.19	3	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 17, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de humedad del haba mediante el análisis de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se puede observar que el tratamiento térmico en el haba ejerce una influencia significativa ($P < 0.05$) sobre el contenido de humedad, es así que la humedad del haba sin tratamiento (7.73%) muestra diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a la humedad del haba tratado a 120°C por 20 minutos (4.01%) y 130°C por 15 minutos (4.19%), asimismo, ambos tratamiento térmicos muestran diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto al contenido de humedad del haba. Según indica Maya (2009), la reducción de este compuesto depende de cada cultivar y es efecto del tratamiento térmico manifestándose como evaporación de agua de la semilla. Según refieren Gutierrez y Matos (2011), en otras leguminosas se encontraron valores similares de humedad como en arvejas secas de 11.5%, en garbanzos de 11.4%, en soya de 11.7% y en haba seca descascarada 13.6%.

Según la Figura 12, el contenido de ceniza obtenido en el haba crudo fue de 2.26%, tal valor es ligeramente inferior a lo obtenido por Kay (1979) donde reporta un valor de 4% y el MINSA (2002) que precisa el valor de 3.2% para grano de haba seco, sin embargo es similar al valor de 2.3% reportado por Collazos *et al.*, (1996), según refieren Gutierrez y Matos (2011), en su investigación hallaron 2.8% de ceniza en haba seca sin cáscara, en otras leguminosas encontraron valores similares de ceniza como en arvejas secas de 2.5%, en garbanzos de 3.2%, en soya de 5.5%; estos valores son importantes debido a que determinan la cantidad de minerales presentes en el producto, según precisa Fennema (2000), las cenizas en los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado, siendo esta una medida del total de minerales presentes en un alimento esenciales para la salud como el Ca, P, Na, entre otros; cabe precisar, que los resultados obtenidos son semejantes a los hallados por otros autores, posiblemente la diferencia se da por el tipo de suelo y las condiciones en que fue cultivado cada producto, según manifiesta Chaparro (2009), el

alto contenido de cenizas está relacionado con la composición mineral del suelo de siembra y/o con una adecuada fertilización del cultivo.

En el haba tostado, según la Figura 12, el contenido de ceniza fue de 2.58% para el tratamiento a 120°C durante 20 minutos y 2.5% para el tratamiento a 130°C durante 15 minutos, estos valores son ligeramente menores a lo reportado por el MINSA (2002) de 3.6% de ceniza para harina de haba tostada y levemente menores a lo conseguido por Maya (2009) en su investigación, donde informa valores de 3.05 a 3.53% de ceniza en diferentes variedades de habas posterior al proceso de tostado a 120°C durante 10 minutos, por otro lado Daroch (2002), informa valores de 2.72% de ceniza para semilla descascarada de haba. Según los valores de tales reportes, los datos de ceniza obtenidos en el presente trabajo de investigación se asemejan a ellos, la mínima diferencia entre ellos puede deberse a la variedad del haba utilizado y las condiciones de tratamiento térmico empleados.

Tabla 18. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de ceniza del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P	
Tratamiento	2	0.020	0.010	8.04	0.02	*
Error	6	0.008	0.001			
Total	8	0.028				

En la Tabla 18, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en el haba sobre el contenido de ceniza, se puede observar que el tratamiento térmico tiene influencia significativa ($P < 0.05$) sobre la ceniza del haba. Al parecer la temperatura y tiempo de tratamiento térmico aplicados tuvieron un efecto significativo en la ceniza.

Tabla 19. Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de ceniza del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
120°C vs. 20min	2.58	3	A
130°C vs. 15min	2.50	3	A B
Sin tratamiento	2.46	3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 19, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre la ceniza del haba mediante la prueba de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tratamiento térmico en el haba tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de ceniza del haba. Se puede apreciar además un leve incremento en el contenido de ceniza del haba tratado a 120°C por 20 minutos (2.58%) respecto al contenido inicial de ceniza del haba crudo (2.46%) existiendo diferencia significativa entre ambos ($P < 0.05$); sin embargo, los tratamientos térmicos a 120°C por 20 minutos y 130°C por 15 minutos tienen el mismo efecto; al igual que el tratamiento térmico a 130°C por 15 minutos (2.5%) y el haba crudo (2.46%) no muestran diferencia significativa sobre el contenido de ceniza. Al parecer, el ligero incremento en la ceniza respecto al haba crudo se puede deber al aumento de los sólidos totales debido a la disminución de humedad posterior al tratamiento térmico, según Maya (2009), tal efecto de incremento leve en el contenido de ceniza se debe a la pérdida de humedad debido al proceso de tostado.

Según la Figura 12, el contenido de grasa obtenido en el haba crudo fue de 1.8%, este valor es superior a lo reportado por el MINSA (2002) de 1.6% e inferior al valor de Collazos *et al.*, (1996) de 1.9% y a lo obtenido por Kay (1979) de 2%, por lo que se encuentra dentro del rango de estos parámetros, además Gutierrez y Matos (2011), obtuvieron 2.4% de grasa en haba seca descascarada y en otras leguminosas como en arvejas secas de 3.2%, en garbanzos de 6.1% y en soya de 18.9%; la diferencia entre tales datos eventualmente podría darse debido a las condiciones de

cultivo y a la diferencia entre las variedades analizadas, al respecto Daroch (2002), asegura que el contenido total de lípidos en las legumbres varía de acuerdo a la especie, variedad, la estación del año, condiciones ambientales, localidad, clima y el tipo de suelo en el cual son cultivados; según refiere Kay (1979), el contenido de grasa obtenido en el haba es cuantitativamente importante, debido a que los principales ácidos grasos que forman parte de la estructura química de los lípidos en este producto son de tipo insaturado y el contenido de ácido graso saturado es tan sólo del 11.4%.

En cuanto al contenido de extracto etéreo del haba tostado se observó una ligera disminución respecto del haba crudo, se obtuvieron valores de 1.64 y 1.68% a 120°C por 20 minutos y 130°C por 15 minutos de tratamiento respectivamente, estos valores son similares a lo reportado por el MINSA (2002), para harina de habas tostada (1.7%) e inferiores a lo obtenido por Maya (2009), donde precisa valores de 2.40% a 3.31% de extracto etéreo según la variedad de haba en el proceso de tostado, revelando que la importancia de esta fracción radica en su fuente de ácidos grasos esenciales (ácido linoléico y linolénico) requeridos para el crecimiento, funciones fisiológicas y mantenimiento. La disminución del contenido de grasa después del tratamiento térmico pudo deberse al calor aplicado, ello puede haber provocado la degradación de los lípidos, al respecto Badui (2006), precisa que los aceites ricos en linoléico y linolénico, presentan puntos de fusión bajos, con elevados índices de yodo que indican una gran susceptibilidad a las reacciones de oxidación, esto indica que los más insaturados necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de gas y, por consiguiente, se oxidan más rápido.

Tabla 20. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de grasa del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	2	0.041	0.0204	25.90	0.001 **
Error	6	0.004	0.0008		
Total	8	0.045			

En la Tabla 20, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en la grasa del haba, se puede observar que el tratamiento térmico tiene influencia altamente significativa ($P < 0.01$) sobre el contenido de grasa del haba, lo que es atribuible a los parámetros de tiempo y temperatura aplicados en cada tratamiento.

Tabla 21. Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de grasa del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin Tratamiento	1.80	3	A
120°C vs. 20min	1.64	3	B
130°C vs. 15min	1.68	3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 21, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre la grasa del haba mediante la prueba de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tratamiento térmico en el haba tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de grasa del haba. Se puede notar una disminución ($P < 0.05$) en el contenido de grasa del haba tostado a 120°C durante 20 minutos (1.64%) y 130°C durante 15 minutos (1.68%) respecto al contenido de grasa del haba cruda (1.80%), sin embargo ambos tratamientos térmicos muestran el mismo efecto sobre la grasa del haba. Según indica Gorrachategui (2010), en leguminosas con contenidos altos en grasa, los tratamientos térmicos inadecuados como el sobrecalentamiento o malas condiciones de secado pueden formar

compuestos de oxidación como peróxidos, dímeros y polímeros de ácidos grasos y otros compuestos tóxicos.

Según se observa en la Figura 12, la cantidad de fibra cruda obtenida en base seca del grano de haba de 1.33% presenta similitud al valor de 1.4% obtenido por el MINSA (2002), además es ligeramente inferior al 1.8% obtenido por Collazos *et al.*, (1996) para haba grano seco, valores similares fueron hallados por Maya (2009), de 1.42 a 2.02% de fibra para diferentes variedades de habas, además Gutierrez y Matos (2011), obtuvieron 1.8% de fibra en haba seca descascarada y en otras leguminosas como en arvejas secas de 4.5%, en garbanzos de 2.6% y en soya de 4.6%. Cabe precisar que el valor de fibra obtenido en el haba es ligeramente menor a lo reportado por otros autores, tal diferencia se puede dar debido a que la testa del haba analizada en el presente trabajo de investigación fue quitada manualmente y por ende su descascarado fue eficiente, reduciéndose así su cantidad de fibra. Al respecto Daroch (2002), menciona que el haba tiene los niveles de fibra cruda más altos que muchas otras leguminosas, esta fibra, al encontrarse principalmente en la testa de la semilla es de poca importancia para ser usada en los alimentos, descascarando la semilla se puede disminuir la cantidad de fibra cruda, aumentando así, el contenido de energía metabolizable y el valor nutricional de las harinas; según Badui (2006), la eficiencia del descascarado se mide por la cantidad de fibra cruda residual.

La fibra encontrada en el haba tostado fue de 1.22% y 1.29% a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 minutos respectivamente, estos valores obtenidos son inferiores a los reportados por el MINSA (2002), donde indica un 3% de fibra para harina de haba tostado, sin embargo, se asemejan ligeramente a los obtenidos por Maya (2009), donde después de un proceso de tostado de habas a 120°C durante 10 minutos obtuvo valores de fibra de 2.04 a 3.25% dependiendo de la variedad.

La importancia de la fibra radica según Carnvale y Lintas (1995) en que no pueden ser digeridas por el organismo humano ya que son resistentes a la hidrólisis de las enzimas digestivas humanas, pero que pueden ser fermentadas por la microflora colónica. Dando lugar a H₂, CH₄, CO₂, H₂O y ácidos grasos de cadena corta. Según refieren Fernández y Gassull (1999), la fibra soluble es la que predomina en las leguminosas, está formada por inulina, pectina, gomas y fructooligosacáridos que captan mucha agua y son capaces de formar geles viscosos, es muy fermentable por los microorganismos intestinales, por lo que produce gran cantidad de gas en el intestino.

Tabla 22. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de fibra del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	2	0.021	0.0103	44.33	<.0001 **
Error	6	0.001	0.0002		
Total	8	0.022			

En la Tabla 22, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en la fibra del haba, se puede observar que el tratamiento térmico ejerce influencia altamente significativa ($P < 0.0001$) sobre el contenido de fibra del haba.

Tabla 23. Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de fibra del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin Tratamiento	1.33	3	A
120°C vs. 20min	1.22	3	B
130°C vs. 15min	1.29	3	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 23, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre la fibra del haba mediante la prueba de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tratamiento térmico en el haba tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de fibra del haba. La fibra del haba sin tratamiento (1.33%) mostró una ligera disminución posterior al tratamiento térmico, evidenciando diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto a la fibra del haba tratado a 120°C por 20 minutos (1.22%) y 130°C por 15 minutos (1.29%); asimismo, ambos tratamientos térmicos muestran diferencia significativa ($P < 0.05$) respecto al contenido de fibra del haba. Posiblemente, la razón en la disminución de la fibra posterior al tratamiento térmico se deba al rompimiento de sus componentes y a los cambios en su composición total, según mencionan Carnvale y Lintas (1995), en el proceso con calor, un mismo tipo de tratamiento térmico puede tener efectos diferentes en el contenido de fibra dietética, ya que se promueve el rompimiento de sus componentes (celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina), además de propiciar la interacción y el enlace de estas sustancias con proteínas y lípidos, así como la generación de cambios cualitativos y/o cuantitativos sustanciales, que varían la composición total de la fibra dietética.

Según la Figura 12, la cantidad de proteína total obtenido en base seca del grano de haba fue de 31.46%, tal valor es superior al valor obtenido por el MINSA (2002) de 23.3% y a lo obtenido por Collazos *et al.*, (1996) de 24.3%, sin embargo se encuentra dentro de los parámetros establecidos de 26-33% de Kay (1979) para grano de haba seco; valores similares fueron encontrados por Maya (2009), de 26.59 a 35.17% de proteína para diferentes variedades de habas, por otro lado Gutierrez y Matos (2011), obtuvieron 25.9% de proteína en haba seca descascarada y en otras leguminosas como en arvejas secas de 21.7%, en garbanzos de 19.2% y en soya de 28.2%. Los resultados obtenidos de proteína se encuentran dentro del rango (23 a 35%) reportado por otras investigaciones, cabe recalcar que la diferencia en los valores proteicos posiblemente se debe a la divergencia genética y variabilidad en valores

de humedad entre las habas, como también a factores como la composición del suelo donde fueron sembradas, la variedad, el clima, la época de la cosecha, entre otros. Según refieren Chavan *et al.*, (1989), las semillas de *V. faba* presentan alrededor de un 30% de proteína, dicho contenido está influido por la variedad o cultivar de haba y por el nivel de maduración de la misma, así como por las condiciones climatológicas y zona de cultivo.

La concentración de proteína en el haba tostado presentó porcentajes de 32.95% a 120°C durante 20 minutos y 32.87% a 130°C durante 15 minutos, estos valores son superiores a lo reportado por el MINSA (2002), donde indica un valor de 22.8% de proteína para harina de haba tostado, sin embargo, en la investigación realizada por Maya (2009), se reporta valores similares a los obtenidos en la presente investigación, tales porcentajes dependiendo de la variedad van desde el 27.61% hasta el 35% de proteína bajo condiciones de tostado de 120°C durante 10 minutos. La importancia de la proteína del haba está en sus características cuantitativas y cualitativas inherentes a sus aminoácidos, según Maya (2009), la proteína de las leguminosas es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) así como triptófano, pero es rica en aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina y valina, en particular, su alto contenido de lisina que es un aminoácido deficiente en los cereales, hace que la proteína de las leguminosas constituya un buen complemento para estos últimos, por lo que la mezcla de ambos es altamente recomendable.

Tabla 24. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de proteína del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P	
Tratamiento	2	4.22	2.11	8.09	0.02	*
Error	6	1.57	0.26			
Total	8	5.79				

En la Tabla 24, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en la proteína del haba, se puede observar que el tratamiento térmico ejerce influencia significativa ($P < 0.05$) sobre el contenido de proteína del haba, atribuible a las condiciones de tiempo y temperatura aplicados en cada proceso.

Tabla 25. Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de proteína del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin Tratamiento	31.46	3	A
120°C vs. 20min	32.95	3	B
130°C vs. 15min	32.87	3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 25, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre la proteína del haba mediante la prueba de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tratamiento térmico en el haba tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido proteico del haba. Se puede notar además un ligero incremento ($P < 0.05$) en el contenido proteico de las habas tratadas a 120°C por 20 minutos (32.95%) y 130°C por 15 minutos (32.87%) respecto del contenido inicial de proteína del haba cruda (31.46%); sin embargo ambos tratamientos térmicos muestran el mismo efecto sobre la proteína del haba. Según manifiesta Maya (2009), el incremento del contenido de proteína se debe a la concentración de sólidos por la disminución de humedad en el tostado, asimismo el calor moderado aumenta la disponibilidad de las proteínas en la mayoría de las leguminosas, esto porque el tratamiento térmico debilita el material de unión intracelular, provocando que haya una separación de las células vegetales intactas; asimismo, Gutierrez y Matos (2011) afirman que el calentamiento aumenta el valor de las proteínas de las leguminosas debido a la destrucción de los factores dañinos que se encuentran en la semilla cruda; de la misma forma, Gorrachategui (2010), indica que los tratamientos térmicos consiguen una parcial desestructuración de las

proteínas, la pérdida de la estructura terciaria y cuaternaria hace que la proteína sea realmente digestible, deja más accesibilidad a las enzimas proteolíticas y además se destruyen algunos inhibidores de proteasas.

Respecto al contenido de carbohidratos, este se obtuvo por diferencia y según la Figura 12, el haba presenta 55.21% de carbohidratos, tal valor es inferior en comparación a lo obtenido por el MINSA (2002) y Collazos *et al.*, (1996) de 61.6% y 59.6% respectivamente; sin embargo, se encuentra dentro del rango de 51 a 66% de Kay (1979) y Maya (2009), que reporta valores de 56.18 a 66.35% de carbohidratos dependiendo de la variedad del haba crudo, por otro lado Gutierrez y Matos (2011), obtuvieron 55.3% de carbohidratos en haba seca descascarada y en otras leguminosas como en arvejas secas de 59.6%, en garbanzos de 61.1% y en soya de 35.7%. La variación de estos valores posiblemente puede darse en función del genotipo del grano y condiciones de cultivo, al respecto según refieren Cerning *et al.*, (1975), la concentración de carbohidratos en habas depende del cultivar analizado, de las condiciones de cultivo, del grado de maduración de la semilla y de la estación del año.

La concentración de carbohidratos en el haba tostado a 120°C durante 20 minutos indicó 51.31% y 51.01% en haba tostado a 130°C durante 15 minutos, tales resultados obtenidos son menores a lo indicado por el MINSA (2002) de 63.2% para harina de haba tostado y menores a lo obtenido por Maya (2009), donde en un proceso de tostado de diferentes variedades de habas a 120°C durante 10 minutos, indicó porcentajes de 56.48 a 64.10%, valores que fueron influenciados por la variedad, en la mencionada investigación el incremento de este componente fue de 1-8%, comparado con la semilla cruda.

La importancia de los carbohidratos presentes en el haba, se debe a que son una fracción nutritiva importante, ya que, según su digestibilidad, constituyen una fuente de energía en la alimentación, además se sabe

que al ser ingeridos, existe una fracción resistente a la digestión, produciendo gases que de alguna manera limitan su consumo, sin embargo, los carbohidratos del haba también están relacionados con efectos beneficiosos, según Rubio (2000), en las semillas de *Vicia faba* también están presentes almidón y polisacáridos no amiláceos, el almidón, formado por amilosa y amilopectina, es un polisacárido de reserva soluble en agua, que encontramos en los cotiledones, representa el 80% de los carbohidratos totales del haba y se encuentra en una proporción del 30-40% frente a los demás compuestos de la semilla, es un carbohidrato que puede ser utilizado como fuente de energía por animales monogástricos, incluido el hombre, aunque no todo el almidón ingerido con la dieta, es digerido y absorbido en el intestino delgado, la fracción de almidón resistente a la digestión (5% en haba), llega al intestino grueso donde es metabolizada por bacterias colónicas, produciendo ácidos grasos de cadena corta y gases (CO₂, H₂, CH₄), por tanto, al almidón resistente se le relaciona, además de con la flatulencia, con efectos beneficiosos como la reducción del colesterol o la prevención de cáncer colorectal, pero además, la fracción digerida en el intestino delgado, va siendo absorbida lentamente, contribuyendo así a reducir la respuesta glucémica.

Tabla 26. Análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico respecto al contenido de carbohidratos del haba.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	P
Tratamiento	2	10.85	5.43	21.18	0.002 **
Error	6	1.54	0.26		
Total	8	12.39			

En la Tabla 26, se muestra el análisis de varianza para el efecto del tratamiento térmico en los carbohidratos del haba, se puede observar que el tratamiento térmico ejerce influencia altamente significativa ($P < 0.01$) sobre el contenido de carbohidratos del haba.

Tabla 27. Prueba de Tuckey para el efecto de los tratamientos térmicos respecto al contenido de carbohidratos del haba.

Tratamiento	Media	Número de observaciones	Tuckey ($P \leq 0.05$)
Sin Tratamiento	55.21	3	A
120°C vs. 20min	57.61	3	B
130°C vs. 15min	57.47	3	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la Tabla 27, se muestra el efecto del tratamiento térmico sobre los carbohidratos del haba mediante la prueba de medias de Tuckey ($P < 0.05$), se observa que el tratamiento térmico en el haba tiene un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre el contenido de carbohidratos del haba. Se puede notar un ligero incremento ($P < 0.05$) en el contenido de carbohidratos de las habas tratadas a 120°C por 20 minutos (57.61%) y 130°C por 15 minutos (57.47%) respecto del contenido inicial de carbohidratos del haba cruda (55.21%); sin embargo ambos tratamientos térmicos muestran el mismo efecto sobre los carbohidratos del haba. Al respecto, Gorrachategui (2010), precisa que cuanto más amilopectina y menos amilosa contenga el almidón, mejor es digerido debido a que la mayor ramificación de las cadenas posibilita un mayor ataque enzimático, pero, además, el calor degrada la amilosa por la ruptura de enlaces de hidrógeno secundarios entre sus cadenas lineales y desnaturalizar los inhibidores de amilasa, lo que contribuye a aumentar la digestibilidad del almidón.

V. CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados y discusiones obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- El tratamiento térmico en habas (*Vicia faba* L.) redujo significativamente ($P<0.05$) los niveles de solubilidad proteica, obteniéndose niveles recomendables entre 73 y 85% con valores óptimos a 120°C durante 20 minutos y 130°C durante 15 minutos, mejorando así su valor nutricional; no obstante, los tratamientos a 120°C por 10 y 15 minutos y 130°C por 10 minutos mostraron un grado de procesamiento en el haba insuficiente; asimismo, el tratamiento a 130°C por 20 minutos fue excesivo.
- El tratamiento térmico en habas (*Vicia faba* L.) resultó ser eficaz para reducir significativamente ($P<0.05$) el índice de ureasa y teóricamente, otros factores antinutricionales a niveles aceptables recomendados por la Norma Técnica Peruana 209.155:1981.
- El proceso de tostado de habas disminuyó ($P<0.05$) los contenidos de humedad, grasa y fibra e incrementó ($P<0.05$) las concentraciones de ceniza, proteína y carbohidratos.

VI. RECOMENDACIONES

Estudiar la digestibilidad de la harina de haba tostada obtenida y su aporte proteico en la dieta posterior a los procesos térmicos a los cuales fue sometido (tostado a 120 y 130°C por 10, 15 y 20 minutos).

Estudiar el efecto del tostado de habas sobre el contenido de factores antinutricionales presentes naturalmente.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcázar del Castillo, J. 2002. Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. 2 ed. Cusco, PE. Editorial Cibercopy.
- Alves, M. 2005. Análise química e sensorial dos grãos de soja (*Glycine Max.* (L.) Merrill) tostados por diferentes tratamentos. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Piracicaba, BR. Universidade de São Paulo.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 1980a. Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists, 1990. Official Methods of Analysis. Vols 1 and 2. W. Horwits (Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Araba, M; Dale, NM. 1990. Evaluation of KOH Solubility as an Indicator of overprocessing soybean meal. *Poultry Science*. 69:76-83 p.
- Badui Dergal, S. 2006. Química de los alimentos. 4 ed. México. Editorial Pearson Educación.
- Batal, AB; Douglas, MW; Engram, AE; Parsons CM. 2000. Protein Dispersibility Index as an Indicator of Adequately Processed Soybean Meal. *Poultry Science*. 79:1592-1596. Illinois, USA.
- Benitez, JJ; Bustamante, JA. 2011. Estudio del efecto del escaldado en algunas propiedades de la harina de guandul (*Cajanus cajan L. Millps*). Tesis para optar el Título de Ingeniero de Alimentos. Santiago de Cali, BO. Universidad del Valle.

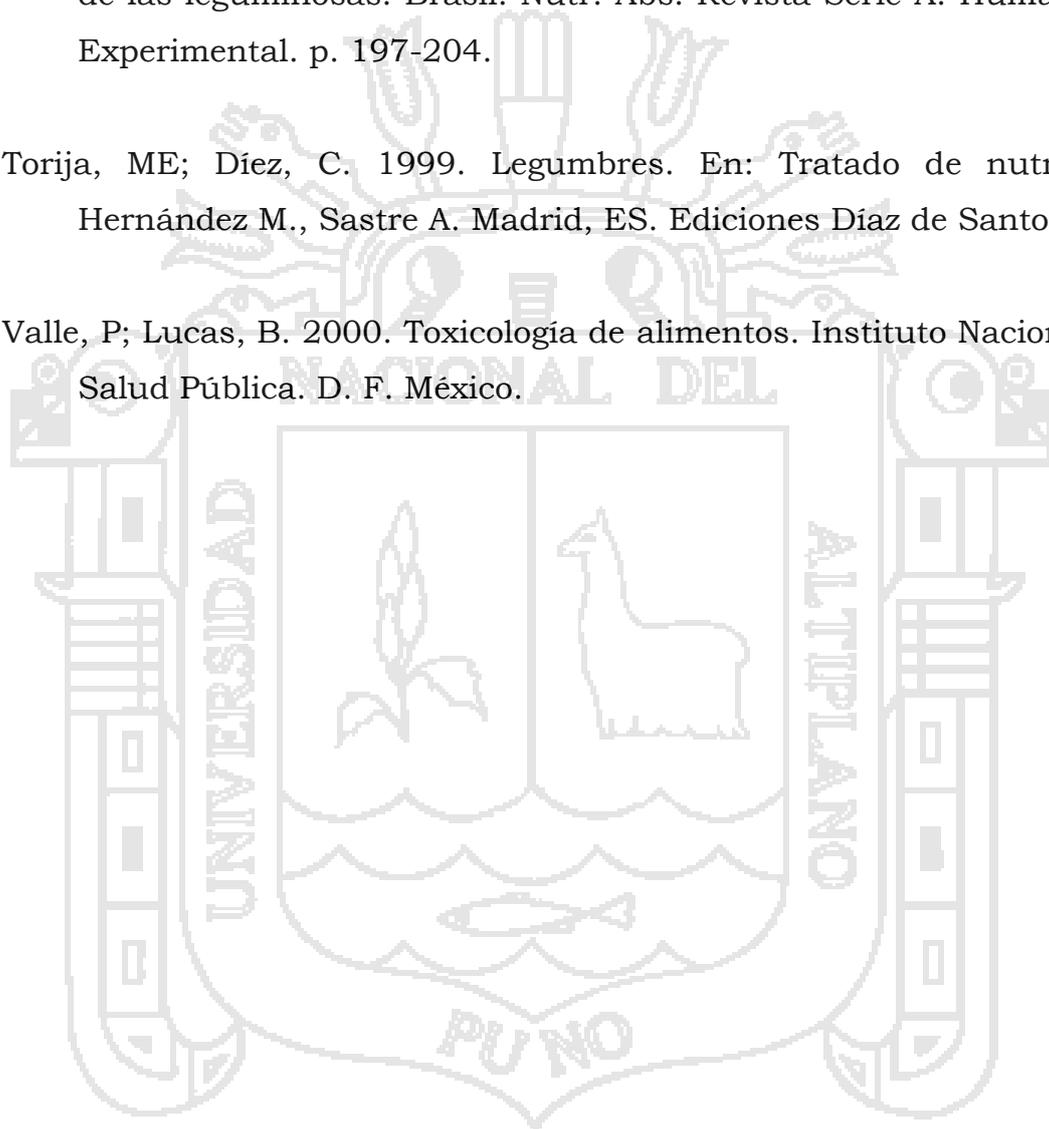
- Brenes, A; Brenes, J. 1993. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: Influencia sobre su valor nutritivo. En: IX Curso de Especialización FEDNA. Barcelona, ES. Ediciones CSIC y LUCTA.
- Brondi, MC; Martínez, ML; Marin, MA; Ribotta, PD. 2009. Efecto del tratamiento térmico de granos de soja sobre las propiedades de la harina. AR. Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Căpriță, R; Căpriță A; Cretescu, I. 2010. Protein Solubility as Quality Index for Processed Soybean. Scientific Papers: Animal Sciences and Biotechnologies, 2010, 43 (1). Romania.
- Carnvale, E; Lintas, C. 1995. Dietary fibre: Effect of processing and nutrient interactions. Eur J Clin Nutr., 1995, vol. 53, p. 307-311
- Casp, A; Abril, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Madrid, ES. Ediciones Mundi-Prensa.
- Cerning, J; Saposnik, A; Guilbot, A. 1975. Hidratos de carbono, composición de habas (*Vicia faba*) de diferentes orígenes. s.l. Cereal Chem.
- Chaparro, SP. 2009. Efecto de diferentes procesos fisicoquímicos en la reducción de factores antinutricionales de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). Tesis para optar el Título de Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Medellín, CO. Universidad Nacional de Colombia. 81 p.
- Chavan, JK; Kute, LS; Kadam, SS. 1989. Haba. Florida, US. Ed. CRC Press, Boca Raton.
- Collazos, C., *et al.* 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. 7 ed. Lima, PE.

- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York, US. 1262 p.
- Cubero, JI; Moreno, MT. 1983. Leguminosas de grano. Madrid, ES. Ediciones Mundi-Prensa.
- Dale, N. 1988. Solubilidad de la proteína: Indicador del procesado de la harina de soja. Universidad Autónoma de Barcelona. ES.
- Daroch, ES. 2002. Sustitución parcial de la harina de pescado por harina de haba (*Vicia faba* var. *minor* (Harz) Beck) en la formulación de alimento para salmónidos. Tesis Ing. en Alimentos. Valdivia, CL. Universidad Austral de Chile. 106 p.
- Fennema, OR. 2000. Química de los alimentos. 2 ed. Zaragoza, ES. Editorial Acribia.
- Fernández, F; Gassull, MÁ. 1999. Fibra dietética. En: Tratado de nutrición, Hernández M., Sastre A. Madrid, ES. Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez-Villalva, E. 2005. Transformación y mejora del valor nutritivo de la harina de Guisante mediante la adición de enzima fitasa. Tesis doctoral. Granada, ES. Universidad de Granada.
- Gorrachategui, M. 2010. Efecto del tratamiento de las materias primas sobre su valor nutricional. En: XXVI Curso de Especialización FEDNA. Madrid, ES.
- Gutierrez, K; Matos, A. 2011. Propiedades nutricionales y funcionales de la harina de habas. Tesis para optar del Título en Ingeniería de Alimentos. Lima, PE. Universidad Peruana Unión.

- Heredia, AO. 2012. Estudio y mejoramiento del proceso manual de tostado del haba y su incidencia en el tiempo de obtención del producto terminado, para la empresa Granofa CÍA. Ltda. Tesis Ing. Mecánica. Ambato, EC. Universidad Técnica de Ambato. 168 p.
- Herrera, CH; Bolaños, N; Lutz, G. 2003. Química de los alimentos: Manual de laboratorio. San José, CR. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Hussein, LA. 1982. Factores antinutricionales en el frijol de haba. En: Mejoramiento del frijol de haba. Vol. 6. Países Bajos. Ediciones ICARDA. ISBN.
- Ibañez, V. 2009. Análisis y diseño de experimentos. 1 ed. Editorial Universitaria. UNA – Puno.
- Kadam, SS; Deshpande, SS; Jambhale, ND. 1989. Semillas estructura y composición. Florida, US. Ediciones CRC Press, Boca Raton.
- Kay, DE. 1979. Legumbres Alimenticias. Zaragoza, ES. Editorial Acribia.
- Maya, K. 2009. Caracterización física, nutricional y no-nutricional de haba sometida a tratamiento térmico. Tesis Maestría en Ciencias Quimicobiológicas. Distrito Federal, MX. Instituto Politécnico Nacional. 153 p.
- Mata, MI. 1998. Variación de la composición nutritiva de los ingredientes de la dieta y su efecto sobre el comportamiento productivo de cerdos en crecimiento. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias Pecuarias. MX. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- MINAGRI. 2013. Ministerio de Agricultura y Riego. Sistema Integrado de Estadística Agraria. Lima, Perú.

- MINAGRI. 2013. Dirección Regional Agraria. Puno, Perú.
- MINAGRI. 2013. Ministerio de Agricultura y Riego. Dinámica Agropecuaria 2003-2012. Primera edición. Lima, Perú.
- MINSA. 2002. Ministerio de Salud. Tabla de Composición de Alimentos Industrializados. Lima, PE.
- Monteiro, MR; Oliveira, CT; Silva, LS; Mendes, F; Sant'ana, R. 2010. Efeito do tratamento térmico na digestibilidade, solubilidade e índice de actividade de urease em tremçoço (*Lupinus albus* e *Lupinus Angustifolius*). Alim. Nutr. Araraquara. v. 21, n. 3, p. 487-493, jul./set. 2010. Río Paranaíba, BR.
- Normas Técnicas Peruanas. 1981. INDECOPI. 209.155:1981 (Revisada el 2011). PE.
- Ouédraogo, CL; Combe, E; Lalles, JP; Toullec, R; Treche, S; Grongnet, JF. 1999. Nutritional value of the proteins of soybeans roasted at a small-scale unit level in Africa as assessed using growing rats. Reprod. Nutr. Develop, 39:201-212.
- Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma. 2014. Fichas Técnicas de Alimentos. Lima, PE.
- Quispe, MJ. 2012. Buenas prácticas agrícolas y de post cosecha en el manejo de la producción de Haba. Puno, PE.
- Rackis, JJ; Wolf, WJ; Baker, EC. 1986. Protease inhibitors in plant foods: Content and inactivation. En: Friedman, M. (ed). Nutritional and Toxicological Significance of enzyme inhibitors in food. Plenum Publishing. New York, US. pp: 216-220.

- Rojas, B; Villanueva, E. 2006. Efecto del tratamiento térmico de la extrusión sobre la calidad proteica del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del tipo panamito. Separata de Anales Científicos de la UNALM. Vol. 68(3)-2007. Lima, PE.
- Rubio, LA. 2000. Efectos fisiológicos de las proteínas de almacenamiento de las leguminosas. Brasil. Nutr. Abs. Revista Serie A: Humanos y Experimental. p. 197-204.
- Torija, ME; Díez, C. 1999. Legumbres. En: Tratado de nutrición, Hernández M., Sastre A. Madrid, ES. Ediciones Díaz de Santos.
- Valle, P; Lucas, B. 2000. Toxicología de alimentos. Instituto Nacional de Salud Pública. D. F. México.





ANEXO 1**Determinación de solubilidad de la proteína en KOH**

Descrito por: Araba M. y N. M. Dale. 1990. Evaluación de la solubilidad de la proteína como un indicador de excesivo procesamiento de harina de soja. Poultry Science 69:76-83.

1. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestra de harina en molino de laboratorio que pase por un tamiz de 0.425 mm (malla N° 40).

Dividir en dos fracciones, una para la determinación de proteínas totales de la muestra y el otro para tratamiento con hidróxido de potasio.

2. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE KOH (peso / volumen)

0.2% de KOH = 0.2 g de KOH en 100 mL de agua desionizada destilada. Mezclar en la campana.

3. TRATAMIENTO CON HIDRÓXIDO DE POTASIO

- Coloque aproximadamente 1.5 gramos (± 0.001 g) de muestra en un vaso de precipitados de 250 mL.
- Añadir 75 mL de solución de KOH al 0.2% (0.36N, 12.5 pH).
- Agitar la mezcla durante 20 minutos a 22°C en una placa de agitación con una barra de agitación magnética.
- Al cabo de 20 minutos, recoger aproximadamente 50 mL de líquido en tubos de centrífuga.
- Centrifugar a 2700 rpm durante 10 minutos.
- Recoger una alícuota de 15 mL del sobrenadante, en dos tubos Kjeldahl, para el análisis por duplicado (esto da un 0.3 g de alícuota de la muestra original).

4. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO

- Utilizando el método Kjeldahl:
 - Determinar nitrógeno total del sobrenadante, preparado anteriormente.
 - Determinar nitrógeno total de la muestra original de harina.

5. CÁLCULO DE LA SOLUBILIDAD DE PROTEÍNAS

La solubilidad de la proteína se expresa como la fracción de proteína soluble (a partir de sobrenadante) como un porcentaje de la proteína total en la muestra original.

ANEXO 2

Determinación del índice de ureasa (AOAC, 1980a)

Descrito por: La Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 1980. Métodos Oficiales de Análisis. Ed 13. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, Washington, D.C.

1. PREPARACIÓN DE SOLUCIONES TAMPÓN

- **Solución tampón 0,05 M de fosfato de potasio**

Disolver 3.403 g de fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4 , grado AR) y 4.355 g de fosfato dibásico de potasio (K_2HPO_4 , grado AR) en 100 cm^3 de agua destilada aproximadamente. Mezclar y llevar a $1\ 000 \text{ cm}^3$. El pH debe ser 7; si no lo es, ajustar a este valor mediante soluciones de ácidos o bases fuertes según sea el caso. La vida útil de esta solución es de 90 días. El tampón debe mantenerse refrigerado para evitar su descomposición.

- **Solución tampón de urea fosfato de potasio.**

Disolver 15 g de urea (grado AR) en 500 cm^3 de solución tampón de fosfato de potasio. Agregar 5 cm^3 de tolueno, que sirve de conservador y evita la formación de mohos. Ajustar el pH de la solución a 7 mediante soluciones de ácidos o bases fuertes según sea el caso.

2. PREPARACION DE LA MUESTRA

Moler aproximadamente 100 g de muestra, evitando la elevación de la temperatura, a un tamaño tal que el 60% de la misma pase a través de un tamiz de abertura de $250 \mu\text{m}$ (malla N°60).

3. PROCEDIMIENTO

- La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra preparada.
- Pesar, con aproximación al 0.1 mg, aproximadamente 0.200 g de muestra en un tubo de ensayo y agregar 10 cm^3 de solución tampón de urea fosfato de potasio. Tapar el tubo, agitar y colocar en el baño de agua a $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$. Durante la agitación debe tenerse la precaución de no invertir el tubo.
- Preparar un blanco pesando, con aproximación al 0.1 mg, aproximadamente 0.200 g de muestra en un tubo de ensayo y agregar 10 cm^3 de solución tampón de fosfato de potasio. Tapar el tubo, agitar y colocar en el baño de agua a $30 \pm 0.5^\circ\text{C}$.
- Entre la preparación del tubo con la muestra para ensayo y el correspondiente al blanco se debe dejar un intervalo de 5 minutos. Agitar los tubos con intervalos de 5 minutos.
- Retirar los tubos del baño de agua exactamente a los 30 minutos. Transferir una porción de 5 cm^3 del sobrenadante a un vaso de precipitados, manteniendo el intervalo de 5 minutos entre el correspondiente a la muestra y al blanco.

- Determinar el pH exactamente 5 minutos después de retirado del baño el líquido sobrenadante.

4. CÁLCULOS

La actividad de la ureasa, medida como el incremento de pH, se determina aplicando la siguiente ecuación:

$$\Delta\text{pH} = \text{pH1} - \text{pH2}$$

Donde:

ΔpH = Incremento de pH debido a la ureasa.

pH1 = pH leído para la muestra analizada.

pH2 = pH leído para el blanco.



ANEXO 3

Método de análisis proximal recomendado por la AOAC (1990)**a. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD****Fundamento**

El método se basa en la pérdida de peso que sufre una muestra por calentamiento, hasta obtener peso constante.

Técnica

Se pesa 5g de la muestra y se seca en una estufa a una presión atmosférica, a una temperatura de 130°C y durante 6 horas, transcurrido ese tiempo y operando rápidamente se retira la muestra de la estufa, una vez tapado y colocado en el desecador, pesar en cuanto se enfríe.

Reportar los resultados de humedad usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida en peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

b. DETERMINACIÓN DE CENIZA**Fundamento**

Se basa en la incineración de las sustancias orgánicas presentes en la muestra por la acción de alta temperatura.

Técnica

Se pesa 5 g de muestra, antes de usar las cápsulas de incineración, calentarlas en el horno a una temperatura de 600°C durante 1 hora, enfriarlas en el desecador y pesarlas cuando alcancen la temperatura ambiente. Introducir la muestra pesada en la cápsula repartiéndola en una capa de espesor uniforme, colocar la cápsula al horno a incineración, continuar hasta lograr la combustión total de la muestra a 550-570°C, retirar la cápsula y colocarla en un desecador para que se enfríe y pesar. El porcentaje de cenizas se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso de ceniza (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

c. DETERMINACIÓN DE GRASA

Fundamento

Se somete la muestra a la acción de un solvente (Hexano-éter) de materia grasa, usando un extractor y evaporando el disolvente, una vez agotada la materia grasa el aumento de peso del recipiente que ha recogido durante la operación nos dará la materia grasa.

Técnica

Pesar 3 g de muestra molida y desecada a 100°C y envolverla en papel filtro seguidamente colocar en el equipo Soxhlet, la grasa se extrae con hexano, continua la extracción hasta que el hexano se vuelva incoloro y se pesa el residuo de grasa cuando alcanza la temperatura ambiente. El porcentaje de grasa viene dado por la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{P1 - P2}{P} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del matraz con el extracto (g)

P2= Peso del matraz vacío (g)

P = Peso de la muestra (g)

d. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

Fundamento

Este método consiste en la transformación de los compuestos nitrogenados presentes en el haba por acción del ácido sulfúrico concentrado en caliente, obteniéndose como resultado sulfato de amonio, el cual después es destilado a amoniaco. El procedimiento consiste en tres fases: digestión, destilación y titulación.

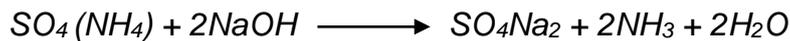
- *Digestión:* Por ebullición con H_2SO_4 concentrado en presencia de catalizadores, la materia orgánica se oxida a CO_2 y agua, mientras que una parte del ácido se reduce a SO_2 .



El nitrógeno transformado en NH_3 se combina con la parte restante del ácido sulfúrico para formar sulfato de amonio.



- *Destilación:* Mediante esta operación el nitrógeno que está en forma de sulfato de amonio, se ataca con un álcali fuerte que es la soda caustica (NaOH) para liberar amoniaco. El vapor de agua arrastra el amoniaco y después de la condensación lograda con la ayuda del refrigerante, el hidrato de amonio se recibe en el Erlenmeyer.



- *Titulación:* Se hace con ácido clorhídrico de normalidad conocida. El ácido clorhídrico reacciona con el borato de amonio y un pequeño exceso de HCl provocará un cambio de pH y el consiguiente viraje de la muestra.

Técnica

Pesar 0.3 g de muestra, luego agregar 1 g de catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de potasio y sulfato de cobre) para acelerar la reacción. Limpiar con un poco de agua el cuello del balón de digestión, agregar 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado y colocar el balón en la cocina de digestión. La digestión termina cuando el contenido del balón es completamente cristalino.

Colocar la muestra digerida en el aparato de destilación, agregar 5 mL de NaOH concentrado e inmediatamente conectado el vapor para que se produzca la destilación. Conectar el refrigerante y recibir el destilado en un Erlenmeyer conteniendo 5 mL de la mezcla de ácido bórico más indicador de pH. La destilación termina cuando ya no pasa más amoníaco y hay viraje del indicador. Luego se procede a la destilación con HCl valorado 0.05 N, anotar el gasto.

La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{ml HCl} \times \text{N} \times \text{meq}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

Para obtener la cantidad de proteína bruta, se multiplica por el factor correspondiente (6.25).

N = Normalidad del HCl.

meq = Miliequivalente del nitrógeno

e. DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

Fundamento

La fibra bruta se determina eliminando los carbohidratos solubles por hidrólisis a compuestos más simples (azúcares) mediante la acción de los ácidos y los álcalis débiles en caliente, y las cenizas (por diferencia de peso después de la ignición de la materia fibrosa obtenida)

Técnica

- *Primera digestión.* - Pesar un gramo de muestra en un vaso de 600 mL, hervir durante 30 min con 200 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 1.25%. Luego de 30 minutos de hervido, filtrar y lavar con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez.
- *Segunda digestión.* - Añadir 200 mL de NaOH 1.25% y hervirlo por 30 minutos más (cuidar durante todo ese tiempo), filtrar al vacío en una cápsula de cerámica porosa, lavando con agua destilada caliente. Luego poner a la estufa

por 2 horas y pesar, este peso se llamará P1. Luego se coloca a la mufla para eliminar la materia orgánica y obtener las cenizas y se pesan nuevamente (P2).

Para calcular el porcentaje de fibra cruda se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{P1 \times P2}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100$$

f. DETERMINACIÓN DE CARBOHIDRATOS

Se obtiene por diferencia de 100, la suma de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra cruda.



ANEXO 4.

Resultados del análisis de la solubilidad proteica, el índice de ureasa y la proteína total de muestra de harina de haba crudo y tostado

CÓDIGO	TEMPERATURA VS. TIEMPO	REPETICIÓN	% SOLUBILIDAD DE PROTEÍNA EN KOH	ÍNDICE DE UREASA (Variación de pH)	% PROTEÍNA TOTAL
1	Haba cruda	1	94.07	0.21	31.68
2	Haba cruda	2	94.01	0.21	30.79
3	Haba cruda	3	94.02	0.20	31.91
4	120°C-10min	1	92.86	0.04	31.24
5	120°C-10min	2	92.41	0.04	32.35
6	120°C-10min	3	94.33	0.03	32.80
7	120°C-15min	1	88.14	0.01	33.25
8	120°C-15min	2	87.21	0.02	32.58
9	120°C-15min	3	86.52	0.02	31.46
10	120°C-20min	1	79.28	0.01	33.02
11	120°C-20min	2	80.54	0.01	33.25
12	120°C-20min	3	80.82	0.01	32.58
13	130°C-10min	1	87.32	0.02	31.68
14	130°C-10min	2	87.56	0.01	33.47
15	130°C-10min	3	88.08	0.02	30.57
16	130°C-15min	1	78.91	0.01	32.80
17	130°C-15min	2	79.11	0.01	33.47
18	130°C-15min	3	79.08	0.01	32.35
19	130°C-20min	1	68.04	0.00	32.58
20	130°C-20min	2	67.63	0.00	31.01
21	130°C-20min	3	68.01	0.00	33.25

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos EPIA-UNA-PUNO (2014).

ANEXO 5.

**Resultados del análisis de la composición química de muestra de harina
de haba crudo y tostado**

REP	TEMPERATURA VS TIEMPO	% HUMEDAD	% CENIZA (bs)	% PROTEINA (bs)	% GRASA (bs)	% FIBRA (bs)	% CARBOHIDRATOS
1	Haba crudo	7.81	2.49	31.68	1.81	1.33	54.88
2	Haba crudo	7.66	2.47	30.79	1.77	1.35	55.96
3	Haba crudo	7.73	2.43	31.91	1.82	1.32	54.80
1	120°C-20min	4.00	2.58	33.02	1.62	1.22	57.55
2	120°C-20min	4.01	2.56	33.25	1.63	1.20	57.35
3	120°C-20min	4.00	2.59	32.58	1.68	1.23	57.92
1	130°C-15min	4.18	2.54	32.80	1.70	1.29	57.49
2	130°C-15min	4.19	2.44	33.47	1.65	1.30	56.95
3	130°C-15min	4.21	2.51	32.35	1.68	1.27	57.98

FUENTE: Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos EPIA-UNA-PUNO (2014).



ANEXO 6.

Promedios de la variación de la solubilidad proteica del grano de haba

Parámetros			Solubilidad proteica	Solubilidad proteica
Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	N° Repetición	(Porcentaje)	($\bar{X} \pm S$)
Haba crudo		1	94.07	94.03 ± 0.03215
		2	94.01	
		3	94.02	
120	10	1	92.86	93.20 ± 0.01004
		2	92.41	
		3	94.33	
120	15	1	88.14	87.29 ± 0.00812
		2	87.21	
		3	86.52	
120	20	1	79.28	80.21 ± 0.00812
		2	80.54	
		3	80.82	
130	10	1	87.32	87.65 ± 0.00386
		2	87.56	
		3	88.08	
130	15	1	78.91	79.03 ± 0.00107
		2	79.11	
		3	79.08	
130	20	1	68.04	67.89 ± 0.00230
		2	67.63	
		3	68.01	

\bar{X} : Promedio de tres repeticiones.
S : Desviación Estándar.

ANEXO 7.

Promedios de la variación del índice de ureasa del grano de haba

Parámetros			Índice de Ureasa	Índice de Ureasa
Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)	N° Repetición	(Δ pH)	(Δ pH) ($\bar{X} \pm S$)
Haba crudo		1	0.20	0.207 ± 0.00577
		2	0.21	
		3	0.21	
	10	1	0.04	0.037 ± 0.00577
		2	0.04	
		3	0.03	
120	15	1	0.01	0.017 ± 0.00577
		2	0.02	
		3	0.02	
	20	1	0.01	0.010 ± 0.00
		2	0.01	
		3	0.01	
	10	1	0.02	0.017 ± 0.00577
		2	0.01	
		3	0.02	
130	15	1	0.01	0.010 ± 0.00
		2	0.01	
		3	0.01	
	20	1	0	0.00 ± 0.00
		2	0	
		3	0	

\bar{X} : Promedio de tres repeticiones.

S : Desviación Estándar.

ANEXO 8.

Promedios de la variación de la composición química del grano de haba

Componente	HABA CRUDA	HABA TOSTADA	
	($\bar{x} \pm s$)	120°C 20 minutos ($\bar{x} \pm s$)	130°C 15 minutos ($\bar{x} \pm s$)
Humedad (%)	7.73 ± 0.00073	4.01 ± 0.00006	4.19 ± 0.00014
Ceniza (%) bs	2.46 ± 0.00033	2.58 ± 0.00013	2.50 ± 0.00048
Grasa (%) bs	1.80 ± 0.00026	1.64 ± 0.00032	1.68 ± 0.00025
Fibra (%) bs	1.33 ± 0.00015	1.22 ± 0.00015	1.29 ± 0.00045
Proteína (%) bs	31.46 ± 0.00590	32.95 ± 0.00341	32.87 ± 0.00562
Carbohidratos (%)	55.21 ± 0.00647	57.61 ± 0.00291	57.47 ± 0.00518

\bar{x} : Promedio de tres repeticiones

S: Desviación estándar



ANEXO 9.

IMÁGENES



Imagen 1. Tostado de habas



Imagen 2. Pirómetro a 120°C



Imagen 3. Pirómetro a 130°C



Imagen 4. Habas tostadas y peladas a 120°C y 10 minutos



Imagen 5. Habas tostadas y peladas a 120°C y 15 minutos



Imagen 6. Habas tostadas y peladas a 120°C y 20 minutos



Imagen 7. Habas tostadas y peladas a 130°C y 10 minutos



Imagen 8. Habas tostadas y peladas a 130°C y 15 minutos



Imagen 9. Habas tostadas y peladas a 130°C y 20 minutos

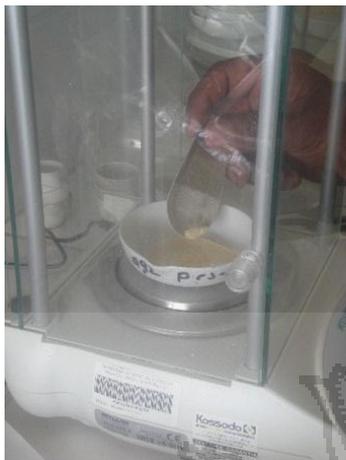


Imagen 10. Pesado de muestras

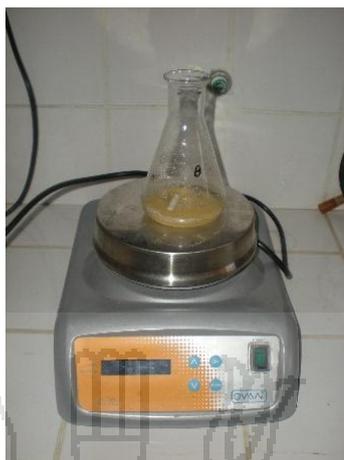


Imagen 11. Muestra en el agitador



Imagen 12. pH digital



Imagen 13. Centrífuga



Imagen 14. Muestras en tubos de ensayo



Imagen 15. Medición del pH de las muestras



Imagen 16. Titulación de muestras



Imagen 17. Viraje de las muestras



Imagen 18. Equipo analizador de proteínas