

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**  
(Creada por ley Nro. 29531)

**UNACH**



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Efecto del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad, el color y la aceptabilidad de una bebida instantánea elaborada a base de haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum Sativum L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*).**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR** : Bach. Rubio Nuñez Segundo Fermin

**ASESOR** : Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto

**COASESOR:** Mg. Juan Carlos Solano Gaviño

**CHOTA – PERU**

**2021**

Mg. Juan Carlos Solano Gaviño  
N° Reg. C.I.P: 214305  
Docente E.P.I.A - UNACH

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 007-2022/EPIA - FCA/UNACH

Siendo las 10:30 horas, del día 26 abril de 2022, en video conferencia del aplicativo Meet Google (<https://meet.google.com/chf-mfny-ppo?authuser=0>), los miembros del Jurado de Tesis titulada:

“Efecto del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad, el color y la aceptabilidad de una bebida instantánea elaborada a base de haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.)”, integrado por:

1. M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigos (Presidente)
2. Dra. Melina Luz Mary Cruzado Bravo (Secretario)
3. M.Sc. James Euler Villar Estrada (Vocal)

Sustentada por el Bach. Segundo Fermin Rubio Nuñez, con la finalidad de obtener el título en Ingeniería Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, no aprobar)... la tesis, calificándola con la nota de: doce, se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el Título de Ingeniero Agroindustrial

Firmado en: Chota, 26 de abril del 2022



.....  
Presidente



.....  
Secretario



.....

Vocal

## **Agradecimientos**

**Agradezco a Dios**, por cuidarme cada día de mi vida y darme salud, fortaleza e inteligencia durante todos los años de estudio desde el nivel inicial, primario, secundario y superior, factores que son principales para conseguir mis metas trazadas en la vida.

**Agradezco también a mi mamá**, María Santos Nuñez Tarrillo quien me dio la vida y cuidado de mí desde muy pequeño, por apoyarme siempre moral y económicamente, en especial también **agradezco a mi padre**, Fermin Rubio Mejía, que desde el cielo siempre me protege y me da la fuerza y la esperanza de seguir luchando por lograr mis objetivos.

**Agradecimiento a mis asesores**, Ph. D. Frank Velásquez Barreto, mi asesor y el Mg. Juan C Solano Gaviño, mi coasesor, por dedicar su tiempo en darme asesoría constante para la ejecución de toda la investigación.

**A mis docentes**, que contribuyeron a mi formación académica y profesional en todos los niveles inicial, primario, secundario y superior, la cual me impartieron mucha enseñanza moral, ética e intelectual.

**A mis amigos**, por el apoyo moral y los buenos deseos de continuar siempre con optimismo durante todo tiempo de la ejecución de mi investigación.

**A las autoridades de la representantes de la Universidad Nacional Autónoma de Chota**, por acogerme en su campus universitario y haberme brindado sus ambientes de laboratorios para la ejecución de mi proyecto.

## **Dedicatoria**

A mi madre, María Santos Nuñez Tarrillo, por haberme brindado lo mejor de ella, haberme aportado con su dedicación de todo su tiempo, esfuerzo, empeño y por el apoyo incondicional durante todo el trayecto de mi vida y el proceso de formación personal, ya que todo lo que he logrado se la debo a Dios y a ella, y es para mí el eje fundamental que me inspira a seguir adelante y alcanzar muchos sueños.

A mi padre, que desde el cielo es el ángel de mi guarda junto a Dios, el siempre guía mis pasos para conducirme por el sendero del bien y me aparta de todo peligro. Gracias papá, Fermin Rubio Mejía, siempre vivirás en mi corazón.

A todos mis hermanos, por sus buenos consejos y el constante apoyo moral, y económico que me han brindado durante toda mi formación profesional.

## Índice de contenidos

Resumen.....	11
Abstract.....	12
CAPITULO I .....	13
Introducción .....	13
CAPITULO II.....	15
Marco teórico.....	15
2.1. Antecedentes de estudio.....	15
2.2. Bases teóricas.....	19
2.2.1. Haba.....	19
2.2.1.1. Tipos y variedades de haba.....	19
2.2.1.2. Estructura de la semilla de haba.....	20
2.2.1.3. Composición nutricional y valor nutritivo de los granos de haba.....	20
2.2.1.4. Arveja.....	21
2.2.1.5. Origen de la arveja.....	21
2.2.1.6. Composición química y nutritiva de la arveja.....	22
2.2.1.7. Taxonomía de la arveja.....	22
2.2.1.8. Estructura de la semilla de arveja.....	23
2.2.1.9. Variedades botánicas de la arveja.....	24
2.2.2. Cebada.....	25
2.2.2.1. Origen de la cebada.....	25
2.2.2.2. Clasificación taxonómica de la cebada.....	25
2.2.2.3. Valor nutricional de la cebada.....	26

2.2.2.4. Variedades de cebada.....	27
2.2.3. Tostado de granos .....	27
2.2.3.1. Laminado. ....	28
2.2.3.2. Ebullición.....	29
2.2.3.3. Hornos rotativos de calentamiento directo. ....	29
2.2.3.4. Hornos rotativos de calentamiento indirecto. ....	30
2.2.3.5. Efecto del tostado sobre las propiedades nutricionales.....	31
2.2.3.6. Cambios físicos de los granos durante el tostado. ....	31
2.2.3.7. Cambios químicos de los granos durante el tostado. ....	32
2.2.3.8. Pérdida de materia seca.....	32
2.2.3.9. Medición del grado de tostado.....	33
2.2.4. Molienda .....	33
2.2.5. Bebidas alimenticias .....	34
2.2.5.1. Tipos de bebidas.....	34
2.2.5.2. Tipos de bebidas en polvo.....	35
2.2.5.3. Bebida elaborada a base de haba. ....	35
2.2.5.4. Harina y bebida de cebada. ....	35
2.2.5.5. Aspectos físicos y químicos de las bebidas. ....	35
2.2.5.6. Aspectos sensoriales de las bebidas.....	36
2.2.5.7. Tipos de pruebas del análisis sensorial para las bebidas.....	37
2.2.6. Optimización.....	38
2.2.6.1. El Modelo.....	38
2.2.6.2. Procedimiento. ....	38
2.2.6.3. Diseño experimental. ....	39
2.2.6.4. Función deseabilidad. ....	39

2.3. Marco conceptual.....	40
2.3.1. Bebida instantánea .....	40
2.3.2. Solubilidad .....	40
2.3.3. Color .....	41
2.3.4. Aceptabilidad .....	41
CAPITULO III.....	42
Marco metodológico .....	42
3.1. Ubicación .....	42
3.2. Población y muestra.....	42
3.2.1. Población.....	42
3.2.2. Muestra .....	42
3.3. Equipos, materiales e insumos.....	43
3.3.1. Equipos .....	43
3.3.2. Materiales.....	43
3.3.3. Reactivos e insumos.....	44
3.4. Metodología experimental .....	44
3.4.1. Descripción del proceso para la elaboración de la bebida instantánea. ....	46
3.4.1.1. Recepción de la materia prima.....	47
3.4.1.2. Selección.....	47
3.4.1.3. Tostado.....	47
3.4.1.4. Molido.....	47
3.4.1.5. Tamizado.....	47
3.4.1.6. Mezclado.....	47
3.4.1.7. Dilución.....	47
3.4.1.8. Bebida instantánea.....	48

3.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.4.2.1. Análisis químico proximal.....	48
3.4.2.2. Solubilidad.....	48
3.4.2.3. Color. ....	49
3.4.2.4. Aceptabilidad.....	49
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico .....	50
3.5.1. Procesamiento, presentación, análisis e interpretación de los datos.....	50
3.5.1.1. Diseño central compuesto rotacional para el proceso de tostado. . ....	50
3.5.1.2. Diseño de mezclas para polvos de granos tostados. ....	52
CAPITULO IV.....	54
Resultados y discusión.....	54
4.1. Caracterización químico proximal de los granos de haba, cebada y arveja.....	54
4.2. Resultado para el análisis de solubilidad y color de los granos tostados.....	55
4.2.1. Solubilidad.....	54
4.2.1. Color .....	56
4.3. Análisis de varianza y superficie de respuesta para la solubilidad y el $\Delta E$ .....	58
4.4. Parámetros ideales de tostado utilizando la función deseabilidad.....	60
4.4.1. Condiciones ideales del proceso de tostado.....	61
4.4.2. Aceptabilidad de la mezcla de granos tostados y molidos.....	61
CAPITULO V.....	65
Conclusiones.....	65
Recomendaciones .....	66
CAPITULO VI.....	67
Referencias bibliográficas.....	67
CAPITULO VII .....	79

Anexos .....	79
--------------	----

### Índice de tablas

Tabla 1. Tipos y variedades de haba en el Perú.....	19
Tabla 2. Composición química del haba por 100 g de porción comestible .....	21
Tabla 3. Composición de la arveja por cada 100g .....	22
Tabla 4. Taxonomía de la arveja.....	23
Tabla 5. Clasificación taxonómica de la cebada.....	25
Tabla 6. Composición química de la cebada por cada 100 gramos .....	26
Tabla 7. Cambios fisicoquímicos de los granos en el tostado .....	32
Tabla 8. Pérdida de materia seca por grado de tueste (%) .....	33
Tabla 9. Comparación del tamaño y número de partículas de granos con distintas formas de molido .....	34
Tabla 10. Equipos utilizados en la durante el desarrollo de la investigación .....	43
Tabla 11. Materiales utilizados durante el desarrollo de la investigación .....	44
Tabla 12. Métodos utilizados para la determinación del análisis químico proximal.....	48
Tabla 13. Escala hedónica de cinco puntos para la evaluación sensorial de la bebida instantánea .....	49
Tabla 14. Parámetros de tiempo y temperatura propuestos por el DCCR.....	50
Tabla 15. Valores usados en DCCR para el tostado de los granos .....	52
Tabla 16. Puntos experimentales del diseño de mezclas simplex centroide aumentado de las harinas de granos tostados de haba, arveja y cebada. ....	53
Tabla 17. Caracterización químico proximal de los granos de haba, arveja y cebada. ....	54
Tabla 18. Resultados de solubilidad (%) y el ( $\Delta E$ ) para haba, arveja y cebada tostada. ....	55
Tabla 19. Análisis de varianza y coeficientes de regresión del modelo de superficie de respuesta para la solubilidad de granos tostados de haba, arveja y cebada. ....	59
Tabla 20. Análisis de varianza y coeficientes de regresión del modelo de superficie de respuesta para el diferencial de color ( $\Delta E$ ) de granos tostados de haba, arveja y cebada. ....	60
Tabla 21. Parámetros ideales de tiempo y temperatura de tostado de los granos de haba, arveja y cebada determinados utilizando la función deseabilidad.....	61

Tabla 22. Resultados de la aceptabilidad de la mezcla de los componentes de haba, arveja y cebada en los tratamientos experimentales .....	62
Tabla 23. Análisis de varianza y coeficientes del modelo para aceptabilidad en función al porcentaje de haba, arveja y cebada.....	63

### Índice de figuras

Figura 1. Estructura de la semilla de haba .....	20
Figura 2. Estructura de la semilla de la arveja .....	23
Figura 3. Principales cambios en el tostado de los granos .....	28
Figura 4. Horno de calentamiento directo.....	29
Figura 5. Horno de calentamiento indirecto .....	30
Figura 6. Esquema experimental del estudio realizado .....	45
Figura 7. Esquema para la elaboración de la bebida instantánea.....	46
Figura 8. Diseño Simplex – Centrado Aumentado (DSCA).....	52
Figura 9. Superficie de respuesta de la solubilidad de los granos tostados de haba (a), arveja (b) y cebada (c).....	56
Figura 10. Superficie de respuesta del diferencial de color ( $\Delta E$ ) de los granos tostados de haba (a), arveja (b) y cebada (c). .....	57
Figura 11. Gráfica de contorno del modelo cuadrático para los valores de aceptabilidad de las mezclas (a) y tratamiento con mayor aceptabilidad utilizando la función deseabilidad (b). .....	64

## Resumen

La finalidad del estudio fue identificar el efecto del tiempo y temperatura de tostado sobre la solubilidad, el diferencial de color ( $\Delta E$ ) y la aceptabilidad de la bebida elaborada de haba, arveja y cebada, a fin de determinar los parámetros ideales de tostado y diseñar una adecuada mezcla de harina de granos para obtener la bebida instantánea. El estudio se realizó en dos fases. La primera se realizó utilizando un diseño central compuesto rotacional (DCCR), para obtener las variables independientes del proceso de tostado de cada grano en función a las variables de respuesta solubilidad y  $\Delta E$ ; siendo los parámetros ideales de tostado tiempo y temperatura en función a la solubilidad y el  $\Delta E$  17,5 min y 190 °C para el haba, 10 min y 190 °C para la arveja, y 17,5 min y 212,5 °C para la cebada. En otra fase se aplicó el diseño simplex centroide para las harinas obtenidas de los granos tostados en condiciones adecuadas de la primera fase, para determinar la mezcla ideal en función a la aceptabilidad de la bebida instantánea. Los resultados muestran que los granos tostados y molidos presentaron porcentajes de solubilidad de 2,45 a 23,61 %, siendo la de mayor solubilidad de la cebada (23,61 % a 25 min y 220 °C), seguida por el haba (6,64 % a 25 min y 190 °C) y la arveja (4,68 % a 14 min y 194 °C). El  $\Delta E$  mostró valores desde 28,25 a 56,92, siendo el más alto el de arveja (56,92 a 14 min y 194 °C), seguido por el de haba (56,72 a 25 minutos y 190 °C) y la cebada (50,76 a 25 minutos y 190 °C). El tiempo y temperatura de tostado lineal (valor  $p=0,048590$  y valor  $p=0,018253$ ) y su interacción (valor  $p=0,036942$ ) tuvieron efecto significativo sobre la solubilidad de los granos tostados de arveja, por otro lado, solo hay efecto significativo de temperatura de tostado lineal en la solubilidad para granos de cebada (valor  $p=0,006643$ ). Respecto al  $\Delta E$ , el tiempo y temperatura de tostado lineal tuvieron efecto significativo ( $p<0,05$ ) para los tres granos. Los modelos cuadráticos fueron significativos para solubilidad de los granos de arveja (valor  $p=0,0052$ ) y cebada (valor  $p=0,0003$ ) y para el  $\Delta E$  de los granos tostados de haba (valor  $p=0,00047$ ), arveja (valor  $p=0,00018$ ) y cebada (valor  $p=0,0015$ ). Aplicando el modelo polinómico se determinaron las condiciones ideales del procesamiento de la segunda fase y la mezcla ideal en función a la aceptabilidad fue la combinación de 50% de haba y 50% de cebada. Esta mezcla de haba y cebada presentó una gran aceptabilidad en el análisis sensorial.

**Palabras clave:** bebida instantánea, color, solubilidad, optimización, aceptabilidad.

## Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of roasting time and temperature on the solubility, the color differential ( $\Delta E$ ) and the acceptability of the instant beverage made from broad bean, pea and barley, in order to determine the ideal roasting parameters. roasting and design a suitable mixture of grain flour to obtain the instant drink. The study was carried out in two phases. The first was carried out using a Central Composite Rotational Design (DCCR), to obtain the independent variables of the roasting process of each bean based on the response variables solubility and  $\Delta E$ ; being the ideal parameters of roasting time and temperature based on solubility and  $\Delta E$  17.5 min and 190 °C for broad beans, 10 min and 190 °C for peas, and 17.5 min and 212.5 °C for barley. In the second phase, the simplex centroid design was applied to the flours obtained from the roasted grains under adequate conditions of the first phase, to determine the ideal mixture based on the acceptability of the instant beverage. The results show that the roasted and ground grains presented solubility percentages from 2.45 to 23.61%, with the highest solubility being barley (23.61% at 25 min and 220 °C), followed by broad beans (6.64% at 25 min and 190 °C) and peas (4.68% at 14 min and 194 °C). The  $\Delta E$  showed values from 28.25 to 56.92, with the pea being the highest (56.92 at 14 min and 194 °C), followed by the broad bean (56.72 at 25 minutes and 190 °C). and barley (50.76 at 25 minutes and 190 °C). Linear roasting time and temperature (p value=0.048590 and p value=0.018253) and their interaction (p value=0.036942) had a significant effect on the solubility of roasted pea grains, on the other hand, A significant effect of linear roasting temperature on solubility is only observed for barley grains (p value=0.006643). Regarding  $\Delta E$ , linear roasting time and temperature had a significant effect (p<0.05) for the three grains. Quadratic models were significant for solubility of pea grains (p value= 0.0052) and barley (p value=0.0003) and for the  $\Delta E$  of roasted broad bean grains (p value=0.00047), pea (p value=0.00018) and barley (p value=0.0015). Applying the polynomial model, the ideal conditions for the processing of the second phase were determined and the ideal mixture based on acceptability was the combination of 50% broad bean and 50% barley. This mixture of broad bean and barley presented a great acceptability in the sensory analysis.

**Keywords:** instant beverage, color, solubility, optimization, acceptability.

## **CAPITULO I**

### **Introducción**

Actualmente, casi todos los consumidores se basan en encontrar productos que les permitan llevar una vida saludable, y brinden beneficios nutricionales a nuestro organismo; tales razones han hecho que aumente la demanda de bebidas saludables, las cuales vienen generando altas expectativas, y la tendencia de manera global está enfocada a consumir productos sanos y nutritivos. Según la Agencia Peruana de Noticias Andina (2017), existe una gran demanda por el consumo de bebidas saludables en el Perú, debido a la dinámica del mercado que crece a un ritmo muy alto gracias a los mejores hábitos de alimentación. Los consumidores de bebidas instantáneas buscan siempre una opción más saludable a través de la elaboración de productos naturales, que utilicen como insumo, a los alimentos producidos en las zonas andinas como granos, frutas, hortalizas, tubérculos y raíces.

Los granos son alimentos que exhiben un alto valor nutritivo, son ricos en almidón, fuente energética, y presentan un alto contenido de fibra dietética, las cuales son beneficiosas para la salud de las personas. Los granos o cereales se pueden consumir en distintas formas y presentaciones como sopas, pan, productos derivados de la panadería, harinas, granos tostados, etc. Entre los cereales de mayor consumo y de amplio beneficio para la salud están: la cebada, la avena, el centeno, el trigo, y el maíz (Cotapos, 2006).

El desarrollo de nuevos alimentos a partir de origen vegetal, animal u otras fuentes es muy importante para la industria de alimentos. Dentro de estas fuentes encontramos a los granos y leguminosas como la arveja, cebada, frejoles, haba, etc. Estos granos en general, sobre todo las leguminosas, contienen bastantes proteínas y un excelente balance de aminoácidos; así como componentes de ácidos grasos, fibra, minerales, etc. No obstante, algunos de estos granos contienen sustancias amargas y astringentes que producen un bajo consumo de estos productos. Por ello, la búsqueda de un tratamiento para reducir estas sustancias o realizar mezclas alimenticias a partir de estos granos es de suma importancia.

Es por ello que realizar una estandarización de los procesos es una buena alternativa ya que nos permite encontrar los parámetros ideales de tostado o aplicación de calor y generar una bebida con alta aceptabilidad sensorial con porcentajes de harinas que las personas al consumirla se sientan satisfechos; estudios realizados indican que la estandarización es una buena técnica para

encontrar una bebida agradable; por ejemplo (Huayra, 2016) realizó un proceso de estandarización del proceso para una premezcla de tarwi y quinua para la elaboración de un producto de panificación, logrando obtener un producto muy agradable sensorialmente.

La cebada es un grano que ha sido muy utilizado en la industria alimentaria en forma directa o como granos tostados debido a sus buenas características sensoriales y propiedades funcionales. Así mismo, existen otros tipos de granos que pueden ser utilizados por la industria alimentaria para la producción de bebidas instantáneas (Aspiazu et al., 2009). Las leguminosas y cereales son alimentos que contienen un alto valor nutritivo, debido a la gran riqueza en fibra, lípidos, carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, tales características indican que estos granos pueden ser una excelente alternativa como materia prima para obtener una bebida instantánea tostada o sucedáneo del café (Aspiazu Et al., 2009).

El haba (*Vicia faba*) se considera una leguminosa cultivada en los andes de Sudamérica y el Perú, de alto valor nutricional y de escaso procesamiento, que se consume directamente o como harina en la gastronomía (Villareal A, 2013). Otra leguminosa importante en la canasta familiar de las comunidades andinas es la arveja por ser una excelente fuente de fibras, carbohidratos, minerales, vitaminas y proteínas. Presenta además un bajo contenido de sodio, colesterol y no contiene gluten, por tal motivo es utilizado en la dieta de personas que padecen enfermedades cardiovasculares, diabéticas y celiacas (BCAMPDERA, 2013).

No obstante, existe una alta demanda por el consumo de bebidas instantáneas como el café, el cual puede causar algunos efectos nocivos afectando la salud de la población, debido su alto contenido de ciertos compuestos como la cafeína. Por ello, se debería evaluar la elaboración de bebidas instantáneas alternativas a partir de granos tostados.

Entonces, el daño que pueda causar a los consumidores ciertas bebidas como el café, el incremento de la demanda por las bebidas instantáneas saludables y el escaso valor agregado a los productos andinos, motivaron el desarrollo del estudio con el fin de fomentar el consumo de alimentos andinos como el haba, la arveja y la cebada producidos en provincia de Chota, a través de la elaboración de esta bebida con carácter funcional. Por ello, la finalidad de mi investigación tuvo como objetivo principal evaluar el efecto del tiempo y temperatura de tostado sobre la solubilidad, el color y la aceptabilidad de la bebida instantánea en base de haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.), a fin de determinar los parámetros óptimos del tostado y la mezcla de granos para obtener una bebida instantánea aceptable.

## CAPITULO II

### Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes De Estudio

Algunas investigaciones han utilizado el tostado para reducir el contenido de componentes anti nutricionales de los granos de haba como la vicina y convicina (Cardador-Martínez et al., 2012; Ivarsson y Wall, 2017). También, el proceso de tostado y cocción han sido utilizados para reducir componentes inhibidores de la tripsina como arveja, maní y lentejas (Embaby, 2010; Ma et al., 2011; Borse et al., 2016). Sin embargo, este proceso puede reducir otros compuestos benéficos para la salud presentes en granos y cotiledones de haba como L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-DOPA) ácidos fenólicos, flavonoides, proantocianinas y antocianinas; así mismo, esta reducción depende de la intensidad del tostado (Cardador-Martínez et al., 2012; Siah, 2014). Adicionalmente, en el tostado se generan componentes volátiles por la reacción de Maillard que producen características sensoriales aceptables por los consumidores (Fikuru et al., 2017; Hatamian et al., 2020). Por ello, la intensidad del proceso de tostado de los granos debe ser optimizada a fin de obtener productos con una buena calidad nutricional, funcional y sensorial.

Colca (2014) estudió los cambios que puede generar el tiempo y la temperatura de tostado sobre la composición, el índice de ureasa y la solubilidad proteica del haba INIA 423 blanca gigante Yunguyo. Las muestras utilizadas fueron de 1,5 kg y la partícula de tamaño 0,25 mm, a temperatura de tostado de 120 y 130 °C por 10, 15 y 20 min. Obteniendo como resultados que el índice de ureasa y la solubilidad proteica disminuye significativamente ( $p < 0,05$ ) en función al aumento del tiempo y la temperatura de tostado (de 94,03% haba cruda a 67,89%, haba tostada a 130 °C por 30 min). Así mismo, se observó cambios significativos ( $p < 0,05$ ) en composición química (cenizas, proteínas, humedad, grasa y carbohidratos) de los granos tostados a diferentes temperaturas y tiempos.

Pizaani et al (2006), evaluaron los cambios que puede causar el tostado en el valor de energía metabólica verdadero y composición de factores anti nutricionales de la harina de los granos de *Canavalia ensiformis*. Los granos fueron tostados a 180, 200, 220 y 230 °C por 3 min; 230 y 240 °C por 2min; 230 y 240 °C por 1min. El tostado redujo la composición de factores anti nutricionales de la harina de los granos. El diferencial del color ( $\Delta E$ ) de las harinas tostadas en

comparación a las harinas crudas fueron de 8,1 a 32,9 (parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ). Se observó que las harinas tostadas a altas temperaturas y prolongados tiempos presentaron una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) en el  $\Delta E$ . Así mismo, la solubilidad de la proteína de las harinas tostadas fue reducida considerablemente ( $p < 0,05$ ) comparando con la harina cruda y esta diferencia fue mayor a medida que se incrementó el tiempo y temperatura de tostado.

Rufian-Henares et al. (2009) evaluaron el proceso de la reacción de Maillard durante el proceso de tostado de harinas de trigo blando e integral, maíz, avena, arroz y soja. Las muestras fueron mezcladas y homogenizadas y se les aplicó un tratamiento a temperatura de 180 °C, en un tiempo de 3, 6 y 10 min; luego se midió el  $\Delta E$  y los componentes de la reacción de Maillard. El  $\Delta E$  se incrementó a los 6 min de tostado y este parámetro se redujo a los 10 min de tostado en la harina de trigo integral y maíz, mientras los otros granos mostraron una ligera reducción a este tiempo de tostado. Las muestras tostadas a tiempos de 6 y 10 min incrementaron la producción de compuestos de reacción de Maillard como el furfural, glucosilmaltol y furosina.

Sharma et al. (2011) evaluaron los cambios durante el tostado de los granos de cebada, con respecto a las variaciones en los componentes físicos y químicos, texturales, color y térmicas de cebada descascarada. El proceso de tostado se realizó a 280 °C durante 20s en un tostador de arena. El  $\Delta E$  de la harina varió significativamente ( $p < 0.05$ ) entre cultivares y osciló entre 83,7 y 87,4. El tostado de cebada disminuyó significativamente el  $\Delta E$  para todos los cultivares. Esta reducción del  $\Delta E$  es debido al comportamiento de Maillard y las reacciones de pardeamiento que producen pigmentos marrones de bajo y alto peso molecular en etapa avanzada de la reacción de pardeamiento. Así mismo, el tostado afectó las propiedades adhesivas y térmicas de las harinas con un aumento en el contenido de almidón gelatinizado y tiene relación con la mayor solubilidad en agua, absorción de agua y capacidad de absorción de aceite de la harina de granos tostado.

Hatamian Et al. (2020) identificaron la acción del tostado sobre las características funcionales, índice de tostado y características antioxidantes de la harina de semilla de chía. El tostado se realizó a 160 y 180 °C por un tiempo de 15 a 35 min. La solubilidad de los granos tostados aumentó de 15% (muestra sin tostar) a 20% a medida que se incrementó el tiempo y la temperatura de tostado ( $p < 0.05$ ). El índice de tostado o cantidad de cambio de color hacia el marrón y relaciona los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , aumentó significativamente a una temperatura y

tiempo de tostado más altos ( $p < 0.05$ ), de modo que la muestra tostada a una temperatura de 180 °C durante 35 min presentó un índice de tostado más alto (25%) que la muestra sin tostar (20%). Los autores mencionan que el aumento de la solubilidad es debido a la reducción de la longitud de las moléculas de almidón a moléculas menor peso molecular (dextrina) y el incremento del color marrón (índice de tostado) es debido al pardeamiento no enzimático.

Schlörmann et al. (2019) investigaron el impacto del tostado en los parámetros de 160 a 200 °C por 20 min sobre la calidad sensorial, los compuestos relacionados con la salud y la viscosidad en granos de cebada ricos en  $\beta$ -glucanos, copos finos y gruesos. La calidad sensorial como el olor, color, sabor y textura, se mejoró tostando los granos a altas temperaturas de 180-190 °C. A causa del tostado, los niveles de acrilamida aumentaron a valores máximos de 322  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (granos), 586  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (copos delgados) y 804  $\mu\text{g kg}^{-1}$  (copos gruesos). No hubo efecto significativo de tostado ( $p > 0,05$ ) en el contenido de grasa, proteína, almidón y  $\beta$ -glucano, mientras que las fracciones de fibra dietética fueron variables. El tostado disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) la viscosidad 1,9 veces (granos), 2,4 veces (copos delgados) y 2,7 veces (copos gruesos). Los autores concluyeron que se puede mejorar la calidad sensorial junto con una composición química saludable de los productos de cebada tostando en un rango de temperatura baja a media entre 160-180 °C.

Fikuru Et al. (2017) determinaron la acción de la proporción de mezcla de cebada malteada, maíz y harina de arveja tostada sobre la calidad de un alimento complementario y la aceptabilidad sensorial. Se utilizó el diseño de mezcla D-óptima restringido de tres componentes para generar 14 formulaciones. Cada ingrediente fue compuesto de 55 a 90% de maíz, 20 a 35% de arveja tostada y 4 a 12% de cebada malteada. Se realizaron pretratamientos como el perlado del maíz, el tostado de la arveja y el descascarillado de la cebada malteada. Los contenidos de ceniza, proteína, grasa, fibra, humedad y carbohidratos se encontraron en un rango de 1,5 a 2,5%; 13,0 a 18,5%, 1,8 a 2,5%; 3,06 a 4,45%; 5,0 a 6,5% y 68,9 a 74,1%. Respectivamente. Se notó una variación significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos para la proteína, sabor, humedad, olor y aceptabilidad sensorial. La falta de ajuste fue significativamente diferente solo para la grasa ( $R^2 = 0,90$ ). Por lo tanto, el modelo generado pudo predecir todos los atributos excepto la grasa. Los valores óptimos de alto contenido de nutrientes y aceptabilidad sensorial se observaron en el rango de 55,0 a 68,5%,

27,5 a 35,0% y 4,0 a 10,0% para el maíz, la arveja y la cebada malteada, respectivamente. La aceptabilidad sensorial general de la papilla aumentó con el aumento de guisantes tostados.

Kassegn Et al. (2018) determinaron la acción de dos tiempos germinación de haba de 48 y 72 h para el tostado de cebada y harina de zanahoria en la composición química y compuestos funcionales de harinas alimenticias de destete. Se utilizó un diseño de mezcla simple y las proporciones de harinas utilizadas fueron cebada 50–70%, habas 25–35% y zanahoria 5–15%. Los autores encontraron que el tostado de cebada, la germinación de habas y el uso de harina de zanahoria en la preparación de alimentos para el destete aumentaron los contenidos de hierro, zinc, proteínas y carotenoides, mientras que hubo una disminución en el contenido de taninos condensados ( $p < 0,05$ ). Así mismo, existieron cambios menores en los contenidos de carbohidratos y energía metabolizable durante la germinación en las mezclas finales de harina, pero estos no fueron estadísticamente significativos ( $p > 0,05$ ).

Garcia Et al. (2016) evaluaron la evolución de color durante el proceso de tostado del haba y la mezcla entre haba tostada y café tostado que producen un color estándar de café sucedáneo. El parámetro  $L^*$  (luminosidad) y  $a^*$  (rojo-verde) se redujeron durante el tostado a 180 °C y el parámetro  $b^*$  (amarillo - azul) se incrementó. El haba tostada presentó valores finales de color de  $*L, = 34,75$ ,  $*a = 8,23$   $*b. 18,83$ . Así mismo, los autores observaron que durante el tostado, se generó un color marrón como consecuencia de las variaciones de parámetros de color y los cuales tuvieron relación con de las interacciones de pardeamiento no enzimático, reacciones de Maillard o la caramelización. Por otro lado, se utilizaron tres mezclas de haba tostada molida al 5%, 10% y 15%, las cuales fueron mezcladas con café tostado molido (hasta completar 100%), encontrándose que la mezcla con 5% de haba tostada y 95% de café tostado presentaron los mismos parámetros de color que el café tostado puro, con lo cual esta mezcla se podría utilizar para elaborar un café sucedáneo. No obstante, en el estudio no evaluó la aceptabilidad de la mezcla, la cual es una variable muy importante cuando se pretende vender un nuevo producto.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Haba.

El haba (*Vicia faba*) es una legumbre temporal, tiene un tallo con una altura de 60 a 180 cm, también tienen formas pequeñas que varía desde los 30 a 45 cm, estas tienen una a más ramas, muestran la raíz bastante desarrollada, sus hojas tiene una extensión de 5 a 7,5 cm; las vainas son de color verde con un tamaño de 5 a 7,5 cm, la parte interna de las vainas tienen color blanco; pegándose y arrugándose a las semillas cuando no están maduras (Colca, 2014).

Además, se indica que es un cultivo característico de época de bajas temperaturas de los valles del mediterráneo; es una especie de días prolongados y su producción se ve influenciado por la época de siembra, ésta ocupa el séptimo lugar de leguminosas de grano con importancia a nivel mundial y tiene utilidad como alimento para personas y animales, convirtiéndose en varios países como fuente de proteína principal (Confalone, 2008).

#### 2.2.1.1. Tipos y variedades de haba.

En la Tabla 1, se muestra los tipos y variedades del haba (*Vicia faba*), la cual se clasifica en la de tipo Blanca gigante, verde pacae, chiqui, moroquito, Cusqueñita, chacha, quelcao y haba roja, las cuales están distribuidas en distantes zonas andinas del Perú (MINAGRI, 2016).

**Tabla 1.**

*Variedades y tipos de haba en Perú*

<b>Tipo</b>	<b>Variedad</b>
Blanca Gigante	Blanca gigante - INIA 423
	Inan Carmen – INIA 417
	Blanco Anta
Verde Pacae	INIA 429 - Fortaleza
	INIA 421 - Antoniana
	INIA 409 – Muñay Angélica
	Verde Anta
Chiqui	Haba Chiqui
Moroquito	Haba Moroquito
Cusqueñita	Haba Cusqueñita
Chacha	Haba Chacha
Quelcao	Haba Quelcao

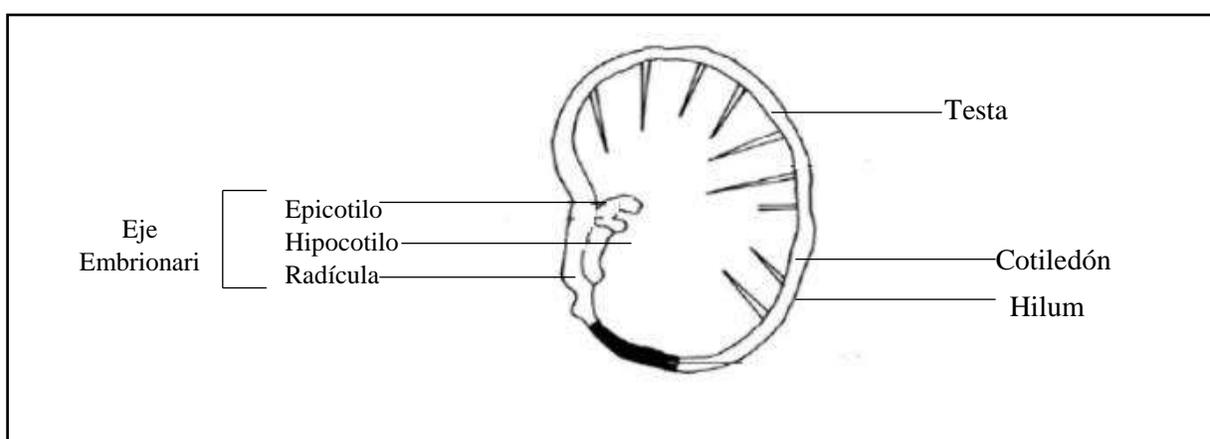
*Nota:* Clasificación de los tipos y variedades de haba, las cuales están distribuidas en todas las zonas altoandinas del Perú año 2016.

### 2.2.1.2. Estructura de la semilla de haba.

Las partes fundamentales de la semilla están envueltas (Figura 1), su embrión tiene un eje embrionario con unión a un par de cotiledones y tiene una conformación de dos partes íntimas con una unión entre sí: El epicotilo está en la parte que es superior a los dos cotiledones, quien será la que dá parte al brote final de la planta creadora de las hojas, el hipocótilo esta debajo de los cotiledones, que cuando crece un extremo libre, llamado radícula, dará origen a la principal raíz y creciendo por el lado que sigue el epicotilo, lo cual desarrollará el tallo (Colca, 2014).

#### Figura 1.

*Estructura de la semilla de haba*



*Nota:* Estructura y partes principales de la semilla de haba.

### 2.2.1.3. Composición nutricional y valor nutritivo de granos de haba.

Los componentes químicos del grano del haba seca, harina de habas tostadas y habas frescas se muestra en la Tabla 2. La diferencia de los componentes químicos dependen del tipo de procesamiento que reciban los granos (Colca, 2014).

**Tabla 2.***Composición química del haba por 100 g de porción comestible*

Composición	HABAS SECAS				Habas tostadas, harina	Habas frescas
	Seca	Harina	Harina	Cruda Sin cascara		
Energía en (kcal)	---	345.0	343.0	335.0	363.0	151.0
Humedad en (gr)	11	10,30	11,90	13,60	8,70	60,60
Proteína en (gr)	26 - 33	23,30	24,30	25,90	22,80	11,30
Carbohidratos (gr)	51 - 66	61,60	59,60	55,30	63,20	25,90
Grasa en (gr)	2.00	1,60	1,90	2,40	1,70	0,80
Fibra en (gr)	8.00	1,40	4,40	1,80	3.0	0,80
Cenizas en (gr)	4.00	3,20	2,30	2,80	3,60	1,40
Calcio en (mg)	90.00	---	67.0	48.0	---	137
Fosforo en (mg)	---	---	393.0	395.0	---	137
Hierro en (mg)	---	---	6,70	8.0	---	2
Vitamina A (UI)	100.00	---	---	---	---	---
Niacina en (mg)	2,30	---	2,84	3,40	---	1,40
Tiamina en (mg)	0,540	---	0,36	0,34	---	0,30
Riboflavina en (mg)	0,290	---	0,27	0,31	---	0,09
Ac. Ascórbico en (mg)	4.00	---	4,70	2,40	---	28,50

*Nota:* datos de la composición química de haba en sus diferentes estados por 100 gr de cada porción comestible.

#### **2.2.1.4. Arveja.**

La arveja (*Pisum sativum* L.), es llamada también como guisante, es uno de los cultivos más importantes en el sistema productivo de nuestra sierra peruana, debido a que esta leguminosa es cultivada entre las altitudes que varían de 3200 y 1700 msnm, dentro de distintos ecosistemas agrícolas y en áreas con climas secos, lluviosos o con regadío, las áreas de cultivo son terrenos de pequeños, medianos y grandes (Quispe, 2018).

#### **2.2.1.5. Origen de la arveja.**

El origen de algunos progenitores de la arveja no es conocido, pero algunos autores coinciden que se ha encontrado en la zona del Mediterráneo, cruzando por el Oriente Medio, hasta llegar al suroeste de Asia. Algunos autores señalan que la arveja ha sido consumida por los pueblos neolíticos del Cercano Oriente, desde 7000 a 6000 años a.c. expandiendo el cultivo hasta zonas templadas y altas del mundo entero. Hoy en día es muy cultivada y consumida, como semilla seca o como hortaliza fresca, en la mayor parte de los países del mundo como India, Francia, Estados Unidos, Gran Bretaña y Rusia, los cuales son los mayores productores de arveja verde a nivel mundial (Quispe, 2018).

### 2.2.1.6. *Composición química y nutritiva de la arveja.*

Los componentes químicos y valor energético de los granos arveja verde y seca se muestran en la Tabla 3. Los componentes mayoritarios son los carbohidratos y proteínas en los granos frescos y secos. (Rodríguez, 2015).

**Tabla 3.**

*Composición de la arveja por cada 100g*

<b>Composición</b>	<b>Grano verde</b>	<b>Grano seco</b>
Agua (gr)	78.0	10,64
Proteínas (gr)	6,30	24,60
Lípidos (gr)	0,40	1.0
Hidratos de carbono (gr)	14,40	62.0
Fibra (gr)	2.0	...
Cenizas (gr)	0,90	...
Vitamina A	640 UI	...
Vitamina B1 o tiamina (mg)	0,35	...
Riboflamina (mg)	0,14	...
Niacina (mg)	2,90	...
Ac. Ascórbico (mg)	27.0	...
Calcio (mg)	26.0	0,08
Potasio (mg)	316.0	0,90
Sodio (mg)	20.0	0,10
Fosforo (mg)	116.0	0,40
Hierro (mg)	1,90	0,06
Valor energético (cal)	84.0	3,57

*Nota:* Composición química y nutricional de los granos verdes y secos de la arveja por 100 gr de porción comestible.

### 2.2.1.7. *Taxonomía de la arveja.*

Por su taxonomía la arveja es conocida por algunos nombres comunes como chícharo, tirabeque, molla y guisante (Muñoz, 2018). Pero la taxonomía científica de la arveja en cuanto a su clase, división, reino, tribu, familia, orden, género y especie se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Taxonomía de la arveja*

<b>Taxonomía de la arveja</b>	
División	Magnoliophyta
Reino	Plantae
Familia	Fabacea
Especie	<i>Pisum, sativum</i>
Clase	Magnoliopsida
Genero	Pisum
Orden	Fabales
Tribu	Fabeae

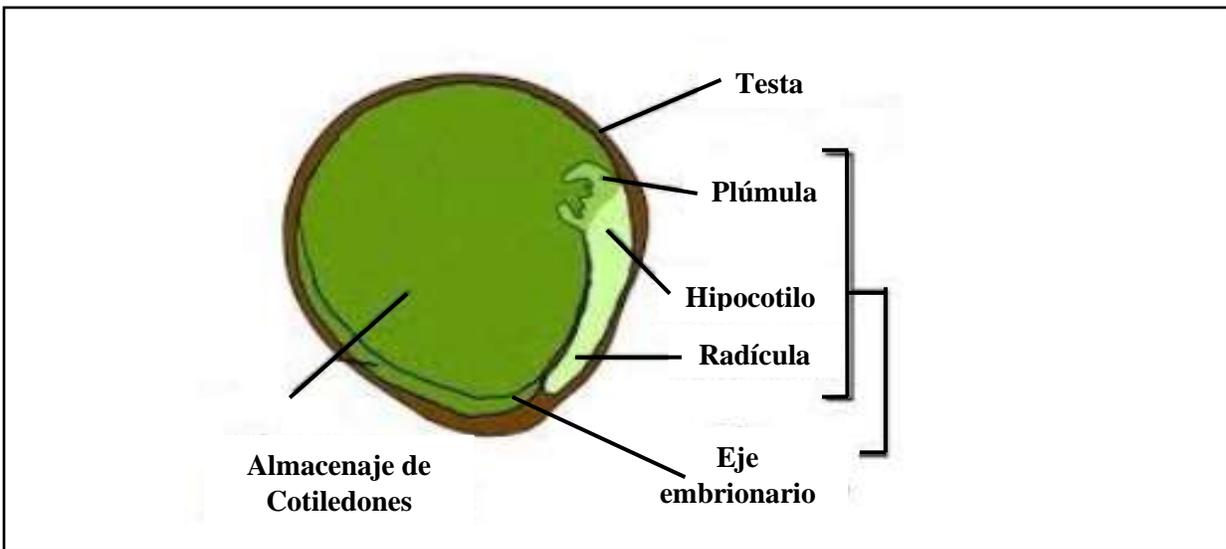
*Nota:* División taxonómica del arveja, de acuerdo a la división, reino, familia, especie, clase, género, orden y tribu.

**2.2.1.8. Estructura de la semilla de arveja.**

En la Figura 2 se presenta a la estructura de la semilla de la arveja, la cual presenta partes como la testa, partes externas de la semilla, y la corteza; la plúmula son las hojas primarias, radícula es la raíz futura de la semilla y los cotiledones son reservas nutritivas de la semilla (Terán, 2018).

**Figura 2.**

*Estructura de la semilla de la arveja*



*Nota:* Estructura y partes principales de la semilla de la arveja.

### 2.2.1.9. *Variedades Botánicas De la Arveja.*

Se conoce a la arveja como una planta que pertenece a la clase de las plantas magnoliopsida, y a la subfamilia que están dentro de la especie Papilionáceas (Quispe, 2018). Se conocen las siguientes especies botánicas de la arveja:

- *Pisum Sativum L. Ssp. Sativum variedad Macrocarpon*: Es cultivada para ser consumidas las vainas, estas son comestibles porque no tienen fibra donde unen las valvas o pericarpio y carecen de endocarpio, esta variedad botánica tiene casi todas flores color blanco púrpura, también, se les puede llamar por los nombres comunes como arveja china, cómelo todo, china pea, pois mangue-tout y show pea.
- *Pisum Sativum L. Ssp. Sativum variedades Sativum*: Es cultivada para obtener granos verdes, los cuales son destinados al consumo humano ya sea directamente o procesados, esta variedad botánica tiene, flores blancas. Y tiene algunos nombres como, por ejemplo: garden pea, arveja, guisante, caning pea, pois, green pea.
- *Pisum Sativum L. Ssp. Sativum Variedad. Arvense (L)*: Es cultivado para obtener granos secos, y son utilizados para la alimentación de las personas y de los animales. Hay otros que son utilizados como forraje y pertenecen a esa especie. Sus flores tienen color púrpura y sus nombres comunes son: arveja forrajera, arveja seca, field pea.

Quispe (2018) señala que existen algunas variedades comerciales de arveja (*pisum sativum*), las cuales son:

- *Variedad Andina*: tienen características de resistir a la Antracnosis, tiene rendimiento alto en grano seco y verde, alta adaptabilidad ente las altitudes de 2600 hasta los 2900 msnm. Además, tienen excelente características físicas y fisiológicas en granos verdes, crece a una altura de 0,76 hasta 2,25 metros sus flores son blancas, las vainas tienen una longitud de 5,3 a 8,5 cm con 4 a 7 semillas. Su rendimiento es de 6,6 kg en vainas verdes y de 1,85 kg/Ha de grano seco. La floración dentro de 65 días, la cosecha en verde dentro de 128 días y 155 días la de grano seco.
- *Variedad Remate*: Esta se caracteriza por tener un alto rendimiento, tiene resistencia a las enfermedades y plagas, su cosecha se lleva a cabo en un promedio de los 100 días luego de haber realizado la siembra.

- *Variedad Usui*: Presenta altos rendimientos, su altura es de 1,37 m, con una cantidad de 7-9 granos por cada vaina. Tienen fácil adaptación a una gran diversidad de climas peruanos son muy demandados en el mercado regional y local, sus flores son blancas amariposadas y presentan un gran color y sabor, los cuales se convierten factores muy importantes para su buena comercialización.
- *Variedad Común*: Esta variedad tiene un periodo de vegetación tardío, la altura de la planta es de 1,5 m, tiene un alto rendimiento, su periodo vegetativo varía desde 120 hasta 130 días. Sus vainas tienen un tamaño aproximado de 8,5 cm y su grano a la madurez de cosecha tiene una superficie lisa.

### 2.2.2. Cebada

La cebada (*Hordeum Vulgare* L.) es un cereal rústico y ampliamente distribuidos en muchas regiones a nivel mundial, y en todas las áreas desde la parte norte hasta la parte sur, esto es gracias a la gran tolerancia que tienen a las diversas condiciones climáticas muy diversas y adversas; su expansión de este cultivo de cebada se debe exclusivamente a los fines de la alimentación de las personas (Huillcahuari, 2013).

#### 2.2.2.1. Origen de la cebada.

El cultivo de la cebada es conocido desde la antigüedad y se tiene una suposición que es procedente de África septentrional. Se dice que se ubica entre las primeras plantas que fueron domesticadas a inicios del desarrollo agrícola. En algunos trabajos arqueológicos que se realizaron en áreas cercanas al Rio Nilo fueron descubiertos algunos rastros de cebada, con una antigüedad de 15 000 años, estos mismos descubrimientos indican también la utilización muy prematura de granos molidos de cebada (Paucar, 2015).

#### 2.2.2.2. Clasificación taxonómica de la cebada.

La tabla 5, muestra la taxonomía de la cebada (Paucar, 2015).

**Tabla 5.**

*Clasificación taxonómica de la cebada*

<b>Taxonomía de la cebada</b>	
Nombre común	Cebada
Clase	Monocotiledóneas

Nombre científico	<i>Hirdeum vulgare L</i>
División	Fanerógama o embriofita
Familia	Gamineaceae
Orden	Glumiflorales
Genero	Hordeum
Subdivisión	Angiospermas
Especie	Vulgare

*Nota:* Clasificación taxonómica de la cebada, de acuerdo a su, división, subdivisión, nombre común, clase, nombre científico, división, familia, orden, género, subdivisión y especie.

### 2.2.2.3. Valor nutricional de la cebada.

Se caracteriza por tener una composición química balanceada para alimentación humana, animal e industrial. (Coello, 2010), sus componentes químicos se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Composición química de la cebada por cada 100 gramos*

<b>Composición</b>	<b>Cantidad</b>
Agua (%)	13
Hidratos de carbono (%)	76
Celulosa (%)	1,20
Grasas (%)	1,10
Proteínas (%)	7,50
Potasio (%)	0,36
Sodio (%)	0,02
Calcio (%)	0,04
Fosforo (%)	0,39
Magnesio (%)	0,12
Hierro (%)	0,04
Azufre (%)	0,09
Cloro (%)	0,12
Manganeso (%)	0,01
Cobre (%)	0,07
Cinc (%)	0,02
Yodo (%)	0,00
<b>Vitaminas</b>	
Vitamina A U. I	70 U. I.
Vitamina B <sub>1</sub> mg	0,20
Vitamina B <sub>2</sub> mg	0,10
Vitamina B <sub>3</sub> mg	3,50

*Nota:* porcentaje de los componentes químicos de los granos de cebada por 100 gramos de porción comestible.

#### **2.2.2.4. Variedades de cebada.**

Existen una gran cantidad de variedades en el cultivo de cebada, las variedades más conocidas son las siguientes: Centenario, Yanamucllo, Zapata, Universidad Nacional Agraria La Molina – 96, UNAM – 95, INIA – 411, UNAM – 80, Malvinas, Romana, San Cristóbal, Buena Vista, y mas. Las variedades que son cultivadas en las zonas andinas en mayor frecuencia tenemos: Malvinas, zapata y con menor frecuencia la variedad Romana, la cual tiene una producción en el campo de unos 2 000 kg/ha (Huillcahuari, 2013).

#### **2.2.3. Tostado de granos**

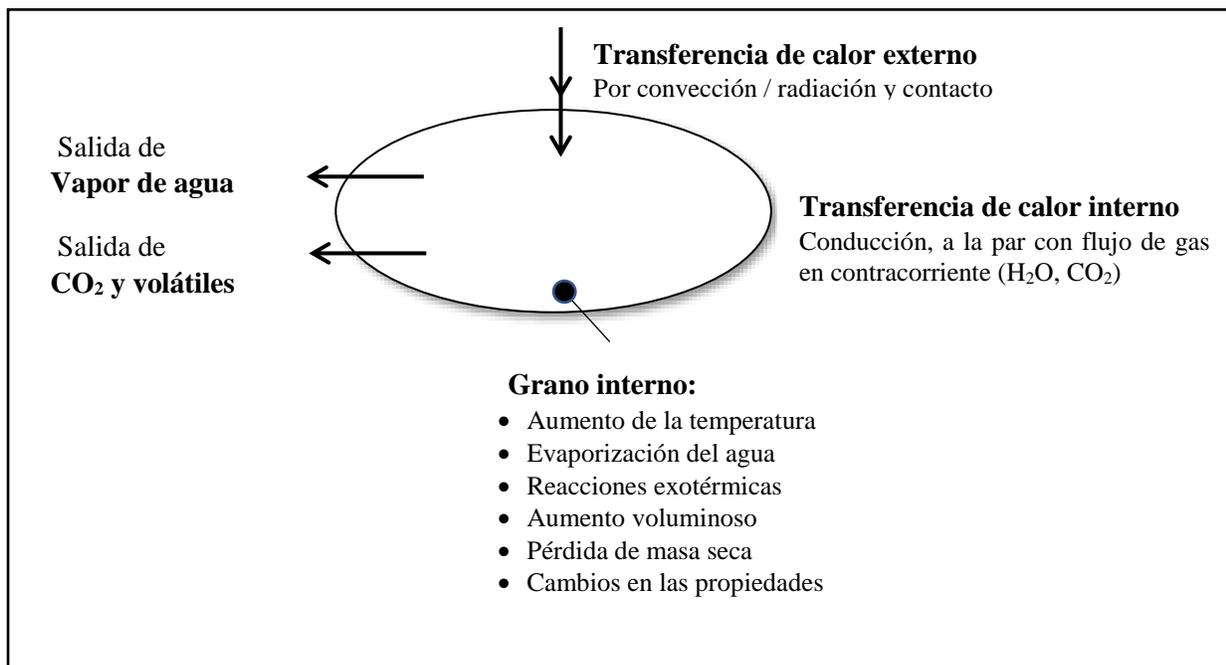
Es un proceso térmico que tiene su origen en la prehistoria y que en la actualidad es utilizado en la industria con algunas modificaciones. En este proceso la temperatura viene de un horno, o un equipo de combustión de carbón o llama, donde la variabilidad de calor varía de 110 hasta 170 °C y esta depende del equipo utilizado. A través de este método, el aire o gases calientes se contactan con el material húmedo que se va a secar y así de esa manera facilitan la transferencia calor, en el cual es la convección el principal mecanismo implicado. A este proceso también se le puede llamar, secado directo o por convección (Meléndez, 2009).

Desde los años 90 los granos que eran tostados “en las casas”, en América y también en Europa, se empleaba diversos tipos de sartenes o talvez algunos recipientes hechos de arcilla a mano (López y Reyes, 2003). La aplicación del calor de una manera uniforme y rápida es la parte más difícil del tostado, por ello, los tostadores mantenían en movimiento los granos, mientras se aplicaba el calor (Molina, 2008).

La Figura 3, representa los importantes cambios que se dan en el tostado (Bonnlander et. al, 2005). Con la introducción de temperatura al grano produciendo una disminución de la masa como vapor de agua, componentes volátiles y CO<sub>2</sub> alterando de esa manera la formación interna del grano.

**Figura 3.**

*Principales cambios en el proceso de tostado de los granos*



*Nota:* Representación de los principales cambios que se dan en los granos en el proceso de tostado con la introducción del calor.

Superior a temperaturas de 100 °C, se empieza a oscurecer los granos, relacionando con las Reacciones de Maillard, de esa manera se producen diferentes sustancias incluidos los compuestos melanoidinos (Bicho et al., 2012).

Para que se realice a cabo el tostado se utilizan diversos equipos que se basan en transferir calor por convección o por conducción, la tostadora de cilindro rotatorio es uno de los más utilizados (Lozada, 2009). A continuación, se presentan tratamientos térmicos y sus equipos que se aplican a los granos.

#### **2.2.3.1. Laminado.**

Este proceso se desarrolla en un laminador que está compuesto por dos cilindros o rodillos metálicos, estos realizan giros de manera contraria, entre sí, permitiendo de esa manera que los granos circulen por el espacio central, cual se regulariza. Los rodillos interiormente son huecos que permite el pase del agua que refrigera la parte superficial, que se calienta debido a la presión de los granos (Garía, 2008).

### 2.2.3.2. *Ebullición.*

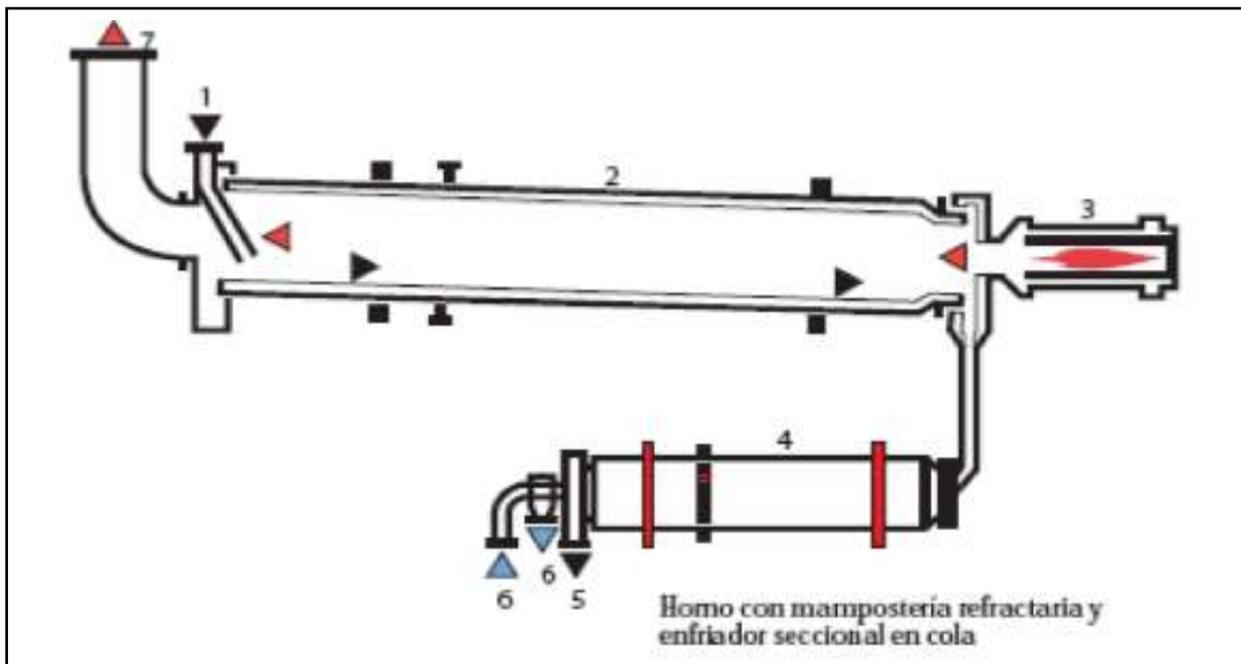
La ebullición es el tratamiento térmico que se les da a varios alimentos para mejorar características como: digestibilidad, sabor y seguridad. Cuando hay un proceso de ebullición se realiza una transferencia de masa y de calor. Hay métodos de ebullición tradicionales como horneado y cocción, son algunas mejoras realizadas al original método, donde son utilizados las hogueras en el aire libre. También hay otras metodologías de cocción que no tienen relación con la técnica de la hoguera como por ejemplo el métodos de cocción por inducción electromagnética y la de microondas (Fox & Cameron, 2008).

### 2.2.3.3. *Hornos rotativos de calentamiento directo.*

Los hornos rotativos son un tipo de horno industrial (figura 4). Se encuentran en crecimiento constante debido al desarrollo a nuevos e innovadores productos, también debido al perfeccionamiento constante que ha tenido este tipo de equipos, en el aumento de capacidad y seguridad en la planta, y por la exactitud durante el proceso, debido a la técnica de regulación y control. Este tipo de hornos separan total o parcialmente el agua que forman los hidratos y los cristales (Heredía, 2012).

**Figura 4.**

*Horno de calentamiento directo*



*Nota:* Representación gráfica del horno industrial rotativo de calentamiento directo, utilizado en el tostado de granos.

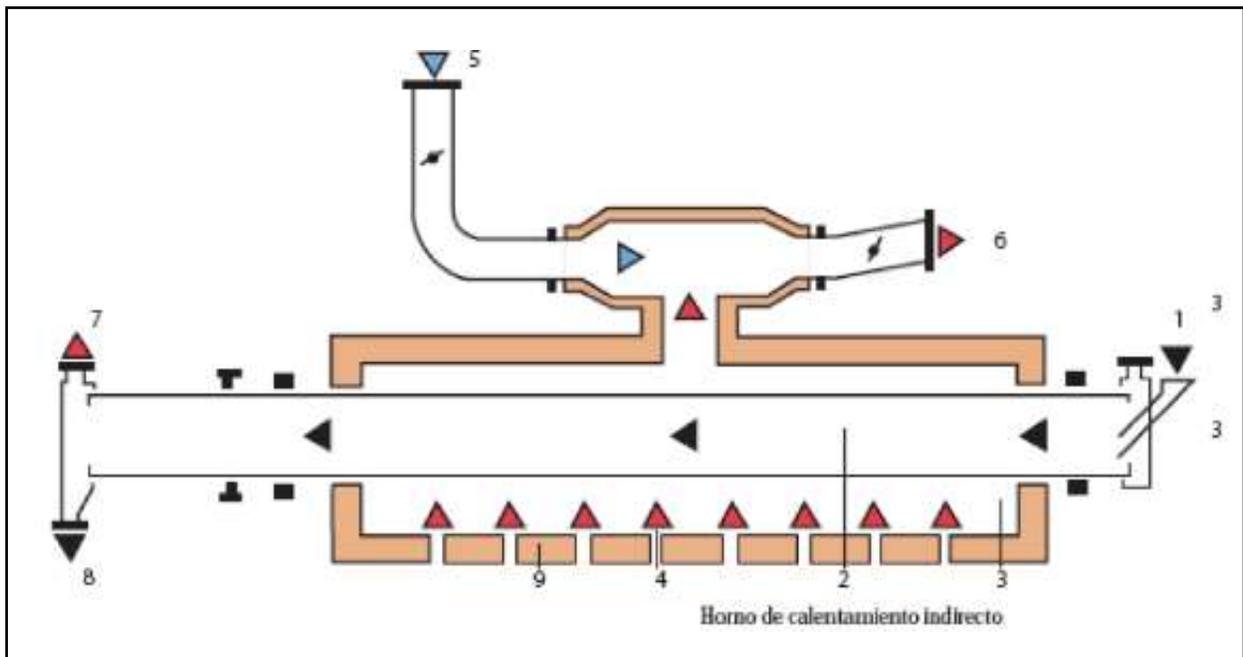
**Descripción:** 1 - Es por donde se hace la alimentación, 2 - Es el horno rotativo, 3 - Por allí se da la combustión, 4 - Enfriador seccional, 5 - Por allí sale el producto, 6 - Por allí entra y sale el agua, 7 - Salida de los vahos de deshecho.

#### 2.2.3.4. Hornos rotativos de calentamiento indirecto.

Este tipo de horno tiene en el interior un túnel calentador (Figura 5), con revestimiento de mampostería de refracción que se encarga de rodar el tambor. Para obtener el rango de temperaturas deseadas se hace uso de un gran número de quemadores. La transferencia de calor desde las zonas de humos hasta el producto se hace mediante contacto por medio de la virola, con la utilización de chapas refractarias de altísima calidad manteniendo las temperaturas  $\geq 800\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Heredia, 2012).

**Figura 5.**

*Horno de calentamiento indirecto (Heredia, 2012).*



*Nota:* Representación gráfica del horno industrial rotativo de calentamiento indirecto, utilizado en el tostado de granos.

**Descripción:** 1 - alimentación, 2 - horno rotativo, 3 - túnel de calentamiento, 4 - quemador, 5 - ingreso del aire de enfriamiento, 6 - evacuación de gases de desecho, 7 - salida de vahos de deshecho, 8 - Salida del producto y 9 - mampostería refractaria.

#### **2.2.3.5. Efecto del tostado sobre las propiedades nutricionales.**

Durante el proceso de tostado se pueden eliminar algunos componentes anti nutricionales e inactivar algunas enzimas como la ureasa y tripsina. Cuando el tostado se realiza a una temperatura elevada, algunos aminoácidos como la lisina se degradan. Un inadecuado tratamiento reduce la estabilidad de los aceites y grasas. La adición de temperatura elevada puede disminuir a la quinta parte del contenido de fibra (Colca, 2014)

Durante el tostado se dan dos tipos de modificaciones como los cambios en la estructura debido a la formación de vapor, el cual es liberado durante el calentamiento del grano. Por otra parte existen variaciones químicas, las cuales actúan a favor de la formación o liberación de componentes que tienen una intervención en el sabor, aroma y color, estos componentes se producen por efecto de caramelización de los azúcares simples a altas temperaturas (Ortega et al., 2008). Se utilizan diversos métodos para inactivar o eliminar las sustancias tóxicas que contienen las leguminosas y también para modificar las propiedades funcionales y estructurales del almidón, lo cual permite que las enzimas puedan degradar más fácilmente a los gránulos de almidón al (Heredía & Cabrera, 2012).

Los azúcares reductores pueden reaccionar con las proteínas para producir compuestos responsables del color y aroma, no obstante, la disponibilidad de aminoácidos se reduce (Aguar et al., 2015). Los ácidos grasos insaturados se oxidan por acción de las temperaturas altas y tiempos prolongados de tostados produciendo radicales libres, aldehídos y algunos compuestos volátiles (Galindo & Muñoz, 2011).

#### **2.2.3.6. Cambios físicos de los granos durante el tostado.**

A través del proceso de tostado se dan muchos cambios, que están asociados al aumento de temperatura. El grano tostado experimenta variaciones en su color de marrón a negro, se reduce la resistencia mecánica, se puede incrementar el volumen hasta en un 100 %, disminuye la densidad ( $300 - 450 \text{ kg/m}^3$ ) en comparación con los granos crudos ( $550 - 700 \text{ kg/m}^3$ ), se rompe la estructura celular con cambios de micro y macro poros, y el contenido de humedad se reduce (Illy & Viani, 2005).

### 2.2.3.7. Cambios químicos de los granos durante el tostado.

Los diversos cambios químicos se producen por la degradación o reacción entre los compuestos que están presentes en los granos crudos, los mismos que en el transcurso del tostado producen el aroma y sabor característicos de los productos tostados. Durante el tostado ocurre una transferencia de masa ocasionada por el efecto de la temperatura, ésta transferencia está relacionada a la retención y liberación del CO<sub>2</sub> y la pérdida de humedad, compuestos volátiles y materia seca (Clarke & Macrae, 1987). Cierta parte del agua y el CO<sub>2</sub> son producidos por la aparición de las interacciones de Maillard, los cuales ocasionan variaciones en el color y producen algunos componentes volátiles orgánicos. El CO<sub>2</sub> y el agua pueden ser originados por la reacción de pirolisis (Illy y Viani, 2005). En la Tabla 7, se presentan los cambios físicos y químicos que se dan durante el proceso de tostado de los granos.

**Tabla 7.**

*Cambios fisicoquímicos de los granos en el tostado*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Cambios en el producto</b>
20 - 130	Transición de líquido a vapor del agua (secado). Inicio de cambio de color
130 - 140	Máximo endotérmico primario. Aparecen cambios como: hinchazón del grano, color amarillento, generación de gases, inicio, inicio de la evaporación del y pardeamiento no enzimático.
140 - 160	Secuencia complicada de picos exotérmicos y endotérmicos, cambios a una coloración marrón aclarado, incremento de su volumen y macro poros, granos frágiles, generación de fisuras internas del grano, liberación de aromas.
160 - 190	La transferencia de calor y los cambios físicos y químicos ocurren en la parte interior del grano.
190 - 220	Fisuras pequeñas en la parte interna del grano, expulsión de humo, expulsión de CO <sub>2</sub> , el grano se hace poroso, aparición de sabor típico de tostado.

*Nota:* Descripción de los diferentes cambios fisicoquímicos de los granos que se dan durante el proceso de tostado a diferentes temperaturas.

### **Pérdida de materia seca.**

En la Tabla 8 se presenta el porcentaje aproximado de la pérdida de materia seca de acuerdo al grado de tostado, apreciándose que una coloración oscura de los granos produce mayor disminución de materia de forma seca. (Clarke y Macrae 1987).

**Tabla 8.**

*Pérdida de materia seca por grado de tueste (%)*

<b>Grado de tueste</b>	<b>Disminución en masa seca (%)</b>
Muy oscuro	Mayor a 12
Oscuro	8 a 12
Medio	5 a 8
claro	1 a 5

*Nota:* Porcentaje de rangos de disminución de materia seca en granos de acuerdo al grado de tueste.

#### **2.2.3.8. Medición del grado de tostado.**

La medición del grado de tostado o medición del color, se fundamenta principalmente en la experiencia de la persona que está a cargo el tostado, a través de la interpretación visual mediante una escala cualitativa. Lo más común es que se tuesta el grano, se enfría y muele, con la finalidad de obtener una partícula de tamaño específico, la cual se utilizada para determinar el grado de tostado (Clarke & Macrae, 1987).

#### **2.2.4. Molienda**

Proceso que permite reducir el tamaño de las partículas, incrementando el espacio de superficial y, por tal motivo, incrementa la digestibilidad de los productos molidos. Los productos alimentarios usualmente son molidos para ser utilizados como insumos o para su comercialización (Gorrachategui, 2010). En la Tabla 9, se muestra un comparativo entre el número y el tamaño de las partículas de los granos para diferentes tipos de molido (Lingle, 1996).

**Tabla 9.**

*Comparación del número y el tamaño de partículas de granos con distintas formas de molido*

<b>Descripción</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Partículas</b>	<b>Incremento partícula</b>	<b>Ratio de incremento</b>	<b>Área tot. (cm<sup>2</sup>/g)</b>
Entero	6mm	6gr	-	-	8.0
Rajado	3mm	48gr	42gr	1.0	16.0
Molido grueso	1,85mm	384gr	336gr	8.0	32.0
Molido regular	1mm	1,29gr	912gr	22.0	48.0
Molido drip	0,75mm	3,07gr	1,77gr	42.0	64.0
Molido fino	0,38mm	24,57gr	21,50gr	512.0	128.0
Molido espreso	0,20mm	491,44gr	466,86gr	11,11	240.0

*Nota:* Comparativa entre número y tamaño de partículas de granos molidos de distintas formas.

### **2.2.5. Bebidas alimenticias**

Las bebidas alimenticias son todos los líquidos que cumplen un papel alimenticio y estas pueden ser elaboradas con algunos insumos artificiales o naturales. Dichas bebidas favorecen la reposición de los líquidos que el cuerpo utiliza para realizar sus actividades (Lincango, 2015).

#### **2.2.5.1. Tipos de bebidas.**

De acuerdo a la literatura referida por el autor Lincango (2015) menciona que las bebidas pueden ser de diversos tipos como:

- *Alcohólicas:* Son aquellas bebidas compuestas por alcohol etílico (etanol). el sustrato de procedencia le da su clasificación como por ejemplo el vino procedente de la uva, con destilación o no destilado tal es el caso del whisky.
- *Calientes:* En esta parte están consideradas aquellas bebidas que tienen la función de estimular como por ejemplo todos los tipos de café, mate o té, también las bebidas chocolatadas calientes, las infusiones y la leche caliente.
- *Bebidas para deportistas:* Son llamadas bebidas rehidratantes con una gran acción rehidratante o isotónicas, estas tienen componentes específicos para que nuestro el cuerpo absorba de manera rápida los electrolitos y el agua, a fin de evitar la fatiga.
- *Bebidas energéticas:* Son las que aportan a los consumidores fuerza de actuar ante la necesidad de energía en particular cuando se realizan grandes esfuerzos físicos y mentales. Están compuestos de estimulantes, minerales, azúcares, compuestos acidulantes, saborizantes, colorantes, conservantes, e hidratos de carbono.

- *Bebidas refrescantes líquidas:* Son las que no están compuestas por alcohol y que son preparadas con agua potable, estas bebidas brindan a nuestro cuerpo proteínas, minerales, hidratos de carbono y vitaminas.
- *Bebidas en polvo refrescantes:* Estas son elaborados a través de una mezcla de conservantes, azúcares, acidulantes, colorantes y aromas, son de fácil preparación y muy económicos, su precio varía dependiendo de la cantidad de azúcar que contiene.

#### **2.2.5.2. *Bebidas en polvo tipos.***

De bebidas en polvo existe una amplia variedad como las elaboradas de extracto de té, o de té, bebidas elaboradas de frutas, también son elaboradas a base de cereales y otras a base de leche (Lincango, 2015).

#### **2.2.5.3. *Bebida elaborada a base de haba.***

Esta bebida es producida a base de haba (*Vicia faba*), este producto natural tiene características medicinales benéficas para la salud de adultos, jóvenes y niños, y es dirigido al consumo de personas de todas las edades, en especial a personas que tienen malestares de colesterol, diabetes, reumatismos y grasas en las arterias (Estrada, 2012).

#### **2.2.5.4. *Harina y bebida de cebada.***

Es obtenida de los granos molidos, donde se puede obtener una harina que se puede utilizar en la panificación, mezclando con la harina de trigo. Los copos de la cebada son utilizados como para enriquecer el yogurt, sopas y la leche. Además, con la cebada tostada se puede elaborar una bebida con buenas características sensoriales para los niños y adultos (Coello, 2010).

#### **2.2.5.5. *Aspectos físicos y químicos de las bebidas***

##### ***a. Solubilidad***

Las bebidas en base a granos tostados y molidos usualmente deben mostrar una alta solubilidad, ya que, bebidas con baja solubilidad no son aceptadas por los consumidores debido a que durante su preparación los componentes tienden a sedimentar. Por ello, se debe realizar controlar u optimizar los procesos de tostados de granos a fin de obtener una alta solubilidad de los granos tostados o harinas tostadas. La solubilidad normalmente es variable y depende de los componentes de los granos, por ejemplo, altos porcentajes de proteína y almidón en los granos pueden incrementar la solubilidad de las harinas, no obstante, parámetros como la temperatura y

tiempo de tostado deben ser controlados a fin de solubilizar la proteína presente y gelatinizar el almidón (Montanuci et al., 2016; Young et al., 2014)

### ***b. Color***

El color es una propiedad que permite determinar la aceptación de un determinado producto, esta propiedad puede determinarse ya sea de manera sensorial mediante panelistas o utilizando un equipo como el colorímetro (García y Calixto, 2000). Durante el proceso de tostado, las variables del proceso como el tiempo y temperatura de tostado pueden influenciar los cambios de coloración del producto a tostar y esto influye en la aceptación de las bebidas elaboradas a partir de productos tostados. Por ello, utilizar un instrumento que permita medir el color durante el proceso de tostado es relevante y permitiría determinar los parámetros de color más adecuados. Los parámetros de color utilizados son la luminosidad ( $L^*$ ), el parámetro  $a^*$  que mide el color entre el rojo ( $+a^*$ ) a verde ( $-a^*$ ) y el parámetro  $b^*$  que mide el color en el rango de amarillo ( $+b^*$ ) a azul ( $-b^*$ ). Estos parámetros son muy útiles, ya que pueden permitir medir los cambios de color durante todo el proceso de tostado. Otro parámetro de color que puede obtenerse a partir de estos parámetros ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) es el cambio general de color o diferencial de color ( $\Delta E$ ) y se obtiene a partir de la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ; este  $\Delta E$  permite evaluar el cambio de color general que ocurre en los productos tostados y es más útil que analizar cada parámetro individualmente.

#### ***2.2.5.6. Aspectos sensoriales de las bebidas.***

Los análisis sensoriales de los alimentos es definida comúnmente a través del término degustación o cata. En el momento que se consume un alimento, percibimos distintas sensaciones de diversas características relacionadas con el aroma, textura y apariencia de los alimentos (Mario, 2011).

El análisis sensorial depende únicamente del objetivo que se desea buscar. De tal manera que se puede realizar una división de manera general en: análisis de aceptabilidad y análisis de calidad.

- *Análisis de Calidad:* Se realiza un examen al producto y realizar una clasificación objetiva de sus características.
- *Análisis de Aceptación:* Se busca hacer un dictamen del nivel de aceptabilidad que tiene un alimento, siendo muchas veces el deseo identificar la acción impulsiva o subjetiva del evaluador.

En el análisis de aceptación, se puede realizar las pruebas con personas sin entrenamiento, pero deben estar dentro del medio cultural o social al que está dirigido el producto, debido a que la finalidad del análisis es saber si el alimento es aceptado o tal vez no por el consumidor.

Analizar un alimento es probar con finalidad de hacer una valoración a su calidad organoléptica de una manera global, es decir está en función a un modelo real y psicológico que es establecido a priori, con la probabilidad que sea diferente al modelo inicial.

De manera resumida la degustación o cata, comprende, los siguientes aspectos: clasificar, describir, analizar, estudiar, definir y juzgar; es importante indicar que degustar es un caso unico de análisis sensorial, en la que se trabaja en función de modelos que son preestablecidos (Sancho Et al, 2002).

#### **2.2.5.7. Tipos de pruebas del análisis sensorial para las bebidas.**

De acuerdo a (Sancho et al., 2002), menciona que en relación a seleccionar los procedimientos ideales para de análisis sensorial, existes tres metodologías para realizar las pruebas sensoriales, las mismas que se agrupan en 3 tipos:

- *Discriminación/diferencia* - *¿Existe diferencia?:* Son aquellas pruebas que nos permiten encontrar variaciones significativas entre un patrón y las muestras, las cuales permiten cuantificar las diferencias significativas.
- *Descriptivas* - *¿Cuál y Cómo es la diferencia?:* Estas pruebas realizan valoraciones, comparaciones y descripciones todas las características que tienen las muestras en base a tipos o categorías (patrones) que son previamente definidos.
- *Pruebas de aceptación / hedónicas* - *¿A quién y Por qué le gusta?:* En tales pruebas los catadores clasifican todas las muestras en relación al nivel de aceptación que ellos sienten en base a su nivel satisfactorio.

Es importante que el grupo de personas que consumen deben ser catadores sin experiencia, los mismos que pueden ser elegidos de forma al azar o también seleccionados por otros aspectos como: hábitos de consumo, sexo, nivel económico, edad, características sociales, entre otras (Sancho et al., 2002).

Cuando se desarrollan nuevos productos, se requieren la aplicación de los análisis sensoriales que contengan mayor información que las que se obtienen de las pruebas de diferencia, donde la prueba de perfil descriptivo es el tipo de ensayo que es el más completo (Rosenthal, 2001).

### **2.2.6. Optimización**

En estadística la Optimización es conocida como superficie de respuesta y consiste en abordar los métodos adecuados. Se conoce que en un proceso están involucrados factores los cuales requieren ser estudiados con relación a algunos efectos que pueden causar en las variables dependientes o de respuesta. En el instante de realizar el procedimiento analítico se pretende buscar la superficie de respuesta que conducirá a localizar valores óptimos o adecuados de las variables de respuesta las cuales minimizan, maximizan o también realizan algunas interferencias en las variables de respuesta; en tal caso la finalidad de esta metodología de superficie de respuesta es estimar una combinación en los factores en la cual la variable estudiada es optimizada. Es importante mencionar que la superficie de respuesta se ajusta cuando por lo menos dos factores tienen características cuantitativas (Gordillo, 2017).

#### **2.2.6.1. El modelo.**

Se cuenta con una variable “Y” o de interés para la superficie de respuesta, estas dependen de dos o varias variables explicativas como:  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ , en el cual la verdadera función de variables independientes es “Y” (Gordillo, 2017).

$$E(Y | X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) = \eta(X_1, X_2, X_3, \dots, X_k) \quad (1)$$

En el cual  $\eta(x)$  es igual a una función diferenciable y continua. En tal sentido cada una de las respuestas sigue a un modelo (Gordillo, 2017).

$$Y_i = \eta(X_1, X_2, X_3, \dots, X_K) + \varepsilon_i \text{ con } \varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2) \quad (2)$$

La finalidad de este método es estimatizar los valores optimizados de  $\eta(\hat{X})$ , así también los factores combinados  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_K)$ , acá se logra la respuesta optimizada. Para aproximarse a dicha función existen polinomios de primer grado y polinomios de segundo grado.

#### **2.2.6.2. Procedimiento.**

Para la superficie de respuesta se necesita combinar los diseños experimentales y el análisis de regresión, el cual nos dará un aproximado estimado de la óptima regresión; en esta parte se aplican siempre Diseños muy Completos de forma  $2^K$  o también Diseños Fraccionados de forma

$2^{K-P}$ ; todo esto con la finalidad de adecuar el modelo de primer orden en función a la variable respuesta (Gordillo, 2017). Matemáticamente representado de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \varepsilon \quad (3)$$

### 2.2.6.3. *Diseño experimental.*

Es la planificación para la utilización de tratamientos que son una combinación de los valores factoriales a unidades experimentales, de modo que se adquieran valores estimados de aquellos efectos de los tratamientos. Los diseños experimentales estudian todos los tratamientos, y escoge de manera estadística la combinación mejor la cual tenga un mejor ajuste a la variable de estudio (Gordillo, 2017).

### 2.2.6.4. *Función deseabilidad.*

En la optimización estadística hay diversos métodos que ayudaran a identificar el óptimo; una de las cuales es la “Deseabilidad”, la misma que mide la aceptabilidad de un producto; de manera cuantitativa partiendo de los modelos de regresión ajustado a la variable de respuesta o interés. (Box y Wilson 1951) propusieron este concepto de deseabilidad que permite de optimizar de manera simultánea múltiples ecuaciones.

Las simples discontinuas son funciones que cuantifican la Deseabilidad. Suponiendo que existen r funciones o ecuaciones para realizar una optimización simultánea, las mismas que pueden ser representación predictiva del modelo o también de otras ecuaciones, dadas por  $f_j(X)$  ( $j = 1 \dots r$ ). Para cada función r, es construida una función individual de deseabilidad de tal que es alta cuando  $f_j(X)$  su nivel es deseable (es decir es un máximo, mínimo, o un objetivo), se dice que es baja cuando  $f_j(X)$  el valor que tiene es no deseado (Derringer y Suich, 1980). Si se quiere maximizar  $f_j(X)$ , la función de deseabilidad será:

$$d_j^{max} (f_j(X)) = \begin{cases} 0 & Si f_i(X) < A \\ \left(\frac{f_j(X)-A}{B-A}\right)^S & Si A \leq f_i(X) \leq B \\ 1 & Si f_i(X) > B \end{cases} \quad (4)$$

Donde A, B y S son variables elegidas por la persona que tiene un interés en maximizar la función. En otras palabras, A y B es aquel valor que limita a la función, para que sea considerada máxima en este caso.

Por otra parte, lo que se está buscando es minorizar la función se debe aplicar la siguiente representación funcional de deseabilidad:

$$d_j^{min} (f_j(X)) = \begin{cases} 0 & \text{Si } f_i(X) > B \\ \left(\frac{f_j(X)-B}{A-B}\right)^s & \text{Si } A \leq f_i(X) \leq A \\ 1 & \text{Si } f_i(X) < A \end{cases} \quad (5)$$

Si en caso solamente se quisiera tener la función sin cambios en un intervalo de valores, entonces se utiliza la siguiente función:

$$d_j^{obj} (f_j(X)) = \begin{cases} \left(\frac{f_j(X)-A}{t_0-A}\right)^{s_1} & \text{Si } A \leq f_i(X) \leq t_0 \\ \left(\frac{f_j(X)-B}{t_0-B}\right)^{s_2} & \text{Si } t_0 \leq f_i(X) \leq B \\ 0 & \text{d. O. m} \end{cases} \quad (6)$$

En este caso debido que todas las anteriores funciones son de deseabilidad individualmente en escala [ 0,1 ], en tal sentido hace indicar que conforme  $d_j$  tiene un acercamiento a 1, por lo tanto el modelo es cada vez más deseable y viceversa. A la escala misma están estas funciones en tanto no tienen continuidad en los siguientes puntos: A, B y  $t_0$ . Por otra parte, aquellos valores como  $s$ ,  $s_1$  o  $s_2$  pueden ser también elegidos de tal manera que sea más difícil o más fácil la deseabilidad de satisfacer (Derringer y Suich, 1980).

## 2.3. Marco conceptual

### 2.3.1. Bebida instantánea

Esta bebida instantánea elaborada a base de granos andinos como arveja, cebada y haba es una bebida que trata de suplir al café, el mismo que tiene algunos efectos secundarios en la salud del consumidor, esta bebida puede ser consumida mediante la dilución en agua caliente y será apta para personas de todas las edades debido a su gran valor nutritivo y porque no tiene efectos secundarios como la cafeína presente en el café.

### 2.3.2. Solubilidad

La solubilidad es la cantidad de polvo de haba, arveja y cebada tostada y molida que se disuelve en el agua caliente, en tal caso que se aplicó la disolución en relación de 100 ml de agua a 6 gramos de mezcla para calcular que cantidad de sólidos insolubles queda luego del proceso de colado y centrifugación y secado en la estufa.

### **2.3.3. Color**

El color es la sensación que se percibe a simple vista o mediante un instrumento, en el trabajo se identificó los valores de CIE L\*a\*b\* mediante del instrumento de medición llamado colorímetro HUNTER Lab, para luego calcular el diferencial del color ( $\Delta E$ ).

### **2.3.4. Aceptabilidad**

La aceptabilidad es un conjunto de sensaciones del consumidor que hacen que la bebida de haba, arveja y cebada sea o no aceptable, se identificó mediante la participación de panelistas no entrenados con edades desde 17 años a 45 años.

## **CAPITULO III**

### **Marco Metodológico**

#### **3.1. Ubicación**

La bebida elaborada de granos de haba, arveja y cebada se realizó en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de Chota en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Forestal y Ambiental, en el Campus Colpa Matara. El análisis químico proximal de los granos lo realizamos en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), sede Cajamarca.

#### **3.2. Población y muestra**

##### **3.2.1. Población**

Los granos de haba y arveja se adquirieron en el mercado central de Chota, estos granos fueron provenientes del Centro Poblado “*El Campamento*”, distrito y provincia de Chota. Los granos de cebada fueron comprados de agrícola El Valle de Chota, los granos tenían procedencia del Centro Poblado “*Quidén*” de la provincia de Celendín - Cajamarca.

##### **3.2.2. Muestra**

Se utilizaron 5 kg de cada grano (haba, arveja y cebada), en total 15 kg, estos granos no tenían presencia de daños y tenían un tamaño uniforme, esta materia prima fue procedente de las zonas mencionadas en la sección anterior.

### 3.3. Equipos, materiales e insumos

#### 3.3.1. Equipos

En la tabla 10. Se describen todos los equipos que fueron utilizados durante la ejecución del proyecto de tesis.

**Tabla 10.**

*Equipos utilizados en la durante el desarrollo de la investigación*

Nombre	Cantidad	Marca	Especificaciones
Estufa	1	RAYPA	Serie DOD. Eléctrica con un soporte desde 5 hasta 250 °C. Peso: 27 kg. Potencia: 600 W. Tensión: 230 V.
Centrifuga	1	GREETMED	Modelo 800D. Con capacidad de 6 tubos de ensayo
		ADAM	Capacidad 3 000 gr. Legibilidad 0,1 g – 5 kg.
		HENKEL	Analítica, capacidad de medición de 0,1 gr para 1 gr.
Balanzas	3	SARTORIUS	Digital analítica, capacidad de medición de 0 mg – 2,5 kg
Computadora	1	SAMSUNG	Core i5
Colorímetro	1	Hunter Lab.	Automático digital, con Capacidad de iluminación D65.
Incubadora	1	Artesanal	Con 5 focos internos de color amarillo.
Jarra eléctrica	1	IMACO	Capacidad de contenido de 1,5 L.
Molino	1	CORONA	Pequeño con ajustes, de grosor de partículas de molido manual

*Nota:* Descripción de los diversos equipos que fueron utilizados durante el desarrollo de la investigación.

### 3.3.2. Materiales

Los materiales que fueron utilizados durante la realización del estudio se indican a continuación en la Tabla 11.

**Tabla 11.**

*Materiales utilizados durante el desarrollo de la investigación*

Nombre	Cantidad	Marca	Especificaciones
Vasos de precipitación	Varios	.....	Capacidad 250 mL, 50 mL y 100 mL, material de vidrio.
Placas Petri	Varios	.....	Diferentes tamaños, material de vidrio
Lapiceros	6	Faby	Pequeños
Envases	33	.....	Material de vidrio, capacidad 1Litro
	22	.....	Material vidrio, 1,75 mL de capacidad.
Jarra	3	.....	Pequeños, material de plástico.
Utensilios	4	.....	Medianas, material de plástico
Tazas	2	.....	Medianos de Acero inoxidable y porcelana
Vaso	50	.....	Pequeñas de porcelana
			Pequeños, descartables

*Nota:* Comparativa entre tamaño y numero de partículas de granos molidos de distintas formas.

### 3.3.3. Reactivos e insumos

Los insumos utilizados fueron agua destilada, azúcar y alcohol. Así mismo, los reactivos fueron sulfato de cobre, sulfato de aluminio, hidróxido de sodio y ácido sulfúrico.

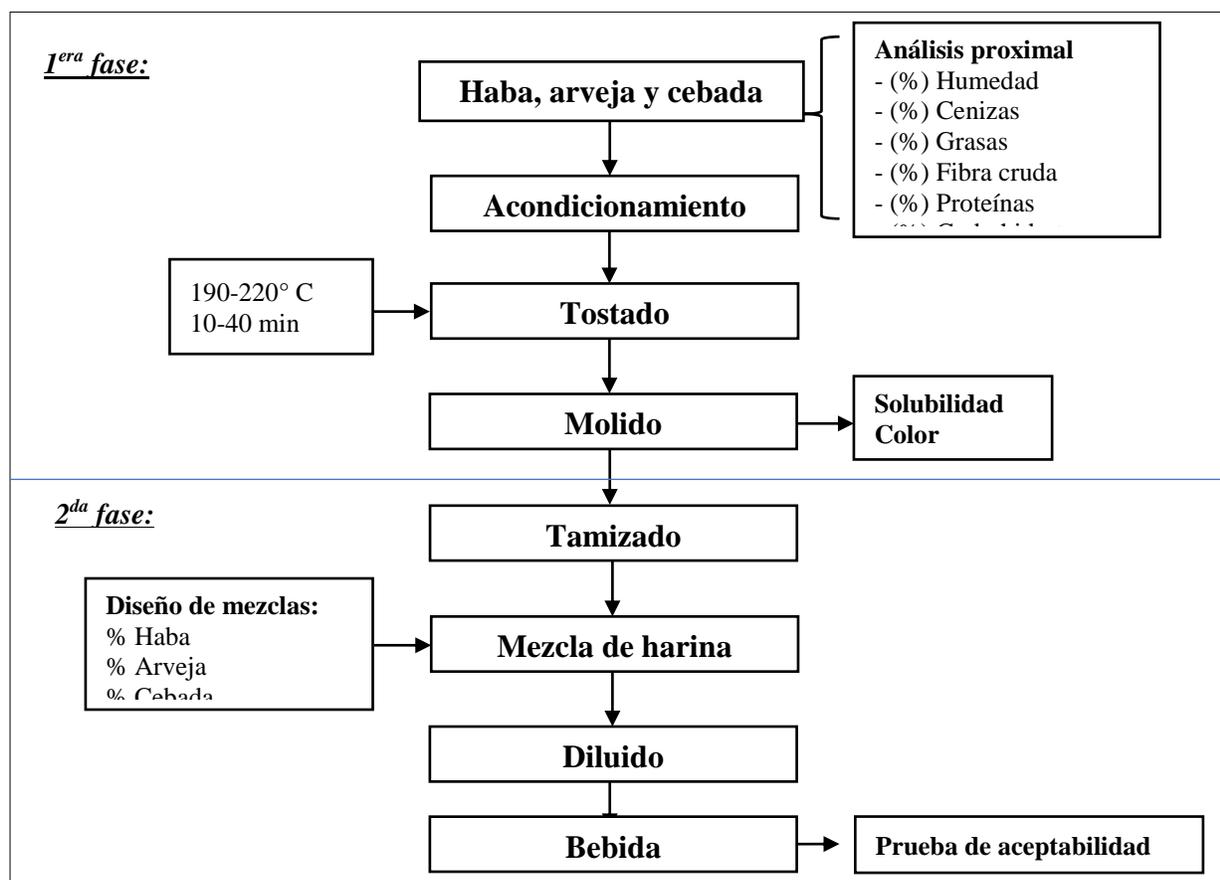
## 3.4. Metodología experimental

En una primera fase se realizó un análisis químico-proximal a los granos andinos (haba, arveja y cebada) para determinar % de humedad, grasas, proteínas, carbohidratos, fibra cruda, y cenizas. Luego a través del Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR), se encontró los parámetros de tostado inicial para haba, arveja y cebada, estos parámetros fueron de 190 – 220 °C

de temperatura y de 10 – 40 min (Tabla 14), a estos granos tostados y molidos se les realizó el análisis de solubilidad y color, y utilizando el Metodología de Superficie de Respuesta (MSP) y la función deseabilidad (FD) se determinaron los parámetros óptimos de las variables tiempo y temperatura en función a las variables de respuesta solubilidad y el diferencial de color ( $\Delta E$ ). En una segunda fase, los granos se tostaron con los parámetros óptimos de tiempo y temperatura de tostado y posteriormente fueron molidos hasta obtener partículas menores a 50  $\mu\text{m}$ ; luego se prepararon varias mezclas de granos tostados y molidos, a través del el Diseño Simplex Centroide Aumentado (Tabla 16). Con las mezclas obtenidas, se elaboró una bebida instantánea y se analizó la aceptabilidad mediante una prueba hedónica utilizando panelistas no entrenados. Para finalizar, se identificó a la mezcla óptima en función a la aceptabilidad mediante el análisis de varianza y la FD.

**Figura 6.**

*Esquema experimental del proceso de tostado de granos y diseño de mezclas*



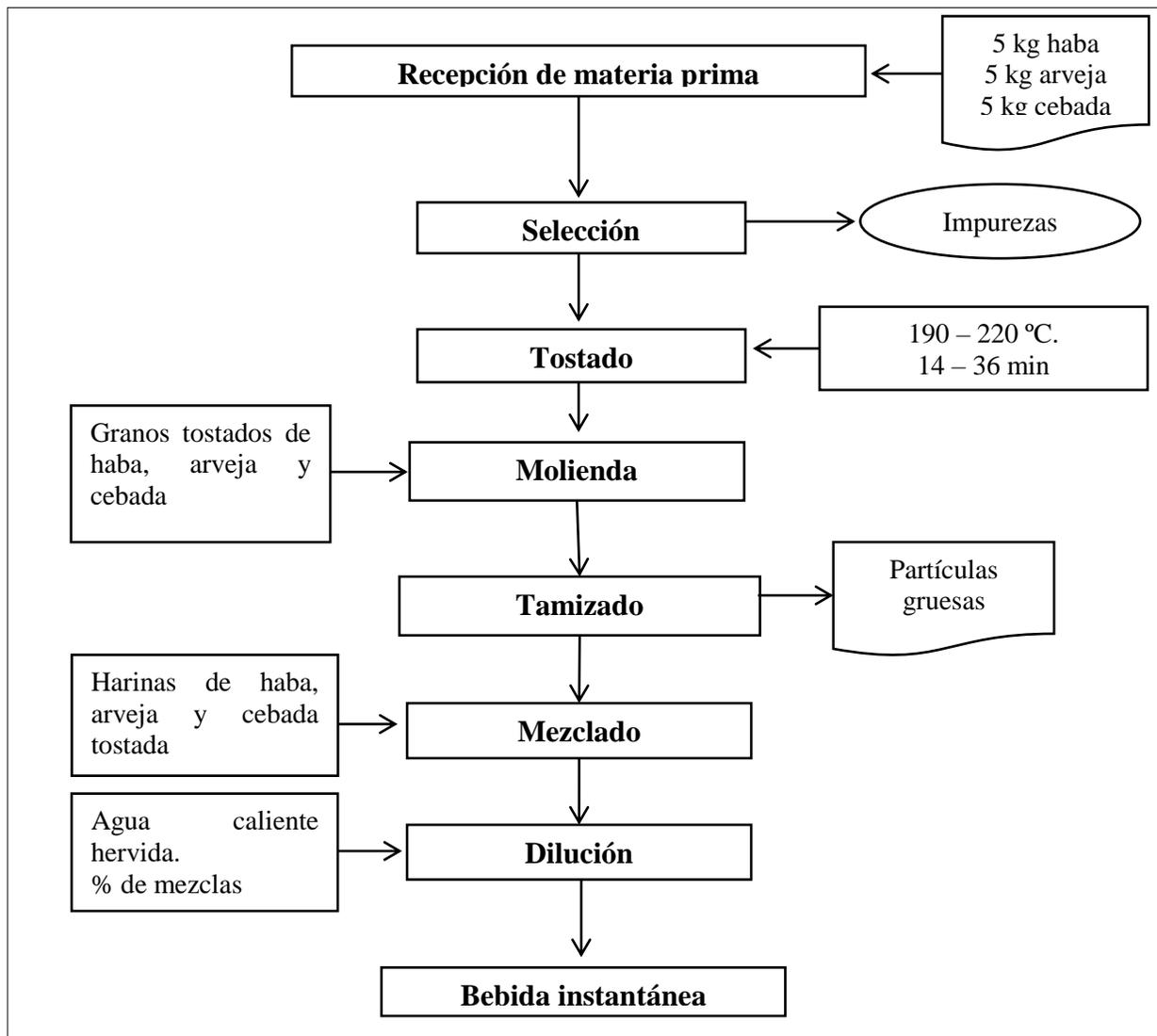
*Nota:* Representación del esquema experimental, en cada una de las etapas del proceso de investigación, desde el análisis proximal de la materia prima hasta la prueba de aceptabilidad.

### 3.4.1. Descripción del proceso para la elaboración de la bebida instantánea.

La Figura 7 muestra el esquema para la elaboración de la bebida instantánea a base a granos andinos tostados y molidos.

**Figura 7.**

*Esquema para la elaboración de la bebida instantánea*



*Nota:* diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida instantánea.

#### **3.4.1.1. Recepción de la materia prima.**

Los granos de haba y arveja y cebada fueron seleccionados y que estén libres de contaminantes físicos, químicos y biológicos, con un porcentaje de humedad adecuado, estos fueron almacenados en condiciones adecuadas y en envases completamente cerrados para evitar el ingreso de humedad y facilitar el deterioro por agentes biológicos, hasta su posterior uso.

#### **3.4.1.2. Selección.**

Se verificó el estado de calidad de los granos (haba, arveja y cebada) y aquellos que presentaron daños y algunas impurezas fueron separadas.

#### **3.4.1.3. Tostado.**

El tostado se realizó en estufa del laboratorio a una temperatura de 190 – 220 °C por un tiempo de 10 – 40 min (Tabla 15).

#### **3.4.1.4. Molido.**

El molido de los granos tostados se realizó en un molino manual de marca CORONA. Este proceso se repitió por tres veces.

#### **3.4.1.5. Tamizado.**

El proceso de tamizado se realizó con la finalidad de eliminar algunas partículas de tamaño muy grande, esta operación se realizó en tamices de tamaño de poro de 50 µm.

#### **3.4.1.6. Mezclado.**

El mezclado se realizó de manera manual, para ello se utilizaron los porcentajes del diseño de mezclas Simplex Centroide (Tabla 16). Las cantidades correspondientes a cada mezcla fueron colocadas en una bolsa de polietileno y se homogenizaron, seguidamente se guardaron en envases herméticos de vidrio recubiertos con papel aluminio hasta su posterior uso.

#### **3.4.1.7. Dilución.**

La dilución de las mezclas se realizó en agua caliente, para ello se utilizó la metodología descrita por Lázaro (2012). Se pesaron 5,5 g de cada mezcla y se disolvieron en 100 mL de agua hervida a 80 °C.

#### 3.4.1.8. *Bebida instantánea.*

Finalmente se obtuvo la bebida instantánea, a la misma que se le realizó la prueba de aceptabilidad con la participación panelistas no entrenados.

### 3.4.2. **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### 3.4.2.1. *Análisis químico proximal.*

En la Tabla número 12 se presenta los datos del análisis proximal a la materia prima y esto es la determinación del porcentaje (%) de, cenizas, humedad fibra, grasa, proteínas y carbohidratos, para ello se realizó mediante el método recomendado por (AOAC, 1990). Otros análisis realizados se detallan a continuación:

**Tabla 12.**

*Métodos utilizados para la determinación del análisis químico proximal*

<b>Componente</b>	<b>Metodología</b>	<b>Principio</b>
Humedad	AOAC (1990)	Pérdida de peso
Cenizas	AOAC (1990)	Calcinación
Fibra	AOAC (1990)	Hidrólisis
Proteínas	AOAC (1990)	Kjeldahl
Grasa	AOAC (1990)	Soxhlet
Carbohidratos	AOAC (1990)	Diferencia

*Nota:* Descripción de los componentes, la metodología y principios para el análisis químico proximal de los granos crudos.

#### 3.4.2.2. *Solubilidad.*

Para determinar la solubilidad de los granos tostados se realizó usando la metodología reportada por Argeñal et al (2015), con ciertas modificaciones. Se pesó 1g de la muestra, luego se le agregaron 10 mL de agua hervida, se puso a centrifugar a 5000 rpm, por 10 min, y luego la mezcla tuvo un reposo de 15 min. Seguidamente, se adicionó el sobrenadante dentro de una placa Petri (previamente pesada) y se deshidrato en una estufa (105 °C) hasta peso constante. La ecuación 7 se usó para calcular la solubilidad de las muestras:

$$S_s = \frac{P_f - P_v}{P_i - P_v} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

P<sub>i</sub> = Peso de la placa Petri inicial, más la muestra.

$P_f$  = Peso de la placa Petri final, más la muestra.

$P_v$  = Peso vacío de la placa Petri.

### 3.4.2.3. *Color.*

Las harinas de granos tostados se colocaron en placas Petri de (7cm de diámetro) y posteriormente en un colorímetro y se realizó la medición directa de los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (luz de día y  $10^\circ$  de padrón de observación) (García y Calixto, 2000). La variación del color ( $\Delta E$ ) se determinó utilizando la ecuación 8:

$$\Delta E = \sqrt{(L)^2 + (a)^2 + (b)^2} \quad (8)$$

Donde:

$L$  = luminosidad de blanco a negro.

$a$  = verde a rojo.

$b$  = amarillo a azul.

### 3.4.2.4. *Aceptabilidad.*

Para la evaluación de aceptabilidad de la bebida se empleó escala hedónica de 5 puntos, según lo recomendado por (Ibáñez y Barcina, 2001). Para ello, 50 panelistas no entrenados calificaron a las bebidas instantáneas preparadas a partir de las mezclas. La prueba de aceptabilidad fue realizada en laboratorios de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial-UNACH. Las bebidas instantáneas se prepararon teniendo en cuenta la Tabla 14, seguidamente fueron colocados en vasos descartables codificados y se brindaron a los panelistas para su análisis ( $50 - 60^\circ\text{C}$ ). La evaluación sensorial se realizó utilizando la escala hedónica de cinco puntos de la Tabla 13.

#### **Tabla 13.**

*Escala hedónica de cinco puntos para la evaluación sensorial de la bebida instantánea*

Escala descriptiva sensorial	Muestras									
	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$
Me gusta mucho										
Me gusta moderadamente										

---

No me gusta ni me  
disgusta

Me disgusta  
moderadamente

Me disgusta mucho

---

*Nota:* Escala hedónica de 5 puntos, con orden de cada punto de la escala descriptiva: 1. Me gusta mucho, 2. Me gusta moderadamente, 3. No me gusta ni me disgusta, 4. Me disgusta moderadamente y 5. Me disgusta mucho.

### 3.5. Diseño experimental y análisis estadístico

#### 3.5.1. Procesamiento, presentación, análisis e interpretación de los datos

##### 3.5.1.1. *Diseño central compuesto rotacional para el proceso de tostado.*

La elaboración de la bebida instantánea a base de haba, arveja y cebada fue obtenida mediante el proceso de optimización a través de dos fases (Figura 6). La primera fase consistió en identificar los parámetros de tiempo y temperatura de tostado para todos los granos. Para eso se utilizó el Diseño Central Compuesto Rotacional – (DCCR) con 2<sup>2</sup>, con 4 puntos axiales y 03 puntos centrales; con un total de 11 corridas (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*Parámetros de tiempo y temperatura propuestos por el DCCR*

Ensayos	Variables independientes			Variables de respuesta		
	X <sub>1</sub>	Tiempo (minutos)	X <sub>2</sub>	Temperatura (°C)	S = solubilidad (%)	C = color (ΔE)
1	-1	14	-1	194	S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub>
2	+1	36	-1	194	S <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>
3	-1	14	+1	216	S <sub>3</sub>	C <sub>3</sub>
4	+1	36	+1	216	S <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>
5	-1,41	10	0	205	S <sub>5</sub>	C <sub>5</sub>
6	+1,41	40	0	205	S <sub>6</sub>	C <sub>6</sub>
7	0	25	-1,41	190	S <sub>7</sub>	C <sub>7</sub>
8	0	25	+1,41	220	S <sub>8</sub>	C <sub>8</sub>
9	0	25	0	205	S <sub>9</sub>	C <sub>9</sub>
10	0	25	0	205	S <sub>10</sub>	C <sub>10</sub>
11	0	25	0	205	S <sub>11</sub>	C <sub>11</sub>

*Nota:* Puntos experimentales de parámetros de tiempo y temperatura de tostado para cada grano de haba, arveja y cebada, obtenidos por el DCCR.

El diseño se aplicó de manera individual para el tostado de haba, arveja y cebada, a través de la MSP de segundo orden (Ecuación 9), (Montgomery, 2000). Se empleó el software Statistica

10.0, para obtener el análisis de varianza, los coeficientes del modelo y su significancia y para identificar los parámetros óptimos tiempo y temperatura de tostado de los granos en función a la solubilidad y  $\Delta E$  mediante la FD (Ecuaciones 10 y 11)

$$Y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_1^2 + B_4x_2^2 + B_5x_1x_2 \quad (9)$$

$$D(x) = (d_1(x)^{w_1} d_2(x)^{w_2} \dots d_r(x)^{w_r})^{\frac{1}{\sum w_i}} \quad (10)$$

$$d_i(x) = \begin{cases} 0, \hat{y}_l(x) < LIE_i \text{ O } \hat{y}_l(x) > LSE_i \\ \left[ \frac{\hat{y}_l(x) - LIE_i}{T_i(x) - LIE_i} \right]^t, LIE_i \leq \hat{y}_l(x) \leq T_i \\ \left[ \frac{\hat{y}_l(x) - LIE_i}{T_i(x) - LIE_i} \right]^u, T_i < \hat{y}_l(x) \leq LSE_i \end{cases} \quad (11)$$

Donde:

$D(x)$ : Es la deseabilidad general de variables de respuesta

$D_1(x), d_2(x), \dots, d_r(x)$ : Es la deseabilidad particular de variables de respuesta

$w_1, w_2, \dots, w_r$ : Son los pesos de las deseabilidades particulares

$\hat{Y}_i(x)$ : Es la variable estimada de respuesta

$LIE_i$ : Es el límite inferior de especificación

$LSE_i$ : Es el límite superior de especificación

$T_i$ : Es el valor meta

$t, u$ : Son los valores de transformación

Para determinar el valor del alpha ( $\alpha$ ) de los puntos axiales se realizó mediante la (ecuación 12), esta ecuación nos permitió calcular el valor codificado para los puntos axiales cual tenía un valor de 1,41; estos niveles distribuidos se muestran (Tabla 15), los cuales muestra los tiempos y temperaturas de tratamiento.

$$\alpha = 2^{k/3} \quad (12)$$

**Tabla 15.**

*Valores usados en DCCR para el tostado de los granos*

Parámetros	Niveles				
	-1,41	-1	0	1	1,41
X <sub>1</sub> -Tiempo (min)	10	14	25	36	40
X <sub>2</sub> -Temperatura (°C)	190	194	205	216	220

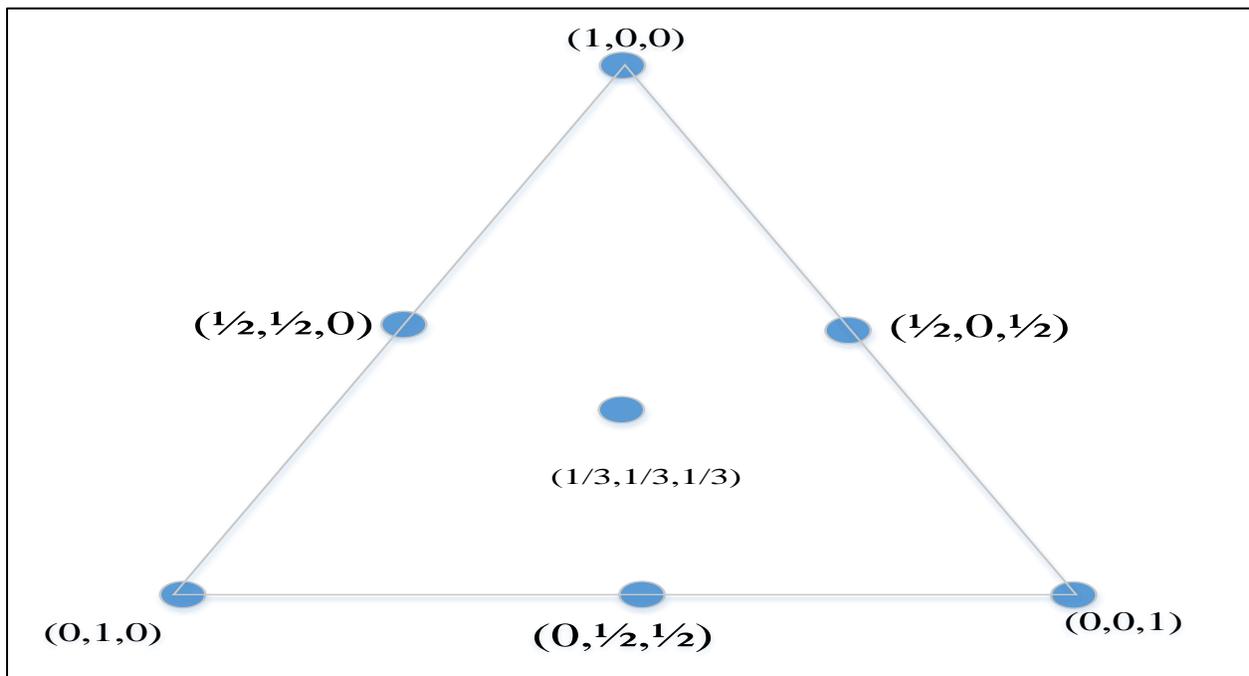
*Nota:* Rangos de tiempo y temperatura de tostado para cada grano de haba, arveja y cebada, obtenidos mediante el DCCR.

**3.5.1.2. Diseño de mezclas para polvos de granos tostados.**

En la segunda fase, los granos nuevamente fueron tostados de acuerdo a los parámetros óptimos de tiempo y temperatura, posteriormente estos granos fueron molidos hasta obtener polvos con diámetros menores a 50 µm. Los porcentajes óptimos de mezcla de los granos tostados fueron determinados utilizando el Diseño Simplex – Centroide Aumentado (DSCA) (Figura 8), para una mezcla de tres componentes (Cornell, 2002).

**Figura 8.**

*Diseño Simplex – Centrado Aumentado (DSCA)*



*Nota:* Representación Grafica del Diseño de mezclas, mediante el cual se obtuvo los porcentajes para cada polvo de grano tostado y elaborar la bebida.

Con la utilización del DSCA se obtuvieron un total de 10 diferentes mezclas de polvos de granos tostados (Tabla 16), la proporción preparada para cada mezcla fue de 6/100 (mezcla/agua), a estas bebidas con diferentes proporciones de mezcla se les evaluó la aceptabilidad con participación de panelistas no entrenados.

**Tabla 16.**

*Puntos experimentales del diseño de mezclas simplex centroide aumentado de las harinas de granos tostados de haba, arveja y cebada.*

Tratamientos	Componentes					
	H	H (%)	A	A (%)	C	C (%)
M <sub>1</sub>	1.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
M <sub>2</sub>	0.0	0.0	1.0	100.0	0.0	0.0
M <sub>3</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	100.0
M <sub>4</sub>	1/2	50.0	1/2	50.0	0.0	0.0
M <sub>5</sub>	1/2	50.0	0.0	0.0	1/2	50.0
M <sub>6</sub>	0.0	0.0	1/2	50.0	1/2	50.0
M <sub>7</sub>	4/6	66,66	1/6	16,66	1/6	16,66
M <sub>8</sub>	1/6	16,66	4/6	66,66	1/6	16,66
M <sub>9</sub>	1/6	16,16	1/6	16,16	4/6	66,66
M <sub>10</sub>	1/3	33,30	1/3	33,33	1/3	33,33

*Nota:* Porcentajes de polvos de granos tostados utilizados para la elaboración de cada una de las diez muestras de la bebida instantánea.

Para el análisis del DSCA y la formulación de la bebida instantánea óptima para la aceptabilidad, se determinó mediante el análisis de varianza y la FD. Para ello se utilizó modelo lineal (ecuación 13); así mismo, también se aplicó el modelo cuadrático y cúbico. El análisis estadístico y optimización del modelo se realizó de la misma manera que para el DCCR.

$$E_{(Y)} = \beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C \quad (13)$$

Dónde:

$E_{(Y)}$  = Valor esperado aceptabilidad.

$\beta_A x_A + \beta_B x_B + \beta_C x_C$  = coeficientes que cuantifican el efecto de las mezclas puras.

$x_A + x_B + x_C$  = proporciones de los componentes (granos tostados a la condición óptima).

A = Haba; B = arveja; C= Cebada.

## CAPITULO IV

### Resultados y Discusión

#### 4.1. Caracterización químico proximal de los granos de haba, cebada y arveja

En la Tabla 17, se muestra la composición químico proximal de los granos de haba, arveja y cebada. Los mismos que presentaron similares porcentajes de humedad desde 10,41 a 12,36 %. De acuerdo a Reyes et al. (2017), mencionan que este parámetro depende del proceso de secado y este determina la estabilidad del grano durante el almacenamiento. Los porcentajes de cenizas y grasas para los tres granos fueron inferiores a 4 %, estos datos son similares a los reportados por Ángeles et al (2021) y Adamidou et al. (2011), por otra parte, los valores de proteínas variaron desde 7,22 a 19,47%, la fibra (2,00 % a 6,52 %), y los carbohidratos desde 65,03 a 73,94 %, estos resultados son diferentes a los que reportan Sharan et al. (2021) y Hove et al. (1978).

Así mismo, los granos de haba presentaron un mayor contenido de carbohidratos en comparación con los granos de arveja y haba, en tanto el contenido de fibra fue mayor en los granos de cebada, seguido por los granos de arveja y haba. Estas diferencia en el contenido de carbohidratos y fibra son debido a las diferencias en la especie vegetal. Los porcentajes de carbohidratos en granos de haba y arveja fueron similares a los reportados por Colca (2014), mientras tanto los porcentajes de humedad en arveja y cebada fueron distintos a lo reportado por López y Paredes (2018) y Quispe y Quispe (2019). El porcentaje de cenizas fue mayor en los granos de haba, seguido por los granos de arveja y haba. Las diferencias en la composición química entre los granos de haba, arveja y cebada son debido a la especie vegetal, así mismo, las diferencias en la composición química de acuerdo a otros estudios son debido a la variedad, condiciones edafológicas, climatológicas y genéticas de los granos (Cordero *et al.*, 2020; Perugachi, 2017).

**Tabla 17.**

*Caracterización químico proximal de los granos de haba, arveja y cebada.*

Componente	Grano		
	Haba	Arveja	Cebada
Humedad (%)	12,36±0,54	10,41±0,49	10,71±0,51
Grasas (%)	3,67±0,33	0,89±0,11	1,11±0,13
Proteínas (%)	7,22±0,22	17,72±0,29	19,47±0,37
Carbohidratos (%)	73,94±0,25	67,84±0,28	65,03±0,21
Fibra cruda (%)	2,00±0,11	2,71±0,30	6,52±0,17
Cenizas (%)	2,81±0,23	3,14±0,12	3,69±0,25

*Nota:* Porcentajes de cada componente de los tres granos. Presentados en promedio desviación estándar.

## 4.2. Resultado para el análisis de solubilidad y color de los granos tostados

### 4.2.1. Solubilidad

En general, los tres granos tostados presentaron solubilidades de 2,45% a 23,61% (Tabla 18). La mayor solubilidad fue observada en los granos tostados de cebada, seguidos por los granos tostados de haba y arveja. Altas temperaturas (220 °C) y prolongados tiempos de tostado (25-40 min) aumentaron la solubilidad de los granos tostados de cebada (Figura 9c), mostrándonos que el tiempo y temperatura de tostado tuvo efecto sobre la solubilidad de la cebada. Por otra parte, altas solubilidades de los granos tostados de haba (Figura 9a) y arveja (Figura 9b) se observaron a bajas temperatura (190-200 °C) y cortos tiempos de tostado (10-14 min). Estas diferencias son debido a la composición química de los granos de haba, arveja y cebada, la cual afecta la solubilidad de los granos, ya que algunos polímeros como el almidón y proteínas incrementan su solubilidad con el aumento de la temperatura (Sharma et al., 2011; Hatamian et al., 2020), no obstante, la estructura molecular de estos polímeros y disposición en el grano podrían influenciar el incremento o disminución de la solubilidad de los productos tostados.

La solubilidad de la harina de cebada tostada es similar a la reportada por Montanuci et al. (2016), así mismo, los autores observaron que granos de tostados de 200 °C presentaron una solubilidad de 6,13 %, sin embargo, aquellos que fueron tostados a 220 – 240 °C incrementaron la solubilidad de 17,91-19,70 %. Este aumento de solubilidad obtenido en el estudio de Montanuci et al. (2016) y este estudio está relacionado con los diferentes cambios fisicoquímicos que se presentan en los polímeros durante el proceso de tostado, así como debido al proceso de gelatinización que ocurre en los granos tostados. Por otro lado, el tamaño de partícula también es otro factor que afecta la solubilidad, esto quiere decir que, si la partícula es de menor tamaño, el área de interacción de los componentes químicos con el agua es mayor. Young et al. (2014) refieren que si las partículas son de menor tamaño permitirá un aumento de la solubilidad de proteínas, azúcares, flavonoides, polifenoles, etc., en una bebida caliente.

**Tabla 18.**

*Resultados de solubilidad (%) y el ( $\Delta E$ ) para haba, arveja y cebada tostada.*

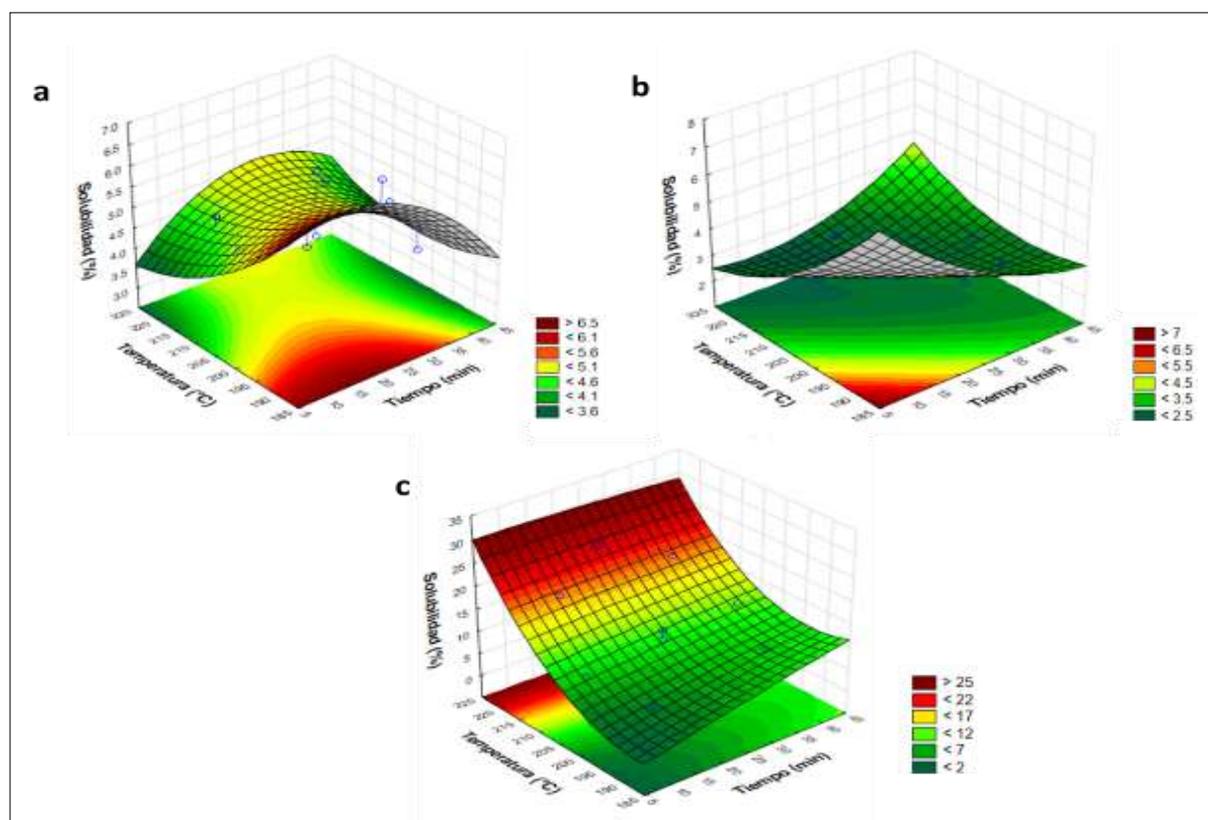
Trat.	Haba tostada	Arveja tostada	Cebada tostada
-------	--------------	----------------	----------------

	Tiempo (min.)	Temp. (°C)	Solubilidad (%)	Color ( $\Delta E$ )	Solubilidad (%)	Color ( $\Delta E$ )	Solubilidad (%)	Color ( $\Delta E$ )
1	14	194	5,38±0,23	52,84±0,29	4,68±0,14	56,92±0,41	5,66±0,12	47,43±0,56
2	36	194	4,27±0,06	46,61±0,52	3,12±0,06	47,93±0,57	8,93±0,05	44,19±0,58
3	14	216	4,89±0,14	34,60±0,51	2,45±0,09	42,74±0,11	18,86±0,03	37,62±0,25
4	36	216	4,76±0,09	29,94±0,76	2,77±0,18	35,72±0,25	18,92±0,20	31,69±0,53
5	10	205	4,86±0,09	46,26±0,46	3,57±0,03	49,28±0,37	8,00±0,30	45,31±0,50
6	40	205	4,66±0,26	36,02±0,87	2,82±0,10	41,93±0,17	11,97±0,04	39,49±0,17
7	25	190	6,64±0,10	56,72±0,25	3,63±0,18	52,99±0,34	5,55±0,21	50,76±0,49
8	25	220	4,65±0,12	34,27±0,32	2,75±0,18	35,95±0,34	23,61±0,03	28,25±0,20
9	25	205	4,51±0,21	42,49±0,47	2,53±0,16	46,36±2,37	9,46±0,09	43,41±0,40
10	25	205	4,83±0,30	41,19±0,59	2,88±0,13	44,79±0,18	12,12±0,30	41,75±0,24
11	25	205	5,04±0,02	40,37±0,32	2,81±0,21	44,63±0,45	10,00±0,02	43,82±0,33

Nota: Resultados del porcentaje de solubilidad y del  $\Delta E$  para los tres granos en cada uno de los 11 tratamientos.

**Figura 9.**

Superficie de respuesta de la solubilidad de los granos tostados de haba (a), arveja (b) y cebada (c)



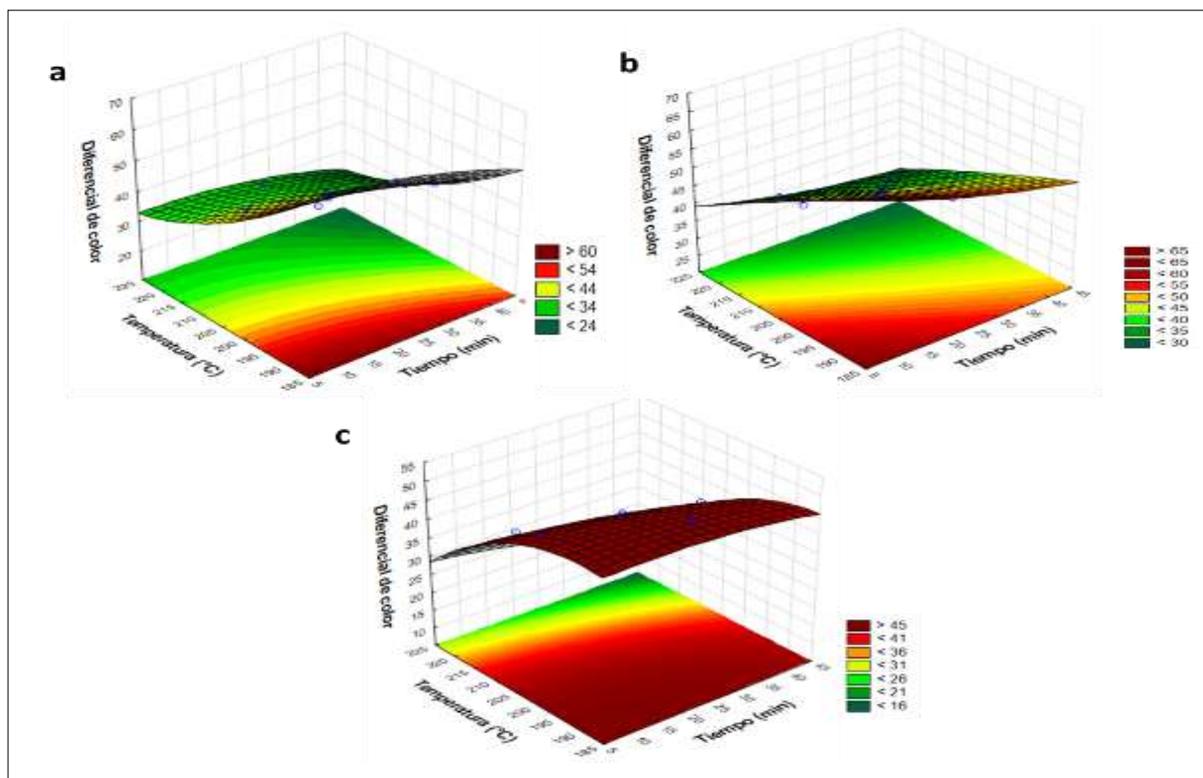
Nota: Representación gráfica de superficie de respuesta para la solubilidad de los tres granos haba, arveja y cebada.

#### 4.2.2. Color

El  $\Delta E$  nos permite determinar los cambios de coloración de un producto, ya que se incluyen los cambios en la luminosidad ( $L^*$ ),  $a^*$  (rojo-verde) y  $b^*$  (amarillo-azul). Este parámetro es muy útil ya que permitió comparar los cambios de color de los granos de haba, arveja y cebada durante el proceso de tostado y este cambio fue diferente en cada grano y dependió del tiempo y temperatura de tostado (Tabla18, Figura 10). Los granos de haba, arveja y cebada presentaron mayores valores de color ( $\Delta E$ ) a temperaturas de tostado menores a 200 °C y tiempos de tostado entre 10 y 40 min (Figura 10a y Figura 10b), sin embargo, los tres granos presentaron valores bajos de  $\Delta E$  a temperaturas altas superiores a 200 °C y tiempos de tostado entre 10 y 40 min (Figura 10c). Algunas diferencias en el  $\Delta E$  de los granos andinos pueden ser debido a la diferente composición química de los granos de haba, arveja y cebada, distribución de los componentes dentro del grano y tamaño del grano (Virgen-Navarro et al., 2016). En general los valores de  $\Delta E$  en haba, arveja y cebada presentaron variaciones de 28,25 a 56,92 (Tabla18). Es decir, el tiempo y temperatura de tostado si tiene efecto sobre el color de los granos tostados y molidos, por lo que, a mayor tiempo y temperatura de tostado, el  $\Delta E$  va disminuyendo (Tabla18, Figura 10). La variación del color entre los tratamientos se da debido a las reacciones de Maillard (Rufian-Henares et al., 2009). Entonces, a causa del pardeamiento no enzimático se produjeron cambios en la coloración debido a la producción de pigmentos con bajo y alto peso molecular (Hofmann, 1998).

**Figura 10.**

Superficie de respuesta del diferencial de color ( $\Delta E$ ) de los granos tostados de haba (a), arveja (b) y cebada (c).



Nota: Representación gráfica de superficie de respuesta para el diferencial de color ( $\Delta E$ ) de los tres granos haba, arveja y cebada.

Los granos de arveja tostada mostraron valores más altos del  $\Delta E$  en comparación con los granos de haba y cebada. Por otra parte, los granos de arveja tostados presentaron una coloración menos oscura que los otros granos, estas diferencias pueden deberse a la diferente composición química y tamaño del gránulo (Virgen-Navarro et al., 2016). Similares comportamientos de reducción del  $\Delta E$  durante el proceso de tostado fueron reportados por Sharma et al. (2011) para granos de cebada tostados. Así mismo, Craig et al. (2018) menciona que el cambio de color claro a oscuro durante el tostado depende de la luminosidad ( $L^*$ ), la cual se reduce a altos y prolongados tiempos de tostado y trae como consecuencia un cambio de color. Por lo tanto, el cambio de coloración en cada grano tostado está relacionado con la composición química del producto, distribución de los componentes y los parámetros de tostado (Montanuci et al., 2016; Sharma et al., 2011).

#### 4.3. Análisis de varianza y superficie de respuesta para la solubilidad y el $\Delta E$

El tiempo y temperatura de tostado lineal y su interacción afectaron significativamente ( $p < 0,05$ ) a la solubilidad de los granos tostados de arveja, por otro lado, solo la temperatura

de tostado lineal afectó significativamente a la solubilidad para granos de cebada ( $p < 0,05$ ). No hubo efecto significativo ( $p > 0,05$ ) del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad de los granos de haba (Tabla 19). El  $R^2$  fue mayor a 0,90 para el modelo cuadrático para la solubilidad de arveja y cebada tostadas (Tabla 19), lo que indica que los modelos matemáticos ajustaron muy bien a los valores de solubilidad, ya que, según De Oliveira et al (2009) y Loh et al (2005) los modelos con un  $R^2 > 0,75$  son adecuados para propósitos de predicción.

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza y coeficientes de regresión del modelo de superficie de respuesta para la solubilidad de granos tostados de haba, arveja y cebada.*

Fuente de variación	Haba		Arveja		Cebada	
	CMe	Valor p	CMe	Valor p	CMe	Valor p
Modelo	0,42	0,6034	0,81	0,0052	67,54	0,0003
Tiempo (lineal)	0,49	0,572449	0,66	0,048590	9,89	0,15542
Temperatura (lineal)	0,95	0,350482	1,84	0,018253	296,2	0,006643
Tiempo x temperatura	0,24	0,606333	0,88	0,036942	2,58	0,372458
Tiempo (cuadrático)	0,49	0,475830	0,33	0,090041	0,044	0,895897
Temperatura (cuadrático)	0,15	0,682177	0,32	0,092397	29,0	0,062204
Residual	0,54	-----	0,055	-----	1,73	-----
Falta de ajuste	0,47	0,624956	0,068	0,353148	0,96	0,727289
Error puro	0,65	-----	0,035	-----	1,99	-----
$R^2$		0,46		0,93		0,98
$R^2$ ajustado		---		0,87		0,96
CV		20,96		10,37		14,20

*Nota:* Análisis de varianza para la solubilidad de los tres granos. Donde: CMe (cuadrado medio del error), CV (coeficiente de variación) y  $R^2$  (coeficiente de determinación).

A continuación, se muestran los modelos de segundo orden para la variable de respuesta solubilidad para los tres granos tostados, donde X y Y son la temperatura y tiempo de tostado respectivamente:

*Haba*

$$\text{Solubilidad} = 79,48 - 0,30X - 0,00X^2 - 0,65Y + 0,00Y^2 + 0,00XY \quad (14)$$

*Arveja*

$$\text{Solubilidad} = 120,89 - 0,92X + 0,00X^2 - 0,99Y + 0,00Y^2 + 0,00XY \quad (15)$$

*Cebada*

$$\text{Solubilidad} = 683,47 + 1,50X - 0,00X^2 - 7,32Y + 0,01Y^2 - 0,00XY \quad (16)$$

El análisis de varianza para el  $\Delta E$  de los granos de haba, arveja y cebada tostados se muestra en la Tabla 20. El tiempo y temperatura de tostado lineal afectaron significativamente

( $p < 0,05$ ) a la  $\Delta E$  de los tres granos tostados. El  $R^2$  fue mayor a 0,90 para el  $\Delta E$  de los tres granos tostados (Tabla 20), lo que indica que los estos modelos ajustan muy bien a los valores de (De Oliveira et al., 2009; Loh et al., 2005).

**Tabla 20.**

*Análisis de varianza y coeficientes de regresión del modelo de superficie de respuesta para el diferencial de color ( $\Delta E$ ) de granos tostados de haba, arveja y cebada.*

Fuente de variación	Haba		Arveja		Cebada	
	CMe	Valor p	CMe	Valor p	CMe	Valor p
Modelo	130,38	0,00047	81,67	0,00018	85,23	0,0015
Tiempo (lineal)	80,02	0,013980	88,61	0,010212	37,93	0,030144
Temperatura (lineal)	556,04	0,002048	317,76	0,002879	363,8	0,003275
Tiempo x temperatura	0,63	0,536225	0,88	0,431854	1,82	0,342802
Tiempo (cuadrático)	3,58	0,218597	0,95	0,416255	1,20	0,422046
Temperatura (cuadrático)	11,65	0,085646	0,17	0,709227	21,42	0,051604
Residual	3,21	-----	1,35	-----	3,37	-----
Falta de ajuste	4,59	0,205598	1,64	0,378932	4,81	0,205673
Error puro	1,14	-----	0,92	-----	1,20	-----
$R^2$		0,98		0,98		0,96
$R^2$ ajustado		0,95		0,97		0,92
CV		5,71		3,52		5,94

*Nota:* Análisis de varianza para el diferencial del color ( $\Delta E$ ) de los tres granos. Donde: CMe (cuadrado medio del error), CV (coeficiente de variación) y  $R^2$  (coeficiente de determinación).

A continuación, se muestran los modelos de segundo orden para la variable de respuesta  $\Delta E$  para los tres granos tostados, donde X y Y son la temperatura y tiempo de tostado respectivamente:

*Haba*

$$\Delta E = 742,63 - 0,61X - 0,00X^2 - 5,95Y + 0,01Y^2 + 0,00XY \quad (17)$$

*Arveja*

$$\Delta E = 131,38 - 1,27X + 0,00X^2 - 0,06Y - 0,00Y^2 + 0,00XY \quad (18)$$

*Cebada*

$$\Delta E = 564,53 + 1,14X - 0,00X^2 + 6,43Y - 0,01Y^2 + -0,00XY \quad (19)$$

#### 4.4. parámetros ideales de tostado utilizando la función deseabilidad

Los parámetros óptimos se obtuvieron utilizando la FD y en base a las variables de respuesta o dependientes (Lewis et al, 1999).

#### 4.4.1. Condiciones ideales del proceso de tostado

Los niveles o condiciones deseadas del tiempo y temperatura de tostado de los granos fueron determinadas usando la FD y teniendo en cuenta la solubilidad y  $\Delta E$ . Las condiciones ideales de tostado fueron diferentes para cada grano. Para haba 17,5 min y 190 °C (deseabilidad = 0,59), para arveja 10 min y 190 °C (deseabilidad = 0.58), y para cebada 17.5 min y 212,5 °C (deseabilidad = 0,73).

**Tabla 21.**

*Parámetros ideales de tiempo y temperatura de tostado de los granos de haba, arveja y cebada determinados utilizando la función deseabilidad.*

Grano	Variables independientes	Valores	Deseabilidad
Haba	Tiempo (min)	17,5	0,59
	Temperatura (°C)	190	
Arveja	Tiempo (min)	10	0,58
	Temperatura (°C)	190	
Cebada	Tiempo (min)	17.5	0,73
	Temperatura (°C)	212.5	

*Nota:* Rangos de tiempo y temperatura de tostado ideal y valores de deseabilidad para cada uno de los granos.

Los granos de cebada mostraron una mayor temperatura de tostado y los granos de haba y cebada presentaron un mayor tiempo de tostado óptimo. Estas variaciones en los parámetros óptimos de tostados para cada grano pueden ser debido a la variación en la composición química de los granos antes de tostar (Tabla 17) que afectaron la solubilidad y  $\Delta E$  de los granos tostados. Factores que pudieron haber influenciado en las diferentes condiciones de tostado se debe a la estructura de los polímeros como almidón y proteínas, la presencia de pigmentos y de azúcares reductores (Meléndez, 2019). Además, la naturaleza del grano y la composición química tienen influencia en la solubilidad y el  $\Delta E$  de los granos tostados (Schlörmann et al., 2019; Siah et al., 2014; Young Jun et al., 2014).

#### 4.4.2. Aceptabilidad de la mezcla de granos tostados y molidos

En la Tabla 22 se muestran la aceptabilidad de bebidas elaboradas a partir de cada mezcla de harinas de granos previamente tostados en las condiciones óptimas de tostado (Tabla 21). La mayor aceptabilidad de la bebida pertenece a la mezcla que contiene un 50% de harina tostada de haba y 50% de harina tostada de cebada, seguida de la bebida elaborada con la mezcla con 33,33% de harina de haba tostada, 33,33% de harina de arveja tostada y 33,33% de harina de cebada tostada. Así mismo, bebidas elaboradas con mezclas conteniendo altos porcentajes de harina tostada de haba (>50%) y cebada (>50%) y bajos porcentajes de arveja

(<50%) presentaron una mayor aceptabilidad. Islam et al. (2019) y Majcher et al. (2013), hacen referencias que bebidas que son obtenidas o elaboradas a partir de materias primas tostadas como malta, centeno, achicoria, trigo germinado, cebada entre otros, tienen características sensoriales idénticas al café, debido a la gran composición volátil los cuales potencian sus aromas. Por otro lado, las bebidas que presentaron una menor aceptabilidad fueron las elaboradas con mezclas que contenían altos porcentajes de harina de arveja (> 50%) y bajos porcentajes de harina de haba (< 50%) y cebada (< 50%) (Figura 11). Indicando que los panelistas tuvieron una mayor aceptación de la bebida elaborada con mezclas de bajo contenido de arveja debido a ciertas características sensoriales no deseadas en los granos de arveja que no fueron reducidas o eliminadas por el proceso de tostado. Esto concuerda con (Arellano y Rojas 2017) y (Alasino 2009) que señalan que la harina de arveja en grandes proporciones tiende a tener un efecto negativo en las características sensoriales del producto final

**Tabla 22.**

*Resultados de la aceptabilidad de la mezcla de los componentes de haba, arveja y cebada en los tratamientos experimentales*

Corrida	Componentes			Aceptabilidad
	% haba	% arveja	% cebada	
1	100	0	0	3,83±0,61
2	0	100	0	3,39±0,55
3	0	0	100	3,72±0,61
4	50	50	0	3,56±0,50
5	50	0	50	4,19±0,52
6	0	50	50	3,53±0,51
7	33,33	33,33	33,33	3,81±0,40
8	66,66	16,66	16,66	3,94±0,63
9	16,66	66,66	16,66	3,53±0,51
10	16,66	16,66	66,66	4,03±0,70

*Nota:* Resultados de la aceptabilidad de cada una de las diez muestras evaluadas a través del análisis sensorial.

El análisis de varianza y los coeficientes de los modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico (Tabla 23), fueron analizados para identificar los parámetros ideales para la aceptabilidad de las bebidas de las mezclas de harina tostada de haba, arveja y cebada. Los modelos de regresión lineal y cuadrático fueron significativos ( $p < 0,05$ ), lo cual indica que estos modelos se pueden utilizar para determinar las condiciones óptimas de las mezclas. El modelo cuadrático y cúbico presentaron un mejor ajuste de los datos ( $R^2$  ajustado  $> 0,85$ ) en

comparación con el modelo lineal ( $R^2$  ajustado=0,58), sin embargo, el modelo cuadrático presentó un mayor  $R^2$  ajustado (0,91), lo que indica que este modelo ajusta mejor los datos experimentales que el modelo cúbico (De Oliveira et al., 2009; Loh et al., 2005).

**Tabla 23.**

*Análisis de varianza y coeficientes del modelo para aceptabilidad en función al porcentaje de haba, arveja y cebada.*

<b>Parámetro</b>	<b>Modelo Lineal</b>	<b>Modelo cuadrático</b>	<b>Modelo cúbico</b>
GLmodelo	2	5	8
GLerror	7	4	1
CMmodelo	0,199374	0,113431	0,072818
CMerror	0,027350	0,005762	0,007659
Valor P	0,019441*	0,006412*	0,245988
$R^2$	0,675615	0,960952	0,987023
$R^2$ ajustado	0,582933	0,912142	0,883203

*Nota:* Análisis de varianza para la aceptabilidad para los tres granos. Donde: \*Significativo al 0,05%; GL, grados de libertad, CM, cuadro medio,  $R^2$ , coeficiente de determinación

El modelo lineal y cuadrático fueron significativos ( $p < 0,05$ ) es decir son adecuados para modelar los valores de la aceptabilidad de las mezclas (Tabla 23), sin embargo, el modelo cúbico no fue significativo ( $p > 0,05$ ), lo que indica que se podría utilizar este modelo para predecir los datos de aceptabilidad de las mezclas de granos tostados. Además, los valores de  $R^2$  más altos fueron observados en el modelo cúbico y cuadrático ( $R^2 > 0,96$ ) esto indica que estos modelos matemáticos ajustan muy bien a los datos experimentales de la variable de respuesta aceptabilidad (De Oliveira et al.; 2009; Loh et al.; 2005), no obstante, el mayor  $R^2$  ajustado lo presentó el modelo cuadrático, lo que indica que en este modelo las variables independientes presentaron una mayor efectividad para explicar variable dependiente aceptabilidad. Por lo antes mencionado y como el modelo cuadrático fue significativo ( $p < 0,05$ ) y presentó el valor más alto de  $R^2$  ajustado, se utilizó este modelo (ecuación 20) para determinar los porcentajes óptimos de la mezcla que tuvieron mayor aceptabilidad de la bebida mediante función deseabilidad (Figura 11).

A continuación, se muestra el modelo de segundo orden para la variable de respuesta aceptabilidad de las mezclas de los tres granos tostados, donde  $x_A$ ,  $x_B$  y  $x_C$ , son las proporciones de los componentes de harina tostada de haba, arveja y cebada respectivamente

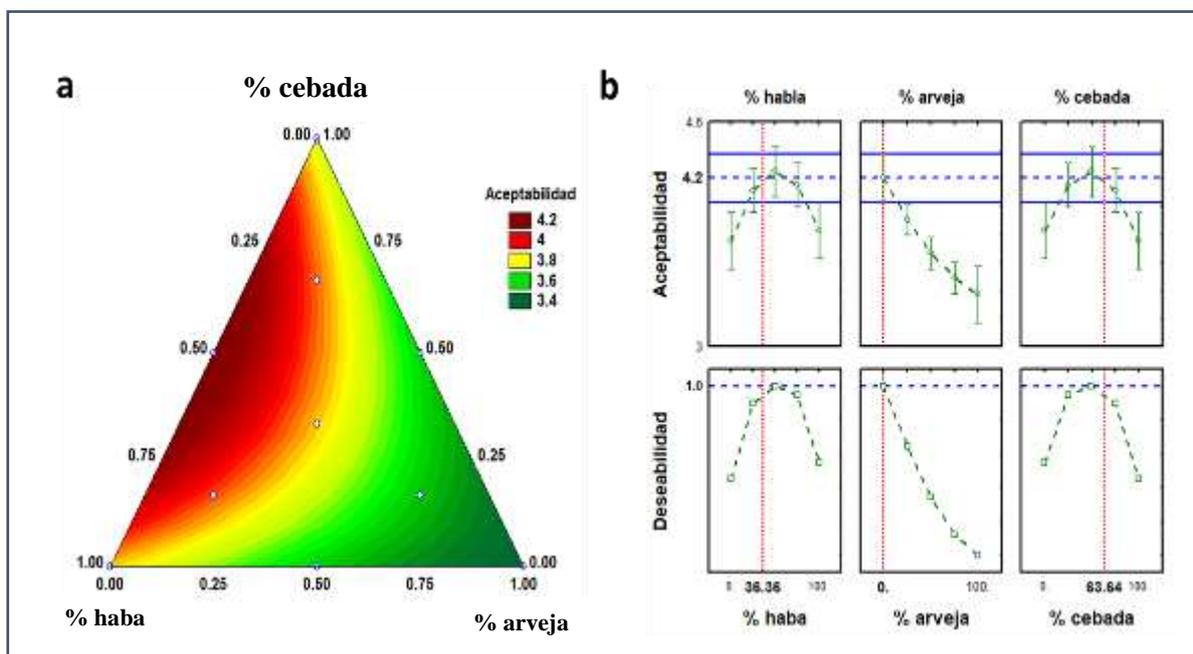
X y Y son la temperatura y tiempo de tostado respectivamente:

$$\text{Aceptabilidad} = 0,03x_A + 0,03x_B + 0,03x_C - 0,00x_A x_B + 0,00x_A x_C + 0,00x_B x_C \quad (20)$$

Obteniéndose como resultado que el tratamiento con mayor aceptación fue la elaborada con 36,36% de harina de haba y 63,64% de harina de cebada (Figura 11). Esto indica que las mezclas elaboradas con harina de haba y cebada fueron las más aceptadas por los panelistas. Concordando con estudios realizados con granos de haba tostada y cebada, los cuales son aceptados y utilizados en la industria alimenticia debido a sus buenos atributos sensoriales (Cayame, 2020; Barrera et al., 2019).

**Figura 11.**

*Gráfica de contorno del modelo cuadrático para los valores de aceptabilidad de las mezclas (a) y mezcla ideal, determinada utilizando la función deseabilidad (b).*



*Nota:* Contorno del modelo cuadrático para la aceptabilidad de las mezclas (a), y mezcla ideal en función a la deseabilidad (b).

## CAPITULO V

### Conclusiones

- Todos los granos evaluados presentaron diferente composición química, esta diferencia es debido a las condiciones agroecológicas y de cultivo de los granos recolectados.
- La solubilidad se incrementó a altas temperaturas y prolongados tiempos de tostado en la harina de cebada, mientras que para la arveja y haba a bajas temperaturas y cortos tiempos de tostado la solubilidad fue mayor.
- Los granos de cebada mostraron un mayor porcentaje de solubilidad (23,61), en comparación con el haba y la arveja.
- Los granos de arveja mostraron el mayor  $\Delta E$  (56,92) en comparación con los granos de haba y cebada.
- El tiempo y temperatura de tostado lineal tuvo efecto significativo ( $p < 0,05$ ) en el  $\Delta E$  para los tres granos tostados.
- Los parámetros de tiempo y temperatura óptimos de tostado fueron diferentes (17,5 min y 190 °C para haba; 10 min y 190 °C para arveja; 10 min y 212,5 °C para cebada), debido a diferente la composición química del grano tostado.
- El modelo cuadrático tuvo significancia en el diseño de mezclas, presentando el mejor ajuste referente a los datos de aceptabilidad ( $R^2 > 0,85$ ).
- Porcentajes de 36,36% de harina de haba y 63,64% de harina de cebada, fueron las óptimas y tuvieron una mayor aceptabilidad.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar otros equipos o métodos de tostado a fin de evaluar y determinar mejores tiempos y temperaturas de tostado de granos haba (*Vicia faba*), arveja (*Pisum sativum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) que incrementen o mejoren las características sensoriales y propiedades funcionales de los granos tostados.
- Utilizar un pretratamiento como precocción u otro tratamiento preliminar al proceso de tostado que permita incrementar la solubilidad final y otras propiedades funcionales de los granos tostados.
- Realizar un pretratamiento de los granos de cebada como pre tostado a fin de reducir los compuestos que afectan la aceptabilidad final de las bebidas elaboradas a partir de este grano tostado.
- Determinar el efecto de la intensidad del proceso de tostado sobre la digestibilidad y valor nutricional e los granos tostados.

## CAPITULO VI

### Referencias Bibliográficas

- Adamidou, S., I. Nengas, K. Grigorakis, D. Nikolopoulou y K. Jauncey. 2011. Chemical composition and antinutritional factors of field peas (*Pisum sativum*), chickpeas (*Cicer arietinum*), and faba beans (*Vicia faba*) as affected by extrusion preconditioning and drying temperatures. *Cereal Chemistry*, 88(1): 80–86. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-05-10-0077>
- Agencia de Noticias Andina (2017). La quinua es consumida por un 85.4% de hogares de lima y Callao. <https://andina.pe/agencia/noticia-un854-hogares-lima-y-callao-consume-quinua-destaca-encuesta-463156.aspx>.
- Aguiar, F., Lotero, L., & Vega, M. (2015). *Procesadora Comercializadora De Café Artesanal En El Municipio De Roldanillo*. [Instituto de Educación Técnica Profesional]. <https://fdocumento.com/document/procesadora-y-comercializadora-de-cafe-artesanal-en-el-municipio-de-813-optimizacion.html>
- Alasino, M.(2009). *Harina de arveja en la elaboración de pan. Estudio del efecto de emulsionantes como mejoradores de volumen y vida útil*. [Tesis para obtener el grado académico de Magister, Universidad Nacional del Litoral. Facultad de Ingeniería Química. Argentina]. <http://hdl.handle.net/11185/145>
- Alcazar, J. (2012). Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias. *Cusco - Peru. Editorial Cibercopy 2 Ed.* <https://revistas.uancv.edu.pe/index.php/RCIA/article/download/158/137>
- Anaberta Cardador-Martínez, Karina Maya-Ocaña, Alicia Ortiz-Moreno Braulio E. Herrera-Cabrera G. Dávila-Ortiz Mercedes Múzquiz Mercedes Martín-Pedrosa Carmen Burbano Carmen Cuadrado Cristian Jiménez-Martínez. (2012). Effect of Roasting and Boiling on the Content of Vicine, Convicine and L-3,4-dihydroxyphenylalanine in *Vicia faba*L. *Journal of Food Quality* Volume35, Issue6, December 2012: 419-428.

- Angeles, J. G. C., J. C. Villanueva, L. Y. C. Uy, S. M. Q. Mercado, M. C. L. Tsuchiya, J. P. Lado, M. R. N. Angelia, M. C. M. Bercansil-Clemencia, M. A. C. Estacio y M. A. O. Torio, 2021. Legumes as functional food for cardiovascular disease. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(12): article number 5475. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/12/5475/pdf>.
- AOAC - Official Methods of Analysis., Pub. L. No 5,1. W. Horwits (Ed 73.). (1990). <https://doi.org/10.1093/jaoac/73.5.661>
- Argeñal, W., Espinoza, A., & V, M. (2015). *Determinaciòn de parametros físicos y químicos en café molido*. [Tesis de graduación, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - León ]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/retrieve/7603>
- Arellano, E., & Rojas, I. (2017). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de arvejas (*Pisum sativum*) y harina de camote (*Ipomoea batatas*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcake. *Tesis para optar el título profesional*. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2748>
- Aspiazu, K., Navarro, J., & Mendoza, O. (2009). *Proyecto de comercialización del café de haba (vicia faba) (café orgánico). Actuando como intermediario, para el consumo local en la ciudad de Guayaquil y como una opción de exportación*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6286>
- Azcarate, L. (2016). *Efecto del aumento de la humedad en las características físico-químicas y sensoriales del café arábica*. Universidad Pública De Navarra. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/22448/TFM-LidiaAzc%C3%A1rate%2BPortada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barrera, O., Gutiérrez, N., & Orozco-Blanco, D. (2019). Caracterización y diferenciación de cafés, a partir de espectroscopía infrarroja. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1), 1-7. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v22n1/0123-4226-rudca-22-01-e1158.pdf>
- BCAMPDERA. (2013). 11-Septiembre. Verde Despertar. From Beneficios y propiedades de las Arvejas: <https://bcampdera.wordpress.com/2013/09/11/beneficios-ypropiedades-de-las-arvejas/>

- Bicho, N.; Leitão, A.; Ramalho, J.; Lidon, F. (2012). Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology (Campinas)* 32(3): 436-442. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000068>
- Bonnlander, B.; Eggers, R.; Engelhardt, U.; Maier, H. (2005). Roasting. Cap. 4. En: Illy, A. y Viani, R. (Ed.). *Espresso coffee. The Science of Quality*. 2. ed. Elsevier Academic Press. Roma, IT. p. 179-214.
- Borse LB, Borse SL, Gujarathi NA. (2016). Natural toxins and antinutrients in plants and fungi: ecological biochemistry of food. In: Bagchi D, Swarrop A, editors. *Food toxicology*. Florida: CRC press. p 263–73.
- Box, G. and Wilson, K. B. (1951) On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. *Journal of the Royal Statistical Society, Ed. 13, pag. 1–45*.
- Cayame, J. (2020). Elaboracion de un bizcochuelo genovés con sustitucion total de harina de trigo ( *Triticum aestivum*) por harina de haba (*Vicia Faba L.*), modificando porcentajes de materia prima. *Trabajo para optar el título*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14179>.
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. 4. Ed. <http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodin%C3%A2mica/Material%20Did%C3%A1tico/Livro%20-%20Cengel/Termodinamica%20-%20Cengel%207th%20-%20espanhol.pdf>
- Clarke, R., & Macrae, R. (1987). Crown House, Linton Road, Barking, Essex IG11 8JU, England: ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS LTD. *Volumen 2*.
- Coello, G. (2010). *Elaboración y valoración nutricional de tres productos alternativos a base de cebada para escolares del proyecto Runa Kawsay*. [tesis de titulación, Escuela superior politécnica de Chimborazo – Ecuador.]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/724>
- Colca, J. (2014). *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*. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3422>

- Confalone, A. (2008). *Crecimiento y desarrollo del cultivo del haba (vicia faba l.) parametrización del submodelo de fenología de cropgro-fababean*. Universidad De Santiago De Compostela. <http://hdl.handle.net/10347/2512>
- Cordero, L., Matus, I., González, J., & Castillo, D. (2020). Cultivo de cereales anuales: trigo, arroz, avena y maíz. En I. d. Agricultura, & J. González (Ed.), *Agricultura de la nueva región de Ñuble: una caracterización sectorial*. (págs. 151-186). Chillan. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/3629>
- Cornell, J.A. 2002. Experiments with Mixtures: Designs Models and the Analysis of Mixture Data (en línea). 3 ed. Nueva York, Estados Unidos, John Willey & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118204221>
- Cotapos, R. L. (2006). Manual de alimentación sana (Segunda ed.). México: PAX MÉXICO. [https://books.google.com.ec/books?id=yVnVRw4xHcC&pg=PA76&dq=cereales+en+la+alimentacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj157Gw7\\_bRAhWGZiYKHQAOCpgQ6AEIQTA G#v=onepage&q=cereales%20en%20la%20alimentacion&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=yVnVRw4xHcC&pg=PA76&dq=cereales+en+la+alimentacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj157Gw7_bRAhWGZiYKHQAOCpgQ6AEIQTA G#v=onepage&q=cereales%20en%20la%20alimentacion&f=false)
- Craig, A.; Botelho, B.; Oliveira, L. Franca, A.(2018). Mid infrared spectroscopy and chemometrics as tools for the classification of roasted coffees by cup quality. *Food Chemistry* 245: 1052-1061. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.066>
- De Oliveira, M.A.; Maia, G.A.; De Figueiredo, R.W.; De Souza, A.C.R.; De Brito, E.S.; De Azeredo, H.M.C. (2009). Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice. *International Journal of Food Science & Technology* 44: 641-645. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01888.x>
- G. Derringer and R. Suich. (1980) Simultaneous Optimization of Several Response Variables. *Journal of Quality Technology*, 12, 214-219.
- Diaz, F., Orzama, A., & Rojano, B. (2018). Efecto de la tostion del café (Coffea arabica. var. Castillo) sobre el perfil de taza, contenidos de conpuestos antioxidantes y la actividad antioxidante. *Universidad de Caldas*, 29-N°4. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400031>

- Estrada, E. (2012). *Proyecto De Factibilidad, Para La Creación De Una Empresa Productora y Comercializado De Café DE Haba Con Filtrantes En El Cantón Cayambe*. [Tesis de graduación, Universidad Politécnica Salesiana, Quito Ecuador]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3821>
- Embaby HES. (2010). Effect of heat treatments on certain antinutrients and in vitro protein digestibility of peanut and sesame seeds. *Food Sci Technol Res* 17(1):31–8.
- E. Ivarsson, H.Wall. (2017). Effects of toasting, inclusion levels and different enzyme supplementations of faba beans on growth performance of broiler chickens. Volume 26, Issue 4, 1 December 2017, Pages 467-475.
- FAO. (1997). *El Cultivo del Amaranto, Producción, Mejoramiento Genético y utilización. Udec - Chile*. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015030979>
- Fikiru, O., Bultosa, G., Fikreyesus Forsido, S., & Temesgen, M. (2016). Nutritional quality and sensory acceptability of complementary food blended from maize (*Zea mays*), roasted pea (*Pisum sativum*), and malted barley (*Hordium vulgare*). *Food science & nutrition*, 5(2), 173–181. <https://doi.org/10.1002/fsn3.376>
- Flores. (2004). *Proceso general para la ejecución de un proyecto de producción y comercialización de café tostado y molido*. Instructor.
- Fox, B., & Cameron, A. (2008). *Ciencia de los alimentos, Nutrición y Salud*. Limusa S.A. [https://www.elsotano.com/libro/ciencia-de-los-alimentos-nutricion-y-salud\\_10032493](https://www.elsotano.com/libro/ciencia-de-los-alimentos-nutricion-y-salud_10032493).
- Galdamez, L., Lopez, J., & Mauricio, R. (2018). *Caracterización y Estandarización de Los Procesos Productivos de Dos Bebidas en Polvo a Base de Soya Elaboradas por Una Microempresa Salvadoreña*. Universidad Del Salvador, Ciudad Universitaria. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/16038>
- Galindo, X., & Muñoz, M. (2011). *Instituto de Educación Técnica Profesional], Unidad De Administración Y Contaduría Pública. Roldanillo*. [Universidad de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1775>

- García, B., Caballero, P., & Maldonado, O. (2016). "Evaluación del color en el tostado de haba (*Vicia faba*) (Universidad de Pamplona). [http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs\\_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/2515/1426](http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/2515/1426)
- García, J., & Calixto, F. (2000). Evaluation of CIELAB parameters during the clarification of a sugar syrup from Mesquite pods (*Prosopis Pallida* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 385-389. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.2000.00394.x>
- Garía, M. (2008). *Tecnología de cereales*. Departamenteo de Ingeniería Química, Universidad de Granada. <https://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>
- Gorrachategui, M. (2010). Efecto del tratamiento de las materias primas sobre su valor nutricional. *XXVI Curso de Especialización FEDNA*. [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/52-10CAP\\_III.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/52-10CAP_III.pdf)
- Gordillo, A (2017). La funcion de Deseabilidad en la Optimizacion Estadistica del Proceso. (tesis de titulacion en estadistica). Universidad Autonoma de Chapingo – Mexico.
- Gualotuña, L. (2018). *Desarrollo De Un Suplemento Alimenticio A Base De Chocho (*lupinus mutabilis sweet.*) Para Niños De Cuatro A Seis Años*. Universidad de Las Americas Mexico. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10292>
- Hagos Hailu Kassegn, Teklebrhan Welday Atsbha & Lijalem Tareke Weldeabezgi. (2018). Effect of germination process on nutrients and phytochemicals contents of faba bean (*Vicia faba* L.) for weaning food preparation, *Cogent Food & Agriculture*, 4:1, 1545738, DOI: 10.1080/23311932.2018.1545738
- Harigopal, N. (1973). *Qualitative biochemical tests in relation to coffee quality. India: Annual Detailed Technical Report*.
- Hatamian, Mohammad Noshad, Saman Abdanan-Mehdzadeh, Hassan Barzegar. (2020). Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours, *NFS Journal*, Volume 21, Pages 1-8, <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.07.004>.

- Heredia, A., & Cabrera, S. (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*. [Universidad Técnica de Ambato. Ambato - Ecuador]. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/3736>
- Heredia, T. (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 CIA. LTDA*. [Tesis de graduación Universidad Técnica De Ambato, Ecuador].
- Hofmann T. (1998). Characterization of the most intense coloured compounds from Maillard reactions of pentoses by application of colour dilution analysis. *Carbohydr. Res.*, 313, 203-213. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(98\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(98)00279-1)
- Hove, E. L., S. King y G. D. Hill. (1978). Composition, protein quality, and toxins of seeds of the grain legumes *Glycine max*, *Lupinus spp.*, *Phaseolus spp.* *Pisum sativum*, and *Vicia faba*. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 21(3): 457–462. <https://doi.org/10.1080/00288233.1978.10427434>
- Huayra, C. (2016). Optimización de Formulación de Premezcla Para la Elaboración de Queque con Sustitución Parcial de Harina de Tarwi (*Lupinus Mutabili Sweet*) Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*) y Elaboración de su Vida Util. (Tesis de graduación en ingeniería agroindustrial). Universidad Nacional Del Altiplano – Puno.
- Huillcahuari, C. (2013). *Producción de semilla de cebada San Cristóbal (hordeum vulgare L). Canaán 2750 m.s.n.m.* [Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú.]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/1992>
- Ibañez, F., & Barcina, Y. (2001). *Análisis Sensorial de Alimentos. Método y Aplicaciones*. Verlag, Ibérica, Barcelona. Ed. Springer. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=713245>
- Illy, A., & Viani, R. (2005). Espresso Coffee: The Science of quality. *The Science of Quality*. San Diego, California, USA: <https://www.elsevier.com/books/espresso-coffee/illy/978-0-12-370371-2>

- Islam, M. Z., D. S. Yu y Y. T. Lee. (2019). The Effect of Heat Processing on Chemical Composition and Antioxidative Activity of Tea Made from Barley Sprouts and Wheat Sprouts. *Journal of Food Science*, 84(6): 1340–1345. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14585>
- Javier, S., & Lima, H. (2013). *Efecto Del Proceso De Cocción, Extrusión En La Estabilidad De Los Compuestos Bioactivos y Capacidad Antiradicalaria En Un Alimento a Base De Cañihua (Chenopodium Pallidicaule Aellen), maca (Lepidium Meyenii Walp) y maíz morado (Zea mayz L.)*. Universidad Nacional San Antonio ABAD, Cusco. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/951/253T20130067.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- José A. Rufián-Henares, Cristina Delgado-Andrade, Francisco J. (2009). Morales, Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry” *Food Chemistry*, Volume 114, Issue 1, 2009, Pages 93-99, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.021>.
- Lacayo, F. (2013). *Formulación De Una Bebida En Polvo a Base De Café y Leche Incorporando Materias Primas Que Potencializan El Sabor Dulce y Lácteo y Que Permiten La Disminución De Azúcar y Grasas En Comparación Con La Bebida Existente En El Mercado*. Universidad Rafael Landívar, Guatemala. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/02/02/Lacayo-Luis.pdf>
- Lázaro, C. (2012). “*Características organolépticas en la taza de café orgánico (Coffea Arabica) variedad Caturra según altitud en Satipo.*” [Tesis de titulación, Universidad del Centro del Perú - Huancayo]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1882/Lazaro%20Cordova.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lewis, G., Mathieu, D., & Phan-Tan-Luu, R. (1999). *Pharmaceutical Experimental Design*. Marcel Dekker, New York. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-128X\(200003/04\)14:2%3C93::AID-CEM574%3E3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-128X(200003/04)14:2%3C93::AID-CEM574%3E3.0.CO;2-F)
- Lincango, L. (2015). *Optimización Económica En La Formulación De Una Bebida En Polvo*. [Tesis de graduación, Universidad Central Del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5980/1/T-UCE-0017-0148.pdf>

- Lingle, T. (1996). *The Coffee-Brewing Handbook: A Systematic Guide to Coffee Preparation*. *Specialty Coffee Association of America (SCAA)*, 60. [https://books.google.com/books/about/The\\_Coffee\\_Brewing\\_Handbook.html?id=F1U6AAAACAAJ](https://books.google.com/books/about/The_Coffee_Brewing_Handbook.html?id=F1U6AAAACAAJ)
- Loh, S.K.; Man, Y.B.C.; Tan, C.P.; Osman, A.; Hamid, N.S. 2005. Process optimisation of encapsulated pandan (*Pandanus amaryllifolius*) powder using spray-drying method. *Journal of Science and Food Agriculture* 85: 1999-2004. <http://lib3.dss.go.th/fulltext/Journal/J.Sci.Food%20and%20Agri/2005v85/no.12/2005v85no12p1999-2004.pdf>
- López, J. & Paredes, K. (2018). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*triticum vulgare*) por harina de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) desgrasada y harina de arveja (*Pisum sativum*) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes. [Tesis para obtener el título profesional. Universidad Nacional Del Santa. Chimbote. Perú] <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3117>
- Lozada, L. (2009). *Diseño y construcción de una tostadora continua de cebada*. [Escuela Politécnica Nacional. Quito - Ecuador] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/174>
- Majcher, M. A., D. Klensporf-Pawlik, M. Dziadas y H. H. Jeleń. (2013). Identification of aroma active compounds of cereal coffee brew and its roasted ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(11): 2648–2654. <https://doi.org/10.1021/jf304651b>
- Mario, E. (2011). *Obtención y formulación de una bebida en base de granos de amaranto*. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional del Litoral - Ecuador]. <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/342/tesis.pdf>
- Ma Z, Boye JI, Simpson BK, Prasher SO, Monpetit D, Malcolmson L. (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Res Intl* 44(8):2534–44.
- Meléndez. (2009). *Construcción de un tostador de granos de café (coffea arabica)*. [Tesis de graduación, Universidad Nacional Del Altiplano. Puno – Perú]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3349>

- MINAGRI. (2016, January). *Leguminosas De Grano. Semilla Nutritivas Para Un Futuro Sostenible*. 53–60. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>
- Montanuci, F. D., L. M. M. Jorge y R. M. M. Jorge. (2016). Influence of roasting temperature of barley on the powder characteristics and preparation of tea. *Cereal Chemistry*, 93(1): 20–24. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-04-15-0074-R>
- Montgomery, D. (2000). *Diseño y Análisis De Experimentos - 2da ed.* Universidad Nacional De Arizona – México. [https://archive.org/stream/DiseoDeExperimentosMontgomery2daEd/dise%C3%B1o-de-experimentos%20montgomery%202da%20ed\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/DiseoDeExperimentosMontgomery2daEd/dise%C3%B1o-de-experimentos%20montgomery%202da%20ed_djvu.txt)
- Molina, J. (2008). *Apuntes de control industrial*. [Escuela Politecnico Nacional. Quito - Ecuador] <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4236/1/CD-1628.pdf>
- Muñoz, J. (2018). *Inoculación, micronutrientes y extracto de alga nativa en el rendimiento de variedades de arveja (Pisum sativum L.), Pampa del Arco*. [Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3268>
- Ortega, N., Romero, A., Macia, J., Reguant, N., Angles, J., & Motilva, J. (2008). Obtention and characterisation of phenolic extracts from different cocoa sources. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 9621–9627. <https://doi.org/10.1021/jf8014415>
- Paucar, P. (2015). *Adaptabilidad de tres variedades de cebada (hordeum vulgare l) en tres zonas agroecológicas de la provincia de Acobamba- Huancavelica*". [tesis de titulación - Universidad de Huancavelica – Acobamba – Huancavelica – Perú]. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/208/TP%20%20UNH%20AGRON.%200086.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paras Sharma, Hardeep Singh Gujral, Cristina M Rosell. (2011). Effects of roasting on barley  $\beta$ -glucan, thermal, textural and pasting properties. *Journal of Cereal Science* Volume 53, Issue 1, January 2011, Pages 25-30

- Peñaherrera, D. (2011). *Manejo integrado del cultivo de trigo y cebada. Módulo de Capacitación para capacitadores.* (p. 44). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2719>
- Perugachi, M. (2017). Análisis de la sustitución de proteína animal por concentrado proteínico de haba (*Vicia faba*) en salchichas tipo vienesa. [*Tesis para la obtención del título de ingeniería agroindustrial.* Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17044>
- Pizzani, Pablo, Vargas, Rubén Enrique, Pérez, Simón, Méndez, Adriana, Michelangeli, Coromoto, & Sivoli, Liliam. (2006). Efectos del tostado sobre el valor de energía metabolizable verdadera y el contenido de factores antinutricionales de harinas de granos. *Revista Científica*, 16(5), 523-530
- Quinteros, V., Quinteros, A., Chumacero, J., & Castro, P. (2018). Efecto De La Temperatura y Tiempo De Tostado En La Aceptabilidad Sensorial De Pasta Alimenticia De Macambo (*Theobroma Bicolor Humb. & Bonpl.*). *Agroindustrial. Science.*, 8, 27–31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583465>
- Quispe, A. & Quispe, E. (2019). Formulación y elaboración de alimento instantáneo fortificado para adultos mayores a base de quinua (*Chenopodium quinoa*), maca (*Lepidium meyenii walp*), cebada (*Hordeum vulgare*), y arroz (*Oryza sativa l.*). [Tesis para obtener el título profesional. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. Cusco. Perú]. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/4189>
- Quispe, E. (2018). *Abonamiento orgánico e inoculación en el rendimiento de variedades de arveja (Pisum sativum L.) Pampa del Arco.* [Universidad nacional de San Cristóbal de Huamanga – Ayacucho – Perú]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3094>
- Reyes, R. & López, F. (2003). Diseño de una planta de café tostado y molido. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- Rodriguez, G. (2015). *Evaluación de 12 cultivares de arveja (pisum sativum l) de tipo industrial para cosecha en verde en condiciones de Tarma.* [Universidad Nacional del Centro del Perú – Mantaro – Jauja]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/977/%20RODR%C3%8DGUEZ20QUISPE%20GUSTAVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rosenthal, A. (2001). *Textura de Alimentos, Medida y Percepción*. Editorial ACRIBIA, S.A.  
[https://www.editorialacribia.com/libro/textura-de-los-alimentos-medida-y-percepcion\\_54404/](https://www.editorialacribia.com/libro/textura-de-los-alimentos-medida-y-percepcion_54404/)
- Rufián-Henares, JA.; Delgado-Andrade, C. & Morales, F.J. (2009) Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. *Food Chemistry*, 114(1):93-99.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.021>.
- Sancho, J., Bota, E., & De Castro J, J. (2002). “Introducción al análisis sensorial de los alimentos.” *Edicions Universitat de Barcelona*.  
[http://biblioteca.unach.edu.ec/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=1252](http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=1252)
- Sharma, P., Gujral, H. S., & Rosell, C. M. (2011). Effects of roasting on barley  $\beta$ -glucan, thermal, textural and pasting properties. *Journal of Cereal Science*, 53(1), 25–30. doi:10.1016/j.jcs.2010.08.005. Mahrokh  
[https://www.researchgate.net/publication/229326375\\_Effects\\_of\\_roasting\\_on\\_barley\\_beta-glucan\\_thermal\\_textural\\_and\\_pasting\\_properties](https://www.researchgate.net/publication/229326375_Effects_of_roasting_on_barley_beta-glucan_thermal_textural_and_pasting_properties)
- Sharan, S., G. Zanghelini, J. Zotzel, D. Bonerz, J. Aschoff, A. Saint-Eve y M.-N. Maillard. (2021). Fava bean (*Vicia faba* L.) for food applications: From seed to ingredient processing and its effect on functional properties, antinutritional factors, flavor, and color. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(1), 401–428.  
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12687>
- Siah S, Konczak I, Wood JA, Agboola S, Blanchard CL. (2014). Effects of roasting on phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of Australian grown faba beans (*Vicia faba* L.). *Plant Foods Hum Nutr*. 2014 Mar;69(1):85-91. doi: 10.1007/s11130-013-0400-y. PMID: 24414090.
- Schlörmann, W., Zetzmann, S., Wiege, B., Haase, N., Greiling, A., Lorkowski, S., Dawczynski C., Gleis, M. (2019). *Impact of different roasting conditions on chemical composition, sensory quality and physicochemical properties of waxy-barley products*. *Food & Function*. doi:10.1039/c9fo01429b

- Terán, L. (2018). *Caracterización físico químico de la harina de arveja (Pisum Sativum) para su uso en panificación*. [Universidad de Guayaquil - Ecuador]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/36083>
- Urzúa, C., González, E., Dueik, V., Bouchon, P., Giménez, B., & Robert, P. (2017). Olive leaves extract encapsulated by spray-drying in vacuum fried starch–gluten doughs. *Food and Bioproducts Processing*, 106, 171–180. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.10.001>
- Villareal, A. (2013). *Obtencion de un sucedaneo del café a partir del haba (vicia faba) y frejol tostados*. [Universidad Central del Ecuador]. <https://core.ac.uk/download/pdf/71899059.pdf>
- Virgen-Navarro, L., Herrera, E., Espinosa, H., Guatemala, G., Corona, R., & Arriola-Guevara, E. (2016). Estimación del coeficiente de difusividad durante el tostado de café en un lecho fuente utilizando un modelo difuso. . *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15(2), 513-524. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62046829018.pdf>
- Young Jun, L., L. Myoung Gi, Y. Seok Yeong, Y. Won Byong y L. Ok Hwan. (2014). Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activities of Jerusalem artichoke tea infusions resulting from different production processes. *Food Science and Biotechnology*, 23(6): 1885–1892. <http://dx.doi.org/10.1007/s10068-014-0257-3>

## CAPITULO VII

### Anexos

Anexo 1: Método de análisis proximal recomendado por la AOAC (1990)

#### a. Determinación de humedad.

##### *Fundamento*

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

##### *Técnica*

Se pesa 5g de la muestra y se seca en la estufa a una presión atmosférica, a 30°C por un tiempo de 6 h, transcurrido ese tiempo, rápidamente se retira la muestra de la estufa, una vez tapado y colocado con el desecador, pesar al enfriarse. Y calcular los resultados de la humedad mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{perdida de peso (g)}}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

#### b. Determinación de cenizas

##### *Fundamento*

La determinación de cenizas se basa en incinerar las sustancias orgánicas presentes en la muestra, mediante la acción de la temperatura.

##### *Técnica*

Pesar 5g de la muestra, antes de usar las capsulas de incineración, calentarlas en el horno a una temperatura de 600°C durante 1 h, luego enfriar en el desecador y pesar cuando tengan la temperatura ambiente. Después poner la muestra pesada en la capsula al horno a incineración, y así continuar hasta lograr la combustión total de la muestra a 550 – 570°C, finalmente retirar la capsula y colocar en un desecador hasta que se enfríe y pesarla. El % de cenizas se calcula con la siguiente formula:

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

### c. Determinación de grasa

#### *Fundamento*

Se somete la muestra a la acción de un solvente (hexano-éter) de materia grasa, para ello se hace uso de un extractor y evaporando el disolvente, una vez que se agota la materia grasa el aumento de peso del recipiente que ha recogido durante la operación dará la materia grasa.

#### *Técnica*

Se pesa 3g de la muestra molida y se deseca a 100°C, luego se envuelve en un papel filtro y se coloca en el equipo Soxhlet, la grasa es extraída con hexano, continúa la extracción hasta que el hexano se vuelva incoloro y finalmente se pesa el residuo de grasa cuando alcance la temperatura ambiente. El % de grasa se calcula por la siguiente formula:

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

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*

Consiste en transformar los compuestos nitrogenados presentes en las muestras por acción del ácido sulfúrico concentrado en caliente, de tal manera que se obtiene sulfato de amonio como resultado, el mismo que luego es destilado a amoniaco. Todo el procedimiento consiste en tres fases que son: digestión, destilación y titulación.

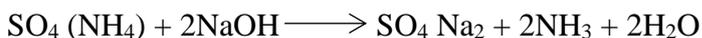
- *Digestión:* por ebullición con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado en la presencia de catalizadores, la materia orgánica es oxidada a CO<sub>2</sub> y mientras que otra parte del ácido se reduce a SO<sub>2</sub>.



El nitrógeno transformado en NH<sub>3</sub> se combina con la parte restante del ácido sulfúrico y se forma el sulfato de amonio.



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



### ***Técnica***

Pesar 0,3g de la muestra, luego agregar 1g del catalizador de oxidación (mezcla de sulfato de cobre y sulfato de potasio) esto es para acelerar la reacción. Se debe limpiar con un poco de agua el cuello del balón de digestión, agregar 2,5mL de ácido sulfúrico concentrado y poner el balón en la cocina de digestión.

El proceso de digestión termina cuando el contenido del balón es totalmente cristalino.

Posteriormente se debe colocar la muestra digerida dentro del aparato de destilación, y agregar 5mL de NaOH concentrado y de inmediato conectado el vapor para que se dé la destilación.

En seguida conectar el refrigerante y se debe recibir el destilado en un Erlenmeyer, el mismo que debe contener 5ml de la mezcla de ácido bórico más el indicador de pH. Cuando ya no pasa el amoníaco y hay viraje del indicador, es una indicación que ya ha terminado la destilación.

Finalmente se procede a la destilación con HCl valorando 0,5N, y anotar el gasto.

La cantidad de nitrógeno de la muestra se obtiene mediante la siguiente formula:

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

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 se determina eliminando los carbohidratos solubles, mediante la hidrolisis a compuestos más simples (azúcares) a través 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:* Se debe pesar un gramo de la muestra en un vaso de 600mL, luego hervir durante 30 min con 200mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 1,25%. después de unos 30 min más, filtrar al vacío en una capsula de cerámica porosa, lavar con agua caliente hasta neutralizar la acidez.
- *Segunda digestión:* Introducir 200mL de NaOH 1,25% y hervir durante 30 min más, luego filtrar al vacío en una capsula de cerámica porosa, y lavar con agua destilada caliente. Posteriormente colocar a la estufa por 2h y pesar, este proceso se llama (P1). Finalmente

colocar a la mufla para eliminar la materia orgánica y obtener las cenizas y pesar nuevamente (P2).

Para calcular el % de fibra cruda se utiliza la formula siguiente:

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

#### f. Determinación de carbohidratos

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

Anexo 2: Granos andinos sin tostar



Anexo 3: Selección de los granos andinos



#### Anexo 4: Pesado de los granos andinos



#### Anexo 5: Tostado en estufa de los granos



#### Anexo 6: Granos tostados y envasados



### Anexo 7: Granos tostados y molidos



### Anexo 8: Análisis del color de los granos tostados y molidos



### Anexo 9: Análisis de solubilidad de los granos tostados y molidos



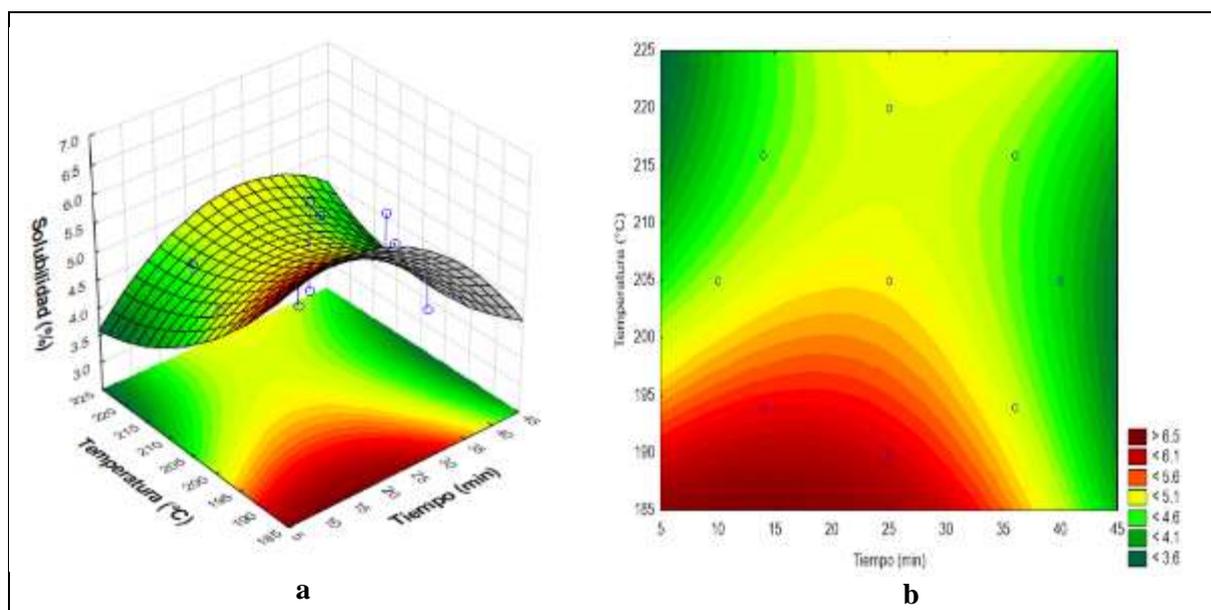
### Anexo 10: Elaboración de la bebida



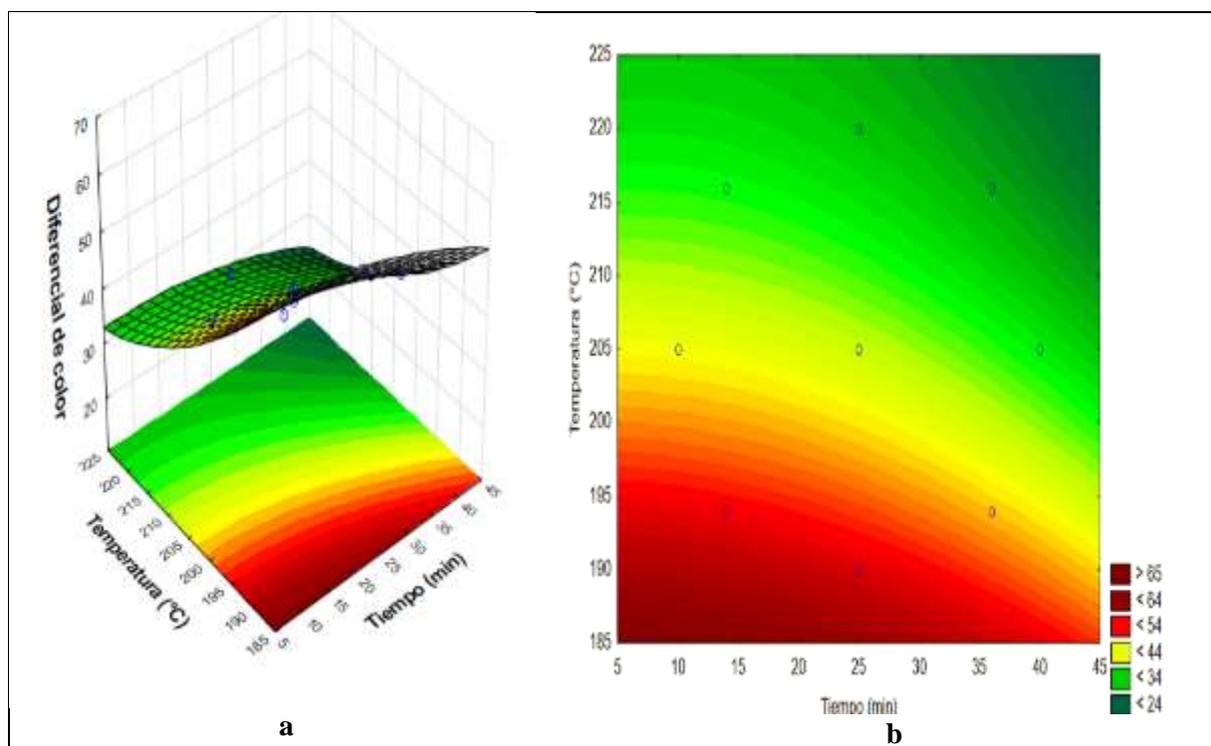
### Anexo 11: Análisis sensorial de la bebida



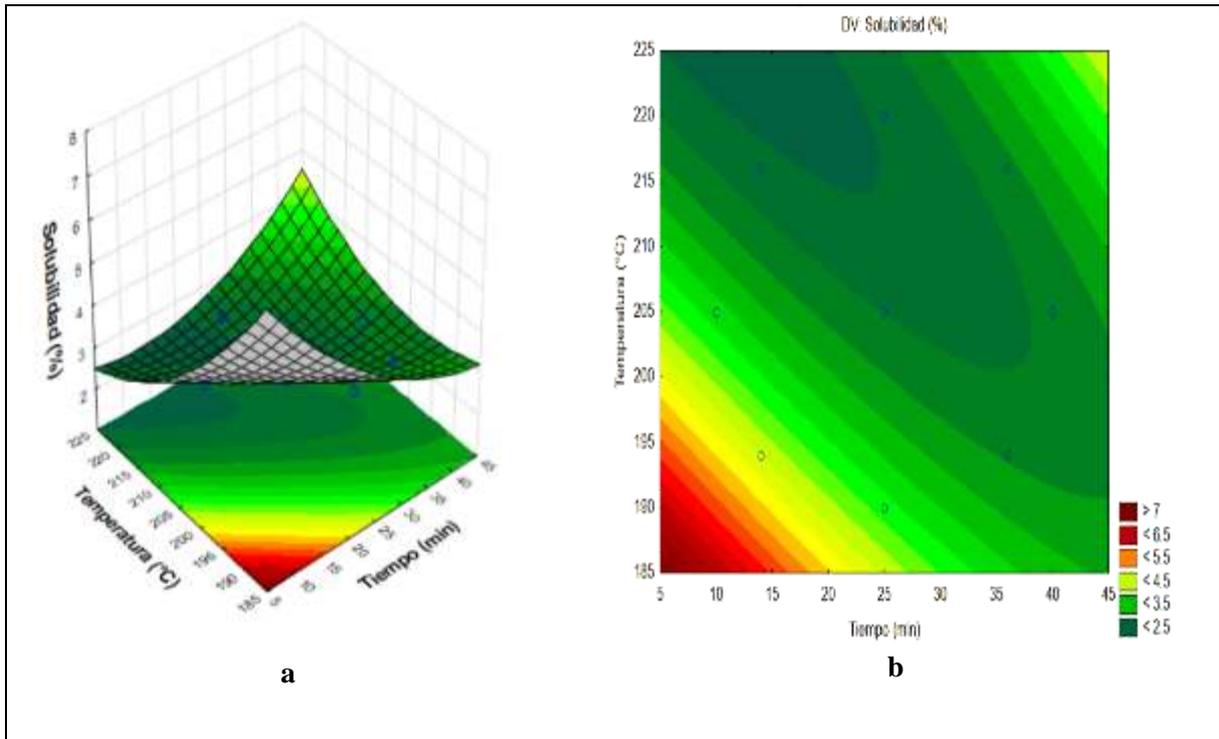
Anexo 12: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para solubilidad en el haba (b)



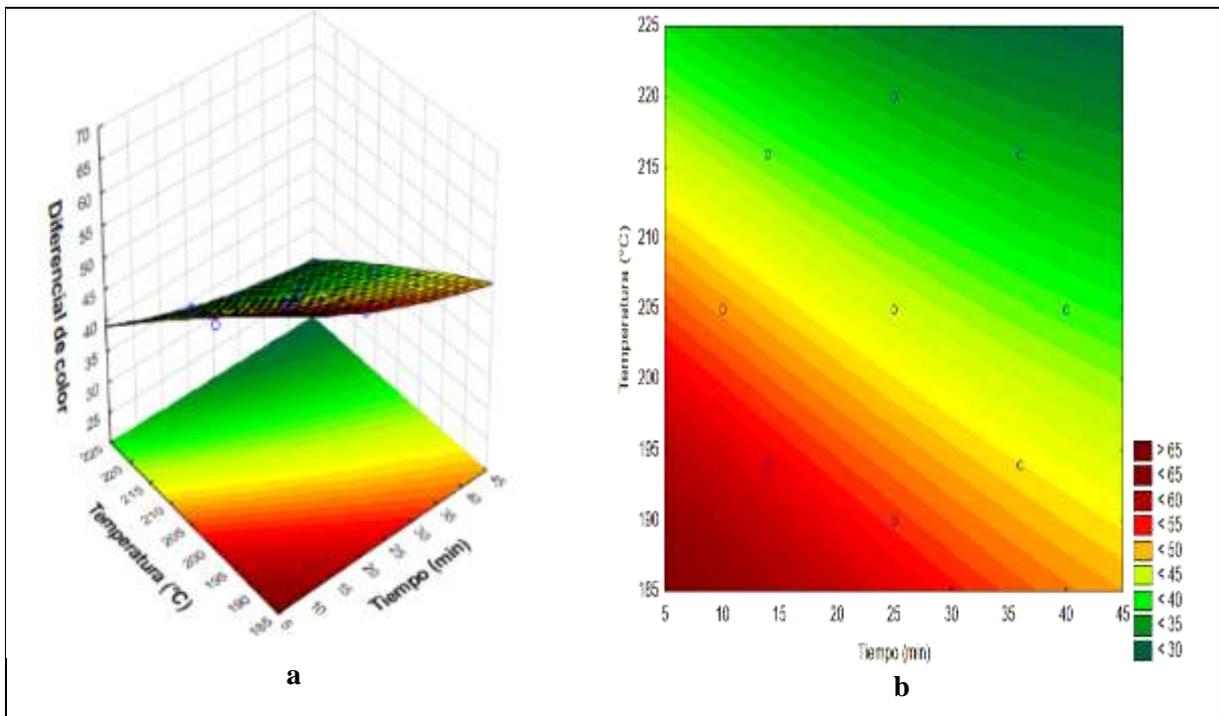
Anexo 13: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para el color en el haba (b)



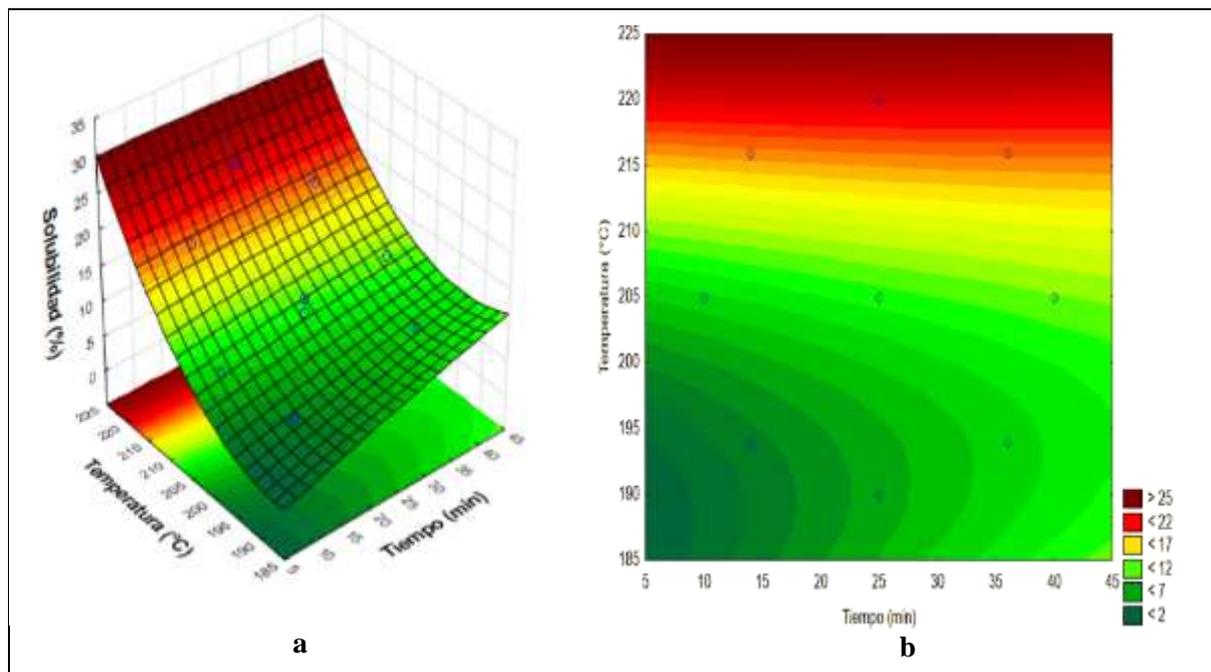
Anexo 14: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para solubilidad en la arveja (b)



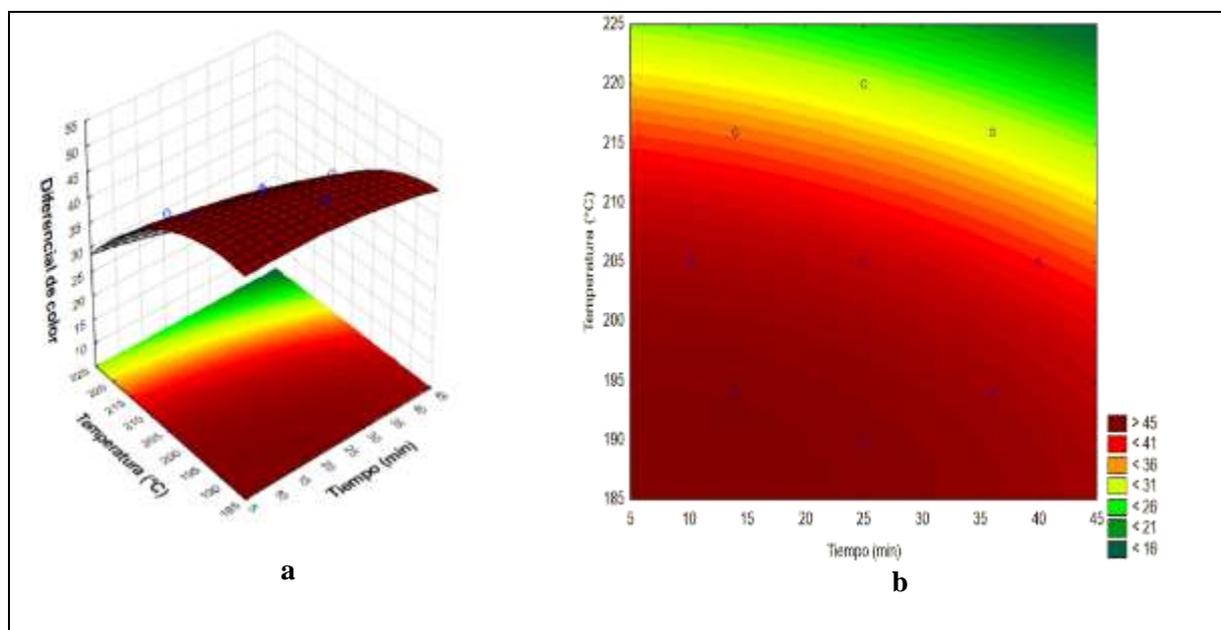
Anexo 15: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para el color en la arveja (b)



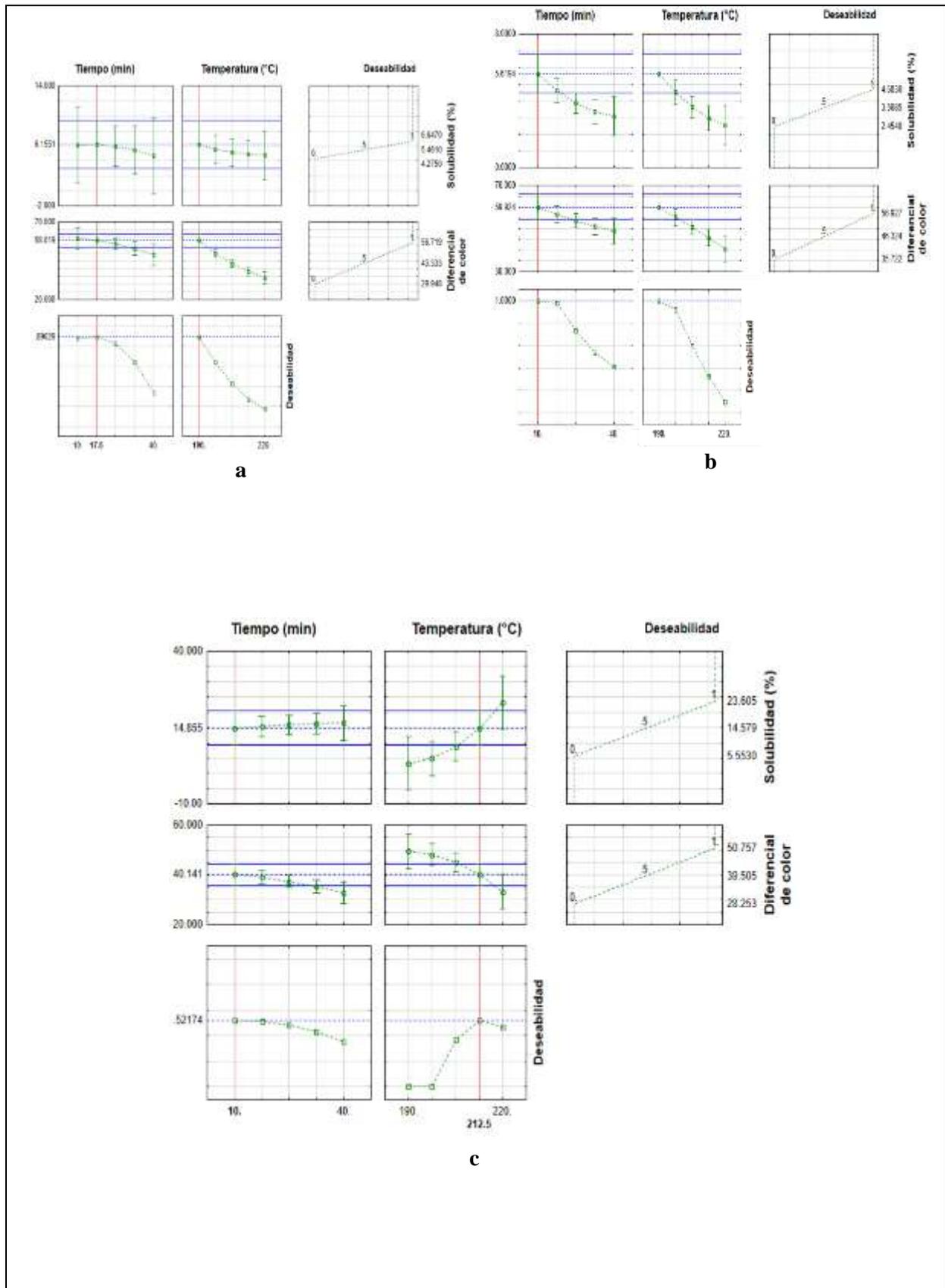
Anexo 16: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para solubilidad en la cebada (b)



Anexo 17: Gráfico de superficie de respuesta (a) y de contornos para el color en la cebada (b).



Anexo 18: Parámetros óptimos de tiempo y temperatura de tostado determinados utilizando la función deseabilidad para el haba(a), arveja (b) y cebada (c)



Anexo 19: Equipos y materiales utilizados



### BOLETA DE EVALUACION SENSORIAL

EDAD: 24.....SEXO: Femenino.....FECHA: 04/12/19.....

#### INSTRUCCIONES:

Evalúe cada muestra que se le presenta, usando la escala descriptiva sensorial y su puntaje asignado para cada atributo del 1 al 5. Usted escoja la que mejor indique para su preferencia de la aceptabilidad general de la bebida instantánea.

En la casilla derecha Ud. Encontrará el número de muestras de la bebida instantánea de granos andinos, coloque la calificación que usted considera en los recuadros que se encuentran de la parte final para cada una de las muestras.

ESCALA DESCRIPTIVA SENSORIAL	N.º DE MUESTRAS									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
5 me gusta mucho						X	X			
4 me gusta moderadamente			X					X		
3 no me gusta ni me disgusta	X				X				X	X
2 me disgusta moderadamente										
1 me disgusta mucho		X		X						
CALIFICACION DE USTED POR MUESTRA										

GRÀCIAS POR SU COLABORACIÓN...!!!

Anexo 21: Certificado de análisis proximal de los granos



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
 "Año de la Universalización de la Salud"



**LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS, AGUAS, ABONOS Y PASTOS**

NOMBRE : SEGUNDO FERMIN RUBIO NUÑEZ  
 PROCEDENCIA : CHOTA -CAJAMARCA  
 TIPO DE MUESTRA : VARIOS

FECHA: 04/06/2020

**RESULTADOS DEL ANALISIS:**

Descripción de la muestra	Código Laboratorio	Humedad %	Materia seca %	Centizas %	Proteína %	Extracto Etereo %	Fibra %	ELN %
Cebada grano	PX049-EEBI-20	12.36	87.91	2.81	7.22	3.67	2.00	79.47
Arveja Var. Americana	PX050-EEBI-20	10.41	89.81	3.14	17.72	0.89	2.71	70.46
Haba Var. Abancón	PX051-EEBI-20	10.71	89.51	3.69	19.47	1.11	6.52	64.36

\* La toma de muestras es responsabilidad del usuario

ESTADÍSTICO ESTACIONES EXPERIMENTALES  
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL IBAO, CUSCO

*[Firma]*  
 JEFE DEL SERVICIO DE SUELOS

Jr. Wiraqocha s/n Baños del Inca - Cajamarca  
 T. (076) 348648, Fax. (076) 348398  
 Email: [inva@inva.gob.pe](mailto:inva@inva.gob.pe)  
[www.inva.gob.pe](http://www.inva.gob.pe)  
[www.milagro.gob.pe](http://www.milagro.gob.pe)



Anexo 22: Análisis estadísticos de la optimización del proceso de tostado de los granos de haba, arveja y cebada

**HABA**

**Solubilidad**

*Análisis de varianza*

Factor	ANOVA; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.46026; Adj:0. (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.6505973 DV: Solubilidad (%)				
	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	0.291064	1	0.291064	0.447380	0.572449
Tiempo (min)(Q)	0.492948	1	0.492948	0.757685	0.475830
(2)Temperatura (°C)(L)	0.949516	1	0.949516	1.459453	0.350482
Temperatura (°C)(Q)	0.146203	1	0.146203	0.224722	0.682177
1L by 2L	0.238632	1	0.238632	0.366789	0.606333
Lack of Fit	1.409974	3	0.469991	0.722400	0.624956
Pure Error	1.301195	2	0.650597		
Total SS	5.023127	10			

*Coefficientes de regresión*

Factor	Regr. Coefficients; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.46026; Adj:0. (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.6505973 DV: Solubilidad (%)					
	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Inter c.	79.48068	125.0997	0.635339	0.590203	-458.780	617.7412
(1)Tiempo (min)(L)	-0.30342	0.6994	-0.433813	0.706735	-3.313	2.7060
Tiempo (min)(Q)	-0.00256	0.0029	-0.870451	0.475830	-0.015	0.0101
(2)Temperatura (°C)(L)	-0.65416	1.2094	-0.540900	0.642764	-5.858	4.5494
Temperatura (°C)(Q)	0.00139	0.0029	0.474048	0.682177	-0.011	0.0141
1L by 2L	0.00202	0.0033	0.605631	0.606333	-0.012	0.0164

**Efectos estimados**

Effect Estimates; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.46026; Adj:0. (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.6505973 DV: Solubilidad (%)										
Factor	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Lim t	+95.% Cnf.Lim t	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95.% Cnf.Lim t	+95.% Cnf.Lim t
Mean/Inter c.	5.147569	0.464869	11.07316	0.008057	3.14740	7.147738	5.147569	0.464869	3.14740	7.147738
(1)Tiempo (min)(L)	0.388368	0.580638	-0.66886	-0.572449	-2.88665	-2.109915	0.194184	0.290319	-1.44333	-1.054957
Tiempo (min)(Q)	0.619736	0.711971	0.87045	-0.475830	0.368310	-2.443628	0.309868	0.355985	1.84155	-1.221814
(2)Temperatura (°C)(L)	0.701456	0.580638	-1.20808	-0.350482	-3.19974	-1.796827	0.350728	0.290319	-1.59987	-0.898414
Temperatura (°C)(Q)	0.337509	0.711971	0.47405	0.682177	-2.72586	-3.400872	0.168754	0.355985	-1.36293	-1.700436
1L by 2L	0.488500	0.806596	-0.60563	0.606333	-3.98200	-3.959003	0.244250	0.403298	-1.49100	-1.979502

**Color**

**Análisis de varianza**

ANOVA; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.97612; Adj:.95224 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.142497 DV: Diferencial de color					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	80.0159	1	80.0159	70.0360	0.013980
Tiempo (min)(Q)	3.5829	1	3.5829	3.1360	0.218597
(2)Temperatura (°C)(L)	556.0454	1	556.0454	486.6931	0.002048
Temperatura (°C)(Q)	11.6515	1	11.6515	10.1983	0.085646
1L by 2L	0.6261	1	0.6261	0.5481	0.536225
Lack of Fit	13.7781	3	4.5927	4.0199	0.205598
Pure Error	2.2850	2	1.1425		
Total SS	672.6337	10			

### ***Coefficientes de regresión***

Regr. Coefficients; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.97612; Adj:.95224 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.142497 DV: Diferencial de color						
Factor	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	742.6301	165.7783	4.47966	0.046392	29.3437	1455.917
(1)Tiempo (min)(L)	-0.6178	0.9269	-0.66656	0.573657	-4.6058	3.370
Tiempo (min)(Q)	-0.0069	0.0039	-1.77087	0.218597	-0.0237	0.010
(2)Temperatura (°C)(L)	-5.9580	1.6027	-3.71757	0.065345	-12.8536	0.938
Temperatura (°C)(Q)	0.0125	0.0039	3.19347	0.085646	-0.0043	0.029
1L by 2L	0.0033	0.0044	0.74031	0.536225	-0.0157	0.022

### ***Efectos estimados***

Effect Estimates; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.97612; Adj:.95224 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.142497 DV: Diferencial de color										
Factor	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	41.4697	0.616030	67.3176	0.000221	38.8191	44.1202	41.46967	0.616030	38.8191	44.12024
(1)Tiempo (min)(L)	-6.4393	0.769444	-8.3688	0.013980	-9.7499	-3.1286	-3.21964	0.384722	-4.8750	-1.56432
Tiempo (min)(Q)	-1.6708	0.943482	-1.7709	0.218597	-5.7303	2.3887	-0.83539	0.471741	-2.8651	1.19434
(2)Temperatura (°C)(L)	-16.9748	0.769444	-22.0611	0.002048	-20.2854	13.6641	-8.48739	0.384722	-10.1427	-6.83207
Temperatura (°C)(Q)	3.0130	0.943482	3.1935	0.085646	-1.0465	7.0725	1.50649	0.471741	-0.5232	3.53623
1L by 2L	0.7913	1.068877	0.7403	0.536225	-3.8077	5.3903	0.39565	0.534438	-1.9039	2.69515

## ARVEJA

### Solubilidad

#### *Análisis de varianza*

Factor	ANOVA; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.93442; Adj.:.86883 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.034581 DV: Solubilidad (%)				
	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	0.660255	1	0.660255	19.09299	0.048590
Tiempo (min)(Q)	0.333002	1	0.333002	9.62962	0.090041
(2)Temperatura (°C)(L)	1.842796	1	1.842796	53.28925	0.018253
Temperatura (°C)(Q)	0.323231	1	0.323231	9.34706	0.092397
1L by 2L	0.884540	1	0.884540	25.57879	0.036942
Lack of Fit	0.205231	3	0.068410	1.97826	0.353148
Pure Error	0.069162	2	0.034581		
Total SS	4.183807	10			

#### *Coefficientes de regresión*

Factor	Regr. Coefficients; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.93442; Adj.:.86883 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.034581 DV: Solubilidad (%)					
	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Inter c.	120.8908	28.84157	4.19155	0.052478	-3.20442	244.9861
(1)Tiempo (min)(L)	-0.9285	0.16125	-5.75827	0.028860	-1.62234	-0.2347
Tiempo (min)(Q)	0.0021	0.00068	3.10316	0.090041	-0.00081	0.0050
(2)Temperatura (°C)(L)	-0.9918	0.27882	-3.55707	0.070749	-2.19148	0.2079
Temperatura (°C)(Q)	0.0021	0.00068	3.05730	0.092397	-0.00084	0.0050
1L by 2L	0.0039	0.00077	5.05755	0.036942	0.00058	0.0072

### Efectos estimados

Effect Estimates; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.93442; Adj:.86883 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.034581 DV: Solubilidad (%)										
Factor	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Inter c.	2.73975 1	0.10717 5	25.5633 6	0.00152 7	2.2786 1	3.20088 7	2.73975 1	0.10717 5	2.27861 5	3.20088 7
(1)Tiempo (min)(L)	- 0.58493 1	0.13386 5	- 4.36955	0.04859 0	- 1.1609 1	- 0.00895 6	- 0.29246 6	0.06693 3	- 0.58045 4	- 0.00447 8
Tiempo (min)(Q)	0.50936 6	0.16414 4	3.10316	0.09004 1	- 0.1968 9	1.21562 0	0.25468 3	0.08207 2	- 0.09844 4	0.60781 0
(2)Temperatura (°C)(L)	- 0.97721 0	0.13386 5	- 7.29995	0.01825 3	- 1.5531 9	- 0.40123 4	- 0.48860 5	0.06693 3	- 0.77659 3	- 0.20061 7
Temperatura (°C)(Q)	0.50183 7	0.16414 4	3.05730	0.09239 7	- 0.2044 2	1.20809 1	0.25091 8	0.08207 2	- 0.10220 9	0.60404 6
1L by 2L	0.94050 0	0.18596 0	5.05755	0.03694 2	0.1403 8	1.74062 0	0.47025 0	0.09298 0	0.07019 0	0.87031 0

### Color

#### Análisis de varianza

ANOVA; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.98374; Adj:.96748 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.918944 DV: Diferencial de color					
Factor	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	88.6069	1	88.6069	96.4225	0.010212
Tiempo (min)(Q)	0.9500	1	0.9500	1.0338	0.416255
(2)Temperatura (°C)(L)	317.7639	1	317.7639	345.7924	0.002879
Temperatura (°C)(Q)	0.1697	1	0.1697	0.1847	0.709227
1L by 2L	0.8760	1	0.8760	0.9533	0.431854
Lack of Fit	4.9174	3	1.6391	1.7837	0.378932
Pure Error	1.8379	2	0.9189		
Total SS	415.4231	10			

### *Coeficientes de regresión*

Factor	Regr. Coefficients; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.98374; Adj:.96748 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.918944 DV: Diferencial de color					
	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	131.3856	148.6773	0.88370	0.470082	-508.321	771.0923
(1)Tiempo (min)(L)	-1.2786	0.8312	-1.53819	0.263849	-4.855	2.2980
Tiempo (min)(Q)	0.0036	0.0035	1.01675	0.416255	-0.011	0.0186
(2)Temperatura (°C)(L)	-0.0638	1.4373	-0.04442	0.968606	-6.248	6.1205
Temperatura (°C)(Q)	-0.0015	0.0035	-0.42979	0.709227	-0.017	0.0135
1L by 2L	0.0039	0.0040	0.97637	0.431854	-0.013	0.0209

### *Efectos estimados*

Factor	Effect Estimates; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.98374; Adj:.96748 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=.918944 DV: Diferencial de color									
	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	45.2222	0.552483	81.8526	0.000149	42.8450	47.5993	45.22219	0.552483	42.84505	47.59933
(1)Tiempo (min)(L)	-6.7761	0.690071	-9.8195	0.010212	-9.7453	-3.80701	-3.38807	0.345035	-4.87264	-1.90351
Tiempo (min)(Q)	0.8603	0.846156	1.0168	0.416255	-2.7804	4.50105	0.43017	0.423078	-1.39019	2.25053
(2)Temperatura (°C)(L)	-	0.690071	-	0.002879	-	-9.86308	-6.41611	0.345035	-7.90067	-4.93154
Temperatura (°C)(Q)	-0.3637	0.846156	-0.4298	0.709227	-4.0044	3.27705	-0.18183	0.423078	-2.00219	1.63853
1L by 2L	0.9360	0.958616	0.9764	0.431854	-3.1886	5.06055	0.46798	0.479308	-1.59432	2.53028

## CEBADA

### Solubilidad

#### *Análisis de varianza*

Factor	ANOVA; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.98025; Adj.:.96049 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.987589 DV: Solubilidad (%)				
	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	9.8907	1	9.8907	4.9762	0.155422
Tiempo (min)(Q)	0.0436	1	0.0436	0.0219	0.895897
(2)Temperatura (°C)(L)	296.2045	1	296.2045	149.0270	0.006643
Temperatura (°C)(Q)	29.0031	1	29.0031	14.5921	0.062204
1L by 2L	2.5824	1	2.5824	1.2993	0.372458
Lack of Fit	2.8849	3	0.9616	0.4838	0.727289
Pure Error	3.9752	2	1.9876		
Total SS	347.2695	10			

#### *Coefficientes de regresión*

Factor	Regr. Coefficients; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.98025; Adj.:.96049 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.987589 DV: Solubilidad (%)					
	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Inter c.	683.4756	218.6570	3.12579	0.088910	-257.330	1624.281
(1)Tiempo (min)(L)	1.5023	1.2225	1.22885	0.344096	-3.758	6.762
Tiempo (min)(Q)	-0.0008	0.0051	-0.14803	0.895897	-0.023	0.021
(2)Temperatura (°C)(L)	-7.3246	2.1139	-3.46503	0.074144	-16.420	1.771
Temperatura (°C)(Q)	0.0196	0.0051	3.81996	0.062204	-0.002	0.042
1L by 2L	-0.0066	0.0058	-1.13986	0.372458	-0.032	0.018

### Efectos estimados

Factor	Effect Estimates; Var.:Solubilidad (%); R-sqr=.98025; Adj:.96049 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.987589 DV: Solubilidad (%)									
	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Inter c.	10.49429	0.812527	12.91562	0.005941	6.99827	13.99031	10.49429	0.812527	6.99827	13.99031
(1)Tiempo (min)(L)	2.26393	1.014875	2.23074	0.155422	-2.10273	6.63058	1.13196	0.507438	-1.05136	3.31529
Tiempo (min)(Q)	-0.18421	1.244427	-0.14803	0.895897	-5.53855	5.17013	-0.09210	0.622214	-2.76927	2.58506
(2)Temperatura (°C)(L)	12.38925	1.014875	12.20766	0.006643	8.02260	16.75591	6.19463	0.507438	4.01130	8.37795
Temperatura (°C)(Q)	4.75367	1.244427	3.81996	0.062204	-0.60067	10.10800	2.37683	0.622214	-0.30034	5.05400
1L by 2L	-1.60700	1.409819	-1.13986	0.372458	-7.67296	4.45896	-0.80350	0.704909	-3.83648	2.22948

### Color

#### Análisis de varianza

Factor	ANOVA; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.96191; Adj:.92383 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.197356 DV: Diferencial de color				
	SS	df	MS	F	p
(1)Tiempo (min)(L)	37.9339	1	37.9339	31.6814	0.030144
Tiempo (min)(Q)	1.2011	1	1.2011	1.0031	0.422046
(2)Temperatura (°C)(L)	363.8329	1	363.8329	303.8635	0.003275
Temperatura (°C)(Q)	21.4225	1	21.4225	17.8915	0.051604
1L by 2L	1.8207	1	1.8207	1.5206	0.342802
Lack of Fit	14.4333	3	4.8111	4.0181	0.205673
Pure Error	2.3947	2	1.1974		
Total SS	441.8479	10			

### ***Coeficientes de regresión***

Factor	Regr. Coefficients; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.96191; Adj.:92383 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.197356 DV: Diferencial de color					
	Regressn Coeff.	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	-564.536	169.7117	-3.32644	0.079716	-1294.75	165.6742
(1)Tiempo (min)(L)	1.141	0.9489	1.20289	0.352100	-2.94	5.2239
Tiempo (min)(Q)	-0.004	0.0040	-1.00157	0.422046	-0.02	0.0132
(2)Temperatura (°C)(L)	6.437	1.6407	3.92332	0.059252	-0.62	13.4962
Temperatura (°C)(Q)	-0.017	0.0040	-4.22983	0.051604	-0.03	0.0003
1L by 2L	-0.006	0.0045	-1.23311	0.342802	-0.03	0.0139

### ***Efectos estimados***

Factor	Effect Estimates; Var.:Diferencial de color; R-sqr=.96191; Adj.:92383 (Datos tesis segundo proceso de tostado) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Pure Error=1.197356 DV: Diferencial de color					
	Effect	Std.Err. Pure Err	t(2)	p	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
Mean/Interc.	43.0211	0.630647	68.2174	0.000215	40.3076	45.7345
(1)Tiempo (min)(L)	-4.4337	0.787700	-5.6286	0.030144	-7.8229	-1.0445
Tiempo (min)(Q)	-0.9674	0.965868	-1.0016	0.422046	-5.1232	3.1884
(2)Temperatura (°C)(L)	-13.7309	0.787700	-17.4317	0.003275	-17.1201	-10.3417
Temperatura (°C)(Q)	-4.0855	0.965868	-4.2298	0.051604	-8.2413	0.0703
1L by 2L	-1.3493	1.094238	-1.2331	0.342802	-6.0574	3.3588