

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio Ciencias e Ingenierías**

**Fideos con harina de chocho: Un estudio demuestra la ganancia en contenido nutricional de una pasta alimenticia y la conservación de sus propiedades, al sustituir parte de la sémola de trigo por harina de chocho**

**Proyecto de investigación**

**Mateo Ponce**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de titulación presentado como requisito

para la obtención del título de

Ingeniero Industrial

Quito, 22 de diciembre de 2015

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**COLEGIO POLITÉCNICO**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Fideos con harina de chocho: Un estudio demuestra la ganancia en contenido nutricional de una pasta alimenticia y la conservación de sus propiedades, al sustituir parte de la sémola de trigo por harina de chocho**

**Mateo Ponce**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Danny Navarrete, M.Sc

Firma del profesor

---

Quito, 22 de diciembre de 2015

## **Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Mateo Ponce

Código: 00103578

Cédula de Identidad: 1716474380

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2015

# Fideos con harina de chocho: Un estudio demuestra la ganancia en contenido nutricional de una pasta alimenticia y la conservación de sus propiedades, al sustituir parte de la sémola de trigo por harina de chocho

Mateo Ponce, Danny Navarrete, Gabriela Vernaza

Proyecto de Titulación, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles S/N y Vía, Interoceánica Cumbayá, Ecuador

## INFO DEL ARTÍCULO

### Historia del artículo:

Recibido

Aceptado

Disponible en línea

### Palabras clave:

Chocho

Harina

Nutricional

Proteína

Pasta

Diseño de experimentos

Metodología de superficies de respuesta (RSM)

## ABSTRACT

Este estudio examinó los efectos de sustituir la sémola de trigo por harina de “chocho” en la elaboración de una pasta alimenticia seca, larga y redonda en su corte transversal. El objetivo fue aumentar el contenido nutricional de la pasta, esencialmente la proteína, manteniendo las características fundamentales de la pasta. Se utilizó diseño experimental y la metodología de superficies de respuesta (RSM) para determinar el porcentaje óptimo de sustitución. Se siguió un procedimiento secuencial para llegar al resultado. Se definieron 2 factores que son la harina de “chocho” y el huevo, y 6 variables de respuesta y se realizó un diseño  $2^2$  con puntos centrales para tener un acercamiento a la región del óptimo. En base a los resultados obtenidos, se hizo un diseño central compuesto (CCD) sobre esta región para ajustar la relación entre factores y respuesta a un modelo de segundo orden. No se encontraron modelos cuadráticos que ajusten esta relación de forma apropiada; sin embargo se utilizó el método de deseabilidad (*desirability*) para optimización de varias respuestas en simultáneo. Se determinó que la mejor combinación de las dos harinas para la elaboración de una pasta más nutritiva, que mantiene las propiedades principales de la pasta hecha solo con sémola de trigo, se consigue con una sustitución de 25% de harina de chocho y con un 18% de huevo en la mezcla.

## 1. Introducción

El “chocho” es un grano con propiedades nutricionales muy importantes, es común su consumo en el Ecuador y en toda la región andina en diversos alimentos (Caicedo & Peralta, 1999). También conocido como altramuza, es el fruto (legumbre) de una planta leguminosa herbácea llamada científicamente *Lupinus Mutabilis Sweet*. Es originaria de la región andina de Perú, Ecuador y Bolivia (Villacrés *et al*, 2003). Ha sido cultivada desde la época preincaica. La planta tiene tallos gruesos y cilíndricos de color verde. Los granos (“chochos”) son ovalados o redondos y miden entre 5 y 15 mm de largo, y entre 6 y 8 mm de ancho, con un diámetro aproximado de 1 cm. El tegumento que cubre los granos es de consistencia dura (Villacrés *et al*, 2003). Para ser apto para el consumo humano, deben eliminarse los alcaloides que contiene el “chocho” debido a que pueden ser tóxicos, y le dan un sabor amargo al mismo (Villacrés *et al*, 2003). El tegumento debe permeabilizarse para permitir la salida de dichos alcaloides (Villacrés *et al*,

2003). La afinidad de los alcaloides para disolverse en agua, debido a sus moléculas hidrofílicas, permite el proceso de desintoxicación de las semillas mediante las fases de hidratación, cocción y lavado (Palacios y Ortega, 1998). Los usos del “chocho” como alimento para el hombre son principalmente en guisos, cebiches, salsas, sopas, postres, jugos, harina (Caicedo & Peralta, 1999). La harina de chocho se puede usar para hacer pan, galletas, pasta y mejorar su contenido proteico, calórico y de fibra. El “chocho” está compuesto en un 39-52% de proteína, en un 15-24% de grasa, entre un 6-11% de fibra, y en un 2,4-4,2% de alcaloides (Villacrés *et al*, 2003). La lupanina es el principal alcaloide en la semilla amarga del “chocho”; es una sustancia tóxica, pero en cantidades pequeñas puede tener efectos farmacológicos (Villacrés *et al*, 2003). El “chocho” contiene un rango de compuestos bioactivos, es decir, que tienen actividad biológica dentro del organismo, como carotenoides, que son pigmentos orgánicos con funciones antioxidantes (Villacrés *et al*, 2003). También tiene otros

antioxidantes, o moléculas que retardan la oxidación de otras, y fitoestrógenos, que son compuestos químicos con propiedades similares a las hormonas (Villacrés *et al.*, 2003). Estudios han probado que el consumo de comidas basadas en “chocho” ayudan a reducir los niveles de lipoproteínas de baja densidad (Sirtori *et al.*, 2004), plasma colesterol y triglicéridos (Arnoldi, 2008), y la presión sanguínea (Lee *et al.*, 2009). La harina que se obtiene a partir del “chocho” es una buena fuente de macro y micro nutrientes, proteína, grasa, carbohidratos, minerales (Villacrés *et al.*, 2003). En este estudio se buscó elaborar una pasta con harina de chocho que aumente sus propiedades nutricionales con respecto a las pastas hechas solo con sémola o harina de trigo. Además, se buscó investigar si la disminución del gluten por consecuencia de la reducción de la sémola de trigo afecta o impide la formación de la pasta. El gluten se forma con el hinchamiento e hidratación de las proteínas glutenina y gliadina que están en la harina de trigo (Cárdenas, Cardozo, Garza & Ríos, 2013). Sus características permiten que se forme una masa elástica que tenga cohesión. Además, el gluten mantiene encapsulado al almidón en la pasta y este permanece así durante la elaboración y cocción de la misma (Cárdenas, Cardozo, Garza & Ríos, 2013). La glutenina le da fuerza y unión a la masa, y la gliadina le da elasticidad (Cuniberti & Mir, 2010). El gluten contribuye al desarrollo adecuado de la masa e impide la separación o disgregación de la pasta durante la cocción (Feillet, 1984). Expertos afirman que la sustitución de la sémola de trigo por otras harinas, y la consecuente disminución del contenido de gluten, hace que la calidad de la pasta sea inferior (Abecassis *et al.*, 1989; Mestres *et al.*, 1990, Bergman, *et al.*, 1994; Fang y Khalil, 1996; Vansteelandt y Delcour, 1998) La reducción del contenido de gluten hace que la pasta pierda consistencia, y por tanto calidad (Rayas-Duarte *et al.*, 1996). Adicionalmente, en la preparación de pastas y panes, la calidad de la proteína tiene una importancia mucho mayor a su cantidad (Granito, Torres & Guerra, 2003). Las características físicas del gluten, como la capacidad de formación de matrices viscoelásticas, deben cumplirse con otras proteínas (en ausencia de gluten) con similares capacidad, para conservar la textura de la pasta (Granito, Torres & Guerra, 2003). Estudios muestran que el cambio de la sémola de trigo por otras harinas, altera aspectos de calidad sensorial de la pastas, en especial, la textura (Rayas-Duarte *et al.*, 1996). Desde otra perspectiva, la reducción de gluten es una ventaja por la creciente cantidad de personas celíacas en el mundo (Gomollón, 2012), que encontrarían en este alimento una alternativa saludable y muy nutritiva para su dieta. Los análisis de textura y sensoriales exceden el alcance del presente estudio, que se centrará en la medición de 6

variables que se describen en las secciones siguientes. Sin embargo, ambos estudios podrían formar parte de una segunda etapa de esta investigación. Con la información presentada acerca de las ventajas de la utilización de harina de “chocho”, de los posibles inconvenientes en la fabricación de la pasta por la ausencia de gluten, y de los aspectos positivos de la reducción en la cantidad del mismo; el presente estudio buscó determinar experimentalmente la combinación óptima de harinas que permita obtener una pasta nutritiva y adecuadamente formada.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Generalidades de la metodología

Se utilizó un proceso secuencial de diseño de experimentos y la metodología de superficie de respuesta para evaluar el comportamiento de las variables de interés al modificar las variables controladas (Montgomery, 2005). El proceso secuencial inició con un diseño  $2^2$  con puntos centrales, para el cual se buscó cubrir una superficie de respuesta amplia. Se separaron significativamente los niveles de cada factor (los niveles altos de los niveles bajos). Este diseño permite ver si existe interacción entre factores, verificar la influencia de cada factor en la respuesta, observar si hay curvatura, y comprobar si se está trabajando en la región adecuada o no (Montgomery, 2005). Con los resultados de este primer diseño, se tendría una perspectiva clara de la relación entre las respuestas y los factores. El plan fue utilizar estos resultados iniciales para crear un diseño factorial adecuado para ajustar la relación de variables a un modelo cuadrático y obtener una superficie de respuesta para reconocer el punto óptimo global. La metodología de superficies de respuesta es una colección de técnicas estadísticas y matemáticas útiles para modelar y analizar problemas en los que las respuestas de interés son influidas por diversas variables independientes y el objetivo es optimizar las respuestas. (Montgomery, 2005) Con todas estas herramientas estadísticas se aspiró a alcanzar el objetivo de determinar las cantidades ideales de cada ingrediente, para la obtención de una pasta con las características descritas anteriormente.

### 2.2 Materia Prima

Se utilizó sémola de trigo durum con el nombre *Aberdurum 78*, elaborada por la empresa Moderna Alimentos S.A, líder nacional en producción y venta de harina y sémola de trigo. La semolina durum es un producto granular de estructura vítrea y color amarillo que proviene de la molienda del endospermo del grano de trigo durum. Es ideal para la elaboración de pasta (Hoseney, 1991). La harina de

“chocho” provino de la empresa Cereales Andinos, quienes compran el “chocho” desamargado, lo deshidratan (el “chocho” pierde el 80% de agua, pues solo el 20% es producto seco), lo tuestan con un proceso que dura 1 hora, y lo muelen para obtener harina. Además de las harinas, se utilizaron huevos medianos de la marca Indaves, y agua potable de Cumbayá para preparar las mezclas y hacer los fideos. La Tabla 1 a continuación, muestra la composición de la sémola de trigo, analizada por un laboratorio de análisis de alimentos.

**Tabla 1** Análisis químico proximal de la sémola de trigo Aberdurem 78

Parámetro	Método	Resultado
Humedad(%)	PEE/LA/02 ISO 712	13,68
Proteína(%)	PEE/LA/02 ISO 20483	13,31+-0,52
Grasa(%)	PEE/LA/02 ISO 11085	1,23+-0,47
Ceniza(%)	PEE/LA/02 INEN 520	1,00+-0,09
Fibra(%)	INEN 522	0,72
Carbohidratos totales(%)	Cálculo	70,06
Energía(Kcal/100g):	Cálculo	344,55

Fuente: Labolab, 2015

La Tabla 2 a continuación, muestra la composición de la harina de “chocho”, analizada por el mismo laboratorio.

**Tabla 2** Análisis químico proximal de la harina de chocho

Parámetro	Método	Resultado
Humedad(%)	PEE/LA/02 ISO 712	7,04
Proteína(%)	PEE/LA/02 ISO 20483	30,93
Grasa(%)	PEE/LA/02 ISO 11085	23,04
Ceniza(%)	PEE/LA/02 INEN 520	2,32+-0,30
Fibra(%)	INEN 522	1,93
Carbohidratos totales(%)	Cálculo	34,74
Energía(Kcal/100g):	Cálculo	470,04

Fuente: Labolab, 2015

### 2.3 Materiales de Laboratorio

Máquina mezcladora y extrusora de fideos de la marca La Parmigiana y secador eléctrico de pastas y otros alimentos. Materiales y equipos del laboratorio de análisis de alimentos de la Universidad San Francisco de Quito como: plancha eléctrica, vasos de precipitación, crisoles, probeta, pipeta, balanza analítica, triturador eléctrico, estufa, desecador,

bandejas plásticas, papel film, tijera, envases metálicos, cernidor.

## 2.4 Planificación teórica/Métodos en detalle

### 2.4.1 Diseño 2<sup>2</sup> con puntos centrales

El diseño factorial 2<sup>2</sup> con puntos centrales busca cubrir una región amplia en las respuestas así que se eligieron niveles con una separación significativa entre sí, para los 2 factores con los que se trabajó: Harina de “chocho” y huevo. Para este primer diseño se realizaron en total 8 combinaciones, 4 factoriales y 4 puntos centrales. La cantidad total de harinas utilizada para cada combinación fue de 1500 gramos debido a que es la cantidad mínima recomendada para que la máquina extrusora funcione adecuadamente. Los niveles de harina de “chocho” fueron de 10% el bajo, 25% para los puntos centrales, y 40% para el nivel alto. El porcentaje se calcula con respecto al total de harinas, por tanto los porcentajes restantes en cada caso lo compone la sémola de trigo. Los niveles para el huevo fueron 4% para el nivel bajo, 14% para los puntos centrales, y 24% para el nivel alto. Estos porcentajes son también con respecto al total de harinas en la mezcla. La Tabla 3 ilustra los niveles codificados de los factores. La cantidad en gramos correspondiente de cada ingrediente se detalla en la Tabla 4. La cantidad de agua para cada combinación se calculó buscando tener siempre un 33% de humedad. Cuando la cantidad de huevo en la mezcla aumentaba, disminuía la cantidad de agua con el fin de mantener la humedad constante, conociendo que el huevo está compuesto de agua en un 70% aproximadamente.

**Tabla 3:** Niveles codificados de los valores para el diseño factorial inicial (2<sup>2</sup> con puntos centrales)

Factor	Nivel		
	Bajo (%)	Central (%)	Alto (%)
<b>Chocho</b>	10	25	40
<b>Huevo</b>	4	14	24

**Tabla 4:** Cantidades en gramos correspondientes a los niveles codificados

Factor	Nivel		
	Bajo (grs)	Central(grs)	Alto(grs)
<b>Chocho</b>	150	375	600
<b>Huevo</b>	60	210	360

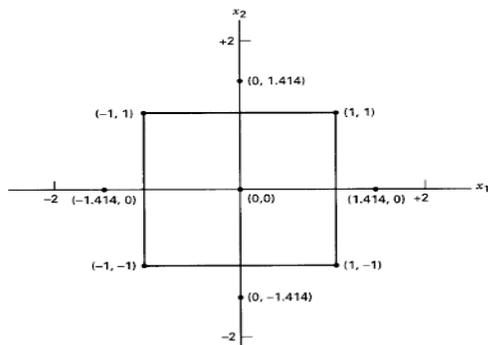
Para el análisis de las 6 variables de respuesta (se listan en la sección 2.5), después de la realización de los fideos, se utilizaron herramientas del *Design*

*Expert.* En el ANOVA se observó si el modelo es significativo, si hay interacción entre factores, si los efectos de los factores principales son significativos. También se observaron los valores de los R cuadrado y R cuadrado ajustado, para saber cuánta variabilidad es explicada por el modelo. Los gráficos de diagnóstico fueron útiles para comprobar el cumplimiento de supuestos de un diseño factorial (importante para saber qué tan robusto es el diseño): normalidad, igualdad de varianzas, independencia. Finalmente, los gráficos de modelo sirvieron para observar la interacción entre factores, el gráfico de contorno (muestra líneas que simbolizan la combinación de factores que produce una misma respuesta), y la superficie de respuesta en 3 dimensiones (posteriormente sería muy importante para el análisis del diseño central compuesto CCD).

### 2.4.2 Descripción diseño central compuesto CCD

El diseño central compuesto CCD se creó en base a los resultados obtenidos en el primer diseño. Para este experimento se realizaron en total 11 combinaciones, 4 de ellas factoriales, 4 axiales y 3 puntos centrales. Los puntos axiales son puntos en los cuales todos los factores son 0 excepto uno, que toma un valor  $\alpha=1,414$  (estos valores están codificados) (Montgomery, 2005). Para este caso, al tener solo 2 factores, en cada punto axial solo uno de los dos es igual a cero. Este diseño busca ajustar la relación entre factores y respuesta a un modelo de segundo orden, estimar coeficientes para el modelo generado, y encontrar la combinación óptima de factores (Montgomery, 2005). La Tabla 5 muestra ilustrativamente el diseño central compuesto que se realizó.

**Tabla 5:** Gráfico del diseño central compuesto CCD



Para este segundo diseño se redujo la cantidad total de harina utilizada para cada combinación de 1500 gramos a 1200 gramos debido a que se comprobó que la máquina podía trabajar con cantidades menores, y también porque era innecesario elaborar esa cantidad

si solo se requerían muestras pequeñas para las mediciones de laboratorio. En la Tabla 6 se muestran los valores codificados utilizados para la realización de los experimentos del diseño central compuesto.

**Tabla 6** Niveles codificados para los valores de los factores del diseño central compuesto

Factor	Niveles(en porcentajes)				
	Axial(- $\alpha$ )	Bajo	Central	Alto	Axial(+ $\alpha$ )
Chocho	0,8578	5	15	25	29,1421
Huevo	1,8934	5	12,5	20	23,1066

**Tabla 7** Cantidades en gramos correspondientes a los niveles codificados en el diseño central compuesto

Factor	Niveles(en gramos)				
	Axial(- $\alpha$ )	Bajo	Central	Alto	Axial(+ $\alpha$ )
Chocho	10,29	60	180	300	349,7
Huevo	22,72	60	150	240	277,28

### 2.5 Elaboración de la pasta

Se decidió hacer pasta larga tipo espagueti porque se consigue simplificar el proceso, en comparación a la realización de otro tipo de pasta, sin que esto signifique cambios en la respuesta. Esto porque no se requieren máquinas con moldes para darle a la pasta una forma distinta, ni se requiere ingredientes para el relleno. Se combinaron las harinas según las previas definiciones hechas para el diseño y se almacenaron en bolsas plásticas. Se procedió de la misma manera para el  $2^2$  que para el diseño central compuesto CCD. Se añadió a cada combinación la cantidad de huevo y agua respectiva. Generalmente, cerca del 30% de humedad es requerida para la extrusión de sémola de trigo durum para hacer pasta (Kent & Evers, 1994). Sin embargo, el contenido óptimo de humedad para una extrusión adecuada varía dependiendo del tipo de harina (Jayasena, V. & Nasar-abbas, S., 2012). Por esta variación, se determinó utilizar el 33% de humedad para todas las combinaciones. Una vez colocados los ingredientes en la máquina, se dejó mezclar durante 10 minutos, y después de este tiempo se abrió una compuerta para que la mezcla pase por allí y salga a presión en forma de fideos, a través de un molde con huecos circulares.

### 2.5 Variables de respuesta

A continuación se describe cada una de las 6 variables de respuesta escogidas, y sus métodos de medición.

#### 2.5.1 Tiempo de cocción

El tiempo de cocción óptimo de la pasta se refiere al momento en que la misma reúne algunas condiciones ideales para su consumo (Salazar, 2015). Una de las formas para determinar este tiempo es identificar el momento en que desaparece la parte blanca de la harina de trigo que tarda en gelatinizar. La completa gelatinización del almidón indica que el fideo está cocido (Salazar, 2015). La gelatinización del almidón es un proceso en el que el gránulo de almidón absorbe agua, se hincha, se hace viscoso y se solubiliza la amilosa (Colonna et al., 1992). Para medir el tiempo de cocción de la pasta se realizó el procedimiento, establecido por la AACC en su método 50-66.01 (AACC, 1999), para cada combinación.

1. Se colocaron 200 ml de agua destilada en un vaso de precipitación
2. Se llevó el vaso a la plancha eléctrica y se dejó calentar, tapando el recipiente con un vidrio de reloj.
3. Mientras se calentaba el agua, se pesó en la balanza analítica 20 gramos de muestra de fideo y se anotó el peso exacto.
4. Se esperó a que el agua llegue a su punto de ebullición.
5. En ese momento, se introdujo la muestra en la plancha y se inició el cronómetro.
6. Se dejaron pasar 3 minutos y en ese tiempo se sacó una muestra pequeña del vaso y se la aplastó entre los vidrios de reloj para ver si desapareció el núcleo blanco (es la gelatinización del almidón y permite saber si la pasta está cocida). Este subproceso de sacar pequeñas muestras y aplastarlas para observar si ya está cocinado, se repitió cada 30 segundos.
7. Finalmente, cuando la línea desapareció, se anotó ese tiempo como el tiempo óptimo de cocción. Se hizo 2 veces la medición para cada combinación, con el objetivo de tener mayor exactitud y robustecer el estudio.

### 2.5.2 Humedad

El secado o pérdida de humedad es un proceso determinante para la pasta porque al estar seca tiene estabilidad (Colonna et al., 1992). En el experimento, el secado se realizó introduciendo los fideos (que salían de la máquina extrusora) al secador durante 8 horas. Para medir la humedad se realizó el siguiente procedimiento, establecido por la AACC, en su método 44-01 (AACC, 1999).

1. Se tomaron crisoles y se los taró para tener su peso exacto. Se los marcó con códigos en lápiz en la base para identificarlos correctamente.
2. Se trituraron 5 gramos de cada combinación en un triturador eléctrico.
3. Se dejó los crisoles con su muestra correspondiente en la estufa durante una noche con el fin de secar las muestras.

4. Al día siguiente, se sacaron las muestras de la estufa
5. Se introdujo los crisoles con las muestras en el desecador durante 1 hora.
6. Después de este tiempo, se sacaron las muestras del desecador y se pesaron los residuos en los crisoles. Se hizo las mediciones por triplicado para cada combinación (mediciones repetidas) para robustecer el experimento. En la sección resultados se observan los cálculos que se realizaron con estos pesos para determinar la humedad de cada muestra.

### 2.5.3 Aumento de peso y pérdida de sólidos

Para determinar el aumento de peso y la pérdida de sólidos se siguió el procedimiento establecido por la AACC, en su método 66-50.01 (AACC, 1999).

1. Se tararon crisoles grandes de la misma forma que se hizo para determinar la humedad.
2. Se midió 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación.
3. Se llevó el agua a ebullición y se tapó el vaso con un vidrio de reloj.
4. Al hervir el agua, se introdujo 10 gramos de muestra en el vaso.
5. Se retiró la muestra en el tiempo óptimo antes determinado (distinto para cada combinación).
6. Se cernió la muestra y se pesó (los fideos aumentaron su peso al cocinarse).
7. La parte líquida (agua con residuos de fideo) se conservó en los crisoles tarados.
8. A dichos crisoles se los llevó a la estufa y se los dejó ahí por una noche.
9. Al día siguiente se retiraron los crisoles de la estufa y se los dejó en el desecador por 1 hora.
10. Finalmente, se pesaron los crisoles con las "arenas" que quedaron.

Los datos recogidos sirvieron tanto para el cálculo del aumento en peso como para el de la pérdida de sólidos.

### 2.5.4 Índice de solubilidad en agua e índice de absorción en agua

Para determinar el índice de solubilidad en agua y el índice de absorción en agua se utilizó el procedimiento establecido por Anderson, Conway, Pfeifer y Griffin (Anderson et al, 1969)

1. Se pesó 1 gramo de base seca y la cantidad de huevo proporcional que correspondía a cada combinación, y se introdujo en tubos
2. Se midió 10 ml de agua destilada y se agregó a los tubos
3. Los tubos pasaron por la centrifuga durante 10 minutos y a 3000 rpm.

4. Al finalizar estos 10 minutos, se vertió el sobrenadante de los tubos en crisoles previamente tarados,
  5. Se llevó los crisoles a la estufa durante una noche.
  6. Los residuos sólidos en los tubos se pesaron al salir de la centrifuga.
  7. Con los datos recogidos, y con las fórmulas obtenidas del mismo método, se calcularon tanto el índice de solubilidad en agua (ISA) como el índice de absorción en agua (IAA).
- Las fórmulas utilizadas se encuentran en la sección Teoría/Cálculos.

### 3. Teoría/Cálculos

El porcentaje de humedad de los fideos se calculó con la Fórmula 1 que se muestra a continuación.

**Fórmula 1:** Humedad de fideos

$$\%Humedad = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{muestra}} \times 100,$$

donde  $P_{inicial}$  es el peso inicial del crisol con la muestra(g),  $P_{final}$  es el peso del crisol con la muestra(g) después de pasar una noche en la estufa, y  $P_{muestra}$  es el peso de fideos triturados(g) que se colocó inicialmente en el crisol. El porcentaje de pérdida de sólidos se calculó con la Fórmula 2 que se muestra a continuación.

**Fórmula 2:** Pérdida de sólidos

$$\%Pérdida sólidos = \frac{P_{TotalFinal} - P_{crisol}}{P_{muestra}} \times 100,$$

donde  $P_{TotalFinal}$  es el peso del crisol más los residuos sólidos(g) después de la evaporación,  $P_{crisol}$  es el peso del crisol(g), y  $P_{muestra}$  es el peso inicial de muestra(g) de fideos que se cocinó. El porcentaje de aumento en peso se calculó con la Fórmula 3 que está a continuación.

**Fórmula 3:** Aumento en peso

$$\%Aumento peso = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100,$$

donde  $P_f$  es el peso final de los fideos cocidos(g), y  $P_i$  es el peso inicial de los fideos crudos(g). El Índice de solubilidad en agua se calculó con la siguiente fórmula:

**Fórmula 4:** Índice de solubilidad en agua ISA

$$ISA = \frac{mrc}{ma(bs)} \times 100,$$

donde  $mrc$  es la masa del residuo de la evaporación(g),  $ma$  es la masa de la muestra(g); en base seca(bs). El Índice de absorción en agua (IAA) se calculó con la siguiente fórmula.

**Fórmula 5:** Índice de absorción en agua IAA

$$IAA = \frac{mrc}{ma - mrc},$$

donde  $mrc$  es la masa del residuo de la centrifugación(g),  $ma$  es la masa de la muestra(g); en base seca(bs), y  $mrc$  es la masa del residuo de la evaporación(g).

### 4. Resultados

En esta sección se presentan solo los resultados obtenidos en los dos diseños experimentales. El análisis, los gráficos, las conclusiones, y las decisiones tomadas en base a estos resultados se encuentran en la sección 5. Discusión/Conclusiones.

#### 4.1 Resultados del diseño 2<sup>2</sup> con puntos centrales

**Tabla 8:** Conclusiones generales del diseño 2<sup>2</sup> con puntos centrales

Resultados diseño factorial 2 <sup>2</sup> con puntos centrales				
			Óptimo	
Variables	Interacción	Curvatura	Harina de chocho	Huevo
Tiempo de cocción	No	No	No significativo	No significativo
Humedad	No	No	Alto	Cualquiera de los niveles
Pérdida de sólidos	No	No	No significativo	No significativo
Aumento en peso	No	No	No significativo	No significativo
ISA	No	No	No significativo	No significativo
IAA	No	No	Alto	Alto

Se observa que solo 2 de las 6 variables tuvieron modelos significativos: la humedad y el índice de absorción agua. En ningún modelo se observó curvatura en la respuesta ni tampoco interacción entre factores. Los resultados sugieren que el área de optimización global está cerca de los niveles altos de la harina de chocho y del huevo, aunque este segundo factor parece ser menos significativo. La discusión y conclusiones detalladas acerca de los resultados de este diseño se encuentran en la sección 5. Discusión/Conclusiones.

El resultado del ANOVA para el tiempo de cocción mostró un modelo no significativo, con un valor p (del modelo) mucho mayor al  $\alpha=0,05$ . Esto significa que los cambios en los factores harina de “chocho” y huevo no influyeron en la respuesta. Con esta información, no fue necesario analizar más a profundidad esta variable puesto que no es determinante ni ayudaría a elegir la región donde correr el diseño central compuesto.

El resultado del ANOVA para la humedad mostró que el modelo es significativo. Dentro del mismo, se observó que no hubo interacción, que el efecto de la harina de “chocho” influyó en la respuesta, y que los cambios en la cantidad de huevo fueron insignificantes. Además, no hubo curvatura y la falta de ajuste no fue significativa. En la Figura 1 en la sección 5.Discusión/Conclusiones se muestra el gráfico de interacción para la humedad, donde se observa que el nivel alto de harina de “chocho” minimiza la respuesta. En dicha sección se presenta un análisis detallado. El ANOVA para la pérdida de sólidos mostró un modelo no significativo. Con esta información, no tenía sentido profundizar el análisis sobre esta variable.

El ANOVA del aumento en peso mostró que el modelo tampoco es significativo. Con esta información, no se realizó ninguna otra investigación sobre los resultados de esta respuesta debido a que no serían relevantes para el estudio. El ANOVA para el índice de solubilidad (ISA) mostró que el modelo no es significativo. No se analizó más a esta variable. Finalmente, el ANOVA para el índice de absorción en agua mostró que el modelo fue significativo, dentro del mismo se observó que no existió interacción entre factores, sin embargo, el efecto de la harina de “chocho” y el huevo influyeron en la respuesta. La Figura 2 en la sección 5.Discusión/Conclusiones muestra el gráfico de interacción para el índice de absorción en agua, y su posterior análisis.

#### 4.2 Resultados del diseño central compuesto CCD

**Tabla 9:** Conclusiones individuales del diseño central compuesto CCD

Variable	Resultado
Tiempo de cocción	Media predice mejor el resultado que cualquier modelo
Humedad	Nivel alto de ambos factores minimizan respuesta
Pérdida de sólidos	Nivel bajo de ambos factores minimiza respuesta
Aumento en peso	Media predice mejor el resultado que cualquier modelo
Índice absorción agua	Nivel alto de ambos factores maximizan respuesta

Índice solubilidad agua	Ningún modelo fue significativo
-------------------------	---------------------------------

Para el tiempo de cocción, el software *Design Expert*, de aquí en adelante DX8, sugiere ajustar los datos a un modelo lineal.

Para la humedad, DX8 propone utilizar un modelo lineal y que los niveles altos de los factores minimizan la respuesta.

Para la pérdida de sólidos DX8 sugiere que se utilice el modelo 2FI. La interacción es significativa, la harina de “chocho” es significativa y la falta de ajuste es no significativa. Los niveles bajos de los factores minimizan la respuesta.

Para el aumento en peso, DX8 no encontró un modelo que prediga adecuadamente los datos.

Para el índice de absorción de agua, DX8 sugiere utilizar el modelo lineal porque tiene el PRESS más bajo y un R cuadrado ajustado alto. El modelo ANOVA muestra que el modelo es significativo, que el factor harina de “chocho” es significativo y que el factor huevo también lo es. Los niveles altos de los factores optimizan la respuesta.

Para el índice de solubilidad DX8 sugiere utilizar un modelo lineal. El ANOVA para el modelo lineal mostró que el modelo es no significativo y que la falta de ajuste es significativa.

El análisis de los resultados que se muestran en la Tabla 9 y se describieron en el párrafo anterior, se encuentra en la sección 5.Discusión/Conclusiones en la parte del diseño central compuesto.

### 5. Discusión/Conclusiones

En esta sección se presentan gráficos, se analizan resultados, se explican las decisiones que se tomaron a lo largo del estudio, y se sacan conclusiones. En la sección 5.1 se analiza el primer diseño realizado, y en la sección 5.2 se analiza el diseño central compuesto y se presentan las conclusiones finales.

#### 5.1 Análisis diseño 2<sup>2</sup> con puntos centrales

A continuación se listan los objetivos buscados en el primer diseño para cada una de las variables de respuesta.

**Tiempo de cocción:** Se buscó la combinación cuyo tiempo de cocción sea el mínimo porque esto quiere decir que los ingredientes se cocinan adecuadamente y que el cliente tendrá que esperar menos.

**Humedad:** El interés en la medición de esta variable fue encontrar la combinación que tenga menos humedad.

**Aumento de peso:** El interés en medir el aumento de peso en los fideos fue encontrar la combinación que

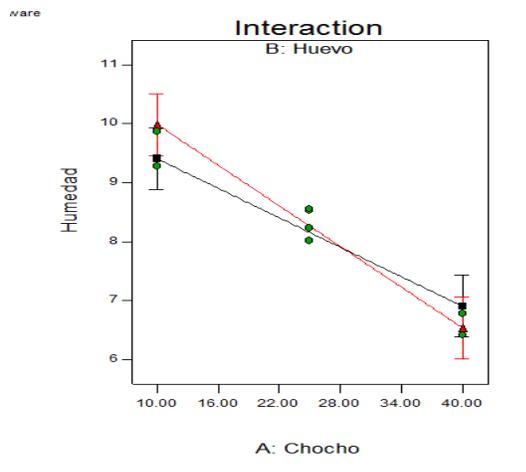
maximice el incremento de peso puesto que se busca que la pasta esté bien hidratada para el consumo.

**Pérdida de sólidos:** Se buscó la combinación que pierda la menor cantidad de sólidos durante la cocción para que no pierda sus propiedades.

**Índice de solubilidad en agua:** Se mide en la combinación de harinas y no en los fideos. El índice de solubilidad en agua (ISA) en las harinas tiene relación directa con la pérdida de sólidos en los fideos y se busca minimizarlo.

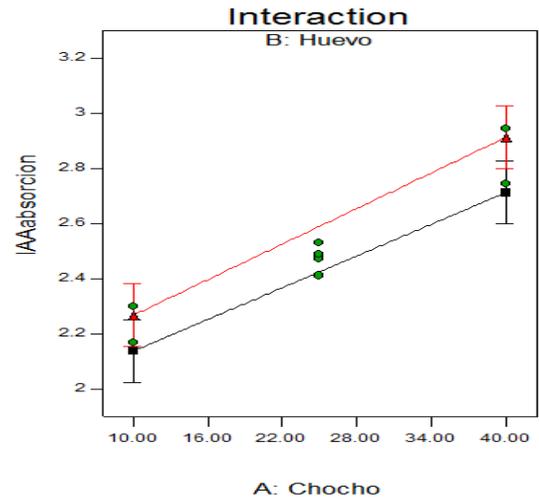
**Índice de absorción en agua:** El índice de absorción en agua (IAA) de las harinas se relaciona directamente con el aumento en peso de los fideos y se busca maximizarlo.

**Figura 1:** Gráfico de interacción para humedad



Para la humedad se sabe que se obtuvo un modelo significativo con influencia de la harina de “chocho” en la respuesta. En el gráfico de interacción los puntos verdes representan los puntos del diseño, los niveles del factor A: Harina de “chocho” se muestran en el eje “x”, la línea roja muestra el nivel alto del factor B: huevo, y la línea negra muestra el nivel bajo del factor huevo. En el eje “y” se muestra la respuesta: Humedad. Se observa que hay dos combinaciones que consiguen que la humedad sea menor; la una es juntando los niveles altos tanto de harina de chocho como de huevo (ver esquina inferior derecha del gráfico), la segunda es juntando el factor alto de harina de chocho con el bajo de huevo, debido a que el efecto del mismo es insignificante (también en la esquina inferior derecha).

**Figura 2:** Gráfico de interacción para el índice de absorción en agua



Los resultados mostraron un modelo significativo para esta variable, y la influencia de ambos factores en la respuesta. En la Figura 2 las líneas paralelas ratifican la información conocida de que los factores no interactúan. Se observa que los niveles altos de harina de “chocho” y huevo maximizan la respuesta.

Sobre los resultados generales obtenidos con este diseño se concluyó lo siguiente: El diseño no tuvo la robustez esperada y esto se comprobó analizando las respuestas de cada una de las variables en sus puntos centrales. Se observó una alta variabilidad cuando las respuestas en puntos iguales debieron ser similares, esto sugiere que también hubo variabilidad en los otros puntos del diseño y que esto pudo influir en la no significancia de la mayoría de los resultados. Por otro lado, 2 de las 6 variables muestran que la combinación óptima está cerca de los niveles altos de la harina de “chocho” y el huevo. Sin embargo, existen argumentos (elementos adicionales a los resultados en el software) para pensar lo contrario: los fideos con mayor porcentaje de harina de “chocho” no eran compactos y se rompían con mucha mayor facilidad que los fideos con menor cantidad de harina de “chocho”. Este elemento fue importante para la decisión sobre la región ideal donde debía realizarse el diseño central compuesto, debido a que uno de los objetivos del estudio es conservar las propiedades de la pasta con la sustitución, y los resultados mostraron que la textura (aún sin hacer pruebas más específicas) se ve afectada con un porcentaje alto de sustitución. Para determinar los niveles óptimos del segundo diseño se utilizaron todos los elementos de juicio disponibles. Se buscó seguir cubriendo una región amplia. Para esto mantener el nivel alto de la harina de “chocho” relativamente cerca de su nivel inicial, para ratificar o desmentir los resultados del primer diseño. Se desplazó el nivel bajo de la sustitución hacia un porcentaje menor para intentar que las diferencias en los niveles logren influir en la respuesta, y así tener

conclusiones robustas. Se decidió variar muy poco los niveles de huevo, con el conocimiento de que este factor no es muy influyente en la respuesta. La Tabla 6 en la sección 2. Materiales y Métodos, subsección 2.4.2 Descripción diseño central compuesto CCD, muestra los niveles de los factores definidos para el diseño central compuesto.

## 5.2 Análisis diseño central compuesto CCD

Para el tiempo de cocción, DX8 propuso ajustar los datos a un modelo lineal. Los resultados obtenidos con este modelo no fueron significativos. Se concluyó que la media predice mejor la respuesta que cualquier otro modelo. Para la humedad, DX8 sugiere utilizar un modelo lineal, no obstante se comprobó que un modelo 2FI es mejor debido a que se consigue un R cuadrado ajustado mayor y un menor error PRESS. El ANOVA incluyendo la interacción (modelo 2FI) permitió obtener un modelo significativo, con falta de ajuste no significativa. La conclusión sobre esta variable es que su minimización se consigue al combinar el nivel alto de la harina de chocho con el nivel alto de la cantidad de huevo.

DX8, para la pérdida de sólidos, indica que el mejor modelo es un 2FI. Se observa que este modelo tiene el menor PRESS y el R cuadrado ajustado más alto. El ANOVA con este modelo es significativo, la interacción es significativa, la harina de “chocho” es significativa y la falta de ajuste es no significativa. La conclusión, sobre la pérdida de sólidos, es que el nivel bajo de ambos factores logra la minimización de la respuesta. Para el aumento en peso, DX8 no encontró un modelo que se ajuste adecuadamente los datos, y por esto se concluye que la media es la que mejor lo hace. Para el índice de absorción de agua, DX8 recomienda utilizar el modelo lineal porque tiene el PRESS más bajo y un R cuadrado ajustado alto. El modelo ANOVA muestra que el modelo es significativo, que el factor harina de “chocho” y huevo también lo son. El R cuadrado ajustado está en concordancia con el R cuadrado predictivo, además, el *Adequate Precision* (mide el radio de ruido) es alto. Para esta variable se concluye que los niveles altos de ambos factores minimizan la respuesta. Para el índice de solubilidad, el DX8 apunta a utilizar un modelo lineal aunque los indicadores no son buenos para este modelo ni para los demás. El PRESS es alto, el R cuadrado predictivo es negativo y los R cuadrado ajustado es muy bajo. El ANOVA para el modelo lineal mostró que el modelo es no significativo y que la falta de ajuste es significativa. Por lo tanto, se concluye que el índice de solubilidad no permite sacar conclusiones robustas.

Con los resultados individuales que se obtuvo en el diseño central compuesto se concluyó lo siguiente (ver

Tabla 9): no se obtuvo el principal resultado que se buscó desde el inicio, que era obtener modelos cuadráticos de optimización para las variables. Además, solo 3 de las 6 variables tuvieron resultados significativos: la humedad, la pérdida de sólidos y el índice de absorción en agua. De estas, 2 sugerían que la combinación óptima se encuentra cerca de los niveles altos de ambos factores (humedad e índice de absorción de agua). Con estas conclusiones individuales, se utilizó una herramienta del software para encontrar un óptimo global. Para analizar múltiples respuestas en simultáneo existe un método propuesto por Derringer y Suich en el año 1980 y que es actualmente uno de los más utilizados en la industria. Se basa en que la calidad de un producto o proceso que tiene muchas características (variables de respuesta), con una de ellas fuera de un límite deseado, es inaceptable (Del Castillo et al, 1996). El método encuentra ciertas condiciones que proveen los valores más deseados en la respuesta. Funciona primero de forma individual para cada una de las respuestas, y después encuentra una respuesta global. (Del Castillo et al, 1996). La función *desirability* asigna números entre 0 y 1, utilizando una función específica para cada variable. El 0 representa lo menos deseado y el 1 representa el valor ideal de la respuesta. El objetivo es encontrar el mejor set de condiciones que satisfagan todos los objetivos individuales, y no es el de obtener un valor de *desirability* de 1.0 (Del Castillo et al, 1996). Para ilustrar el funcionamiento del método, se muestra el algoritmo de transformación que utiliza el software para pasar del valor de respuesta a un índice de *desirability*. Se muestran 2 de los casos que se aplicaron en este estudio (para maximizar y para minimizar) y no los 5 posibles existentes.

### Máximo

$d_i = 0$  si la respuesta < valor bajo

$0 \leq d_i \leq 1$  mientras la respuesta varíe entre bajo y alto

$d_i = 1$  si la respuesta > valor alto

### Mínimo

$d_i = 1$  si la respuesta < valor bajo

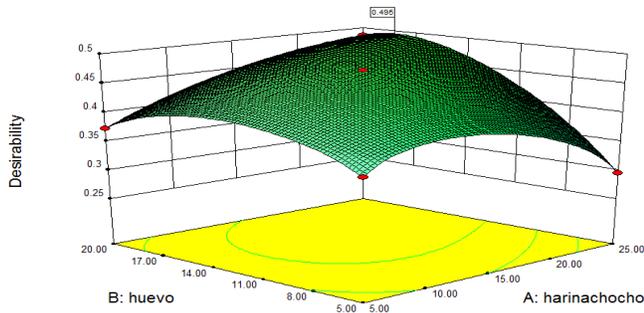
$1 \geq d_i \geq 0$  mientras la respuesta varíe entre bajo y alto

$d_i = 0$  si la respuesta > valor alto

Para juntar todas las respuestas, el software utiliza una función objetivo simultáneo que es la media geométrica de todas las respuestas transformadas. Si una de las respuestas o factores cae fuera de su rango de *desirability* previamente establecido, toda la función se hace 0. El software mostró que el valor de *overall desirability* que optimiza las respuestas es de 0,495. La combinación de factores que permite llegar

a este resultado es: 25% de harina de “chocho” y 18% de huevo. Los valores que toman las respuestas en este punto son (el punto separa decimales): tiempo de cocción=10.581, humedad=7.96594, pérdida de sólidos=6.36178, aumento de peso=137.456, índice de solubilidad=12.165, índice de absorción en agua=2.66328. La figura a continuación muestra la respuesta de *overall desirability* en 3 dimensiones.

**Figura 3** Superficie de respuesta en 3 dimensiones para la *overall desirability*



La combinación óptima está en el nivel alto de la harina de “chocho”, es decir 25%, y en un punto cercano al nivel alto del huevo, 18%. Se puede afirmar ahora que al combinar estos factores en estos porcentajes, se obtiene una pasta con índices relativamente apropiados de tiempo de cocción, humedad, pérdida de sólidos, aumento de peso, solubilidad en agua y absorción en agua. Además, se comprobó que la pasta resultante es más nutritiva que la pasta hecha solo con sémola de trigo. La tabla 10 a continuación muestra la composición de la pasta hecha solo con sémola de trigo. La tabla 11 muestra la composición de la pasta realizada con los niveles altos tanto de harina de “chocho” como de huevo del diseño central compuesto, debido a que es la más se acerca a la ideal obtenida en software con el método de *desirability*.

**Tabla 10** Pasta hecha solo con sémola de trigo

Parámetro	Método	Resultado
Humedad(%)	PEE/LA/02 ISO 712	11,28+-0,17
Proteína(%)	PEE/LA/02 ISO 20483	13,63+-0,52
Grasa(%)	PEE/LA/02 ISO 11085	1,99+-0,47
Ceniza(%)	PEE/LA/02 INEN 520	1,10+-0,09
Fibra(%)	INEN 522	0,64
Carbohidratos totales(%)	Cálculo	71,36
Energía(Kcal/100g):	Cálculo	357,87

Fuente: Labolab, 2015

**Tabla 11** Pasta con la combinación más cercana a lo ideal

Parámetro	Método	Resultado
Humedad(%)	PEE/LA/02 ISO 712	7,61
Proteína(%)	PEE/LA/02 ISO 20483	23,77
Grasa(%)	PEE/LA/02 ISO 11085	7,94
Ceniza(%)	PEE/LA/02 INEN 520	1,54+-0,3
Fibra(%)	INEN 522	1,01
Carbohidratos totales(%)	Cálculo	58,13
Energía(Kcal/100g):	Cálculo	399,06

Fuente: Labolab, 2015

Se observa que la pasta con harina de “chocho” tiene un 10% más de proteína, tiene un mayor porcentaje de fibra, un mejor índice energético y un mejor porcentaje de humedad que la pasta hecha solo con sémola de trigo.

Para futuros experimentos sobre temas relacionados, se recomienda realizar un cronograma estricto de actividades y apearse a los métodos de medición para minimizar el ruido en los experimentos. En procesos de optimización de respuestas con diseño experimental, se recomienda seguir con exactitud la secuencia de pasos descrita por Montgomery en la que se realizan varios diseños antes de encontrar la región óptima donde hacer un diseño de mayor complejidad como es el diseño central compuesto.

## 6. Referencias Bibliográficas

- AACC. (1999). *Semolina, Pata and Noodle Quality: AACC Method 66-50.01*. Recuperado el 20 de septiembre de 2015, de <http://methods.aaccnet.org/summaries/66-50-01.aspx>
- Abecassis J, Faure J, Feillet P (1989) Improvement of cooking quality of maize pasta products by heat treatment. *Food Sci. Food Agric.* 47: 475-485.
- Anderson, R., Conway, H., Pheiser, V., & Griffin, E. (1969). *Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking*. California: Cereal Science Today.
- Arnoldi, A. 2008. Nutraceutical properties of white and narrow-leaved lupin. In *Proceedings of the 12th International Lupin Conference, Fremantle, Western Australia* (J.A. Palta and J.D. Berger, eds.) International Lupin Association, Canterbury, New Zealand.
- Bergman C, Gualberto D, Weber C (1994) Development of high-temperature-dried soft wheat supplemented with cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Cooking quality, color and sensory evaluation. *Cereal Chem.* 71: 523-527.
- Birk, Y. 1993. Anti-nutritional factors (ANFs) in lupin and other legume seeds: Pros and cons. p. 424-429. In: Martins and da Costa (eds.), *Advances in lupin research*.
- Proc. 7th Int. Lupin Conf. held at Evora, Portugal, 18-23 April, 1993
- Bradley, N. (2007). *The response surface methodology* (Doctoral dissertation, Indiana University South Bend).
- Brebaum, S. and G.J. Boland. 1995. Sweet white lupin: A potential crop for Ontario. *Can.J. Plant Sci.* 821-841.
- Caicedo, C., & Peralta, E. (1999). *Chocho, Frejol y Arveja, Leguminosas de grano Comestible con un gran mercado Potencial en Ecuador*. INIAP Archivo Histórico.
- Colonna P, Leloup V, Buléon A (1992) Limiting factors of starch hydrolysis. *J. Clin. Nutr.* 46: S17-S32.
- Dean, Angela and Voss, Daniel. 1999. *Design and Analysis of Experiments*. New York: Springer.
- Del Castillo, E., Montgomery, D. C., & McCarville, D. R. (1996). Modified desirability functions for multiple response optimization. *Journal of quality technology*, 28, 337-345.
- Erbas, M., M. Certel, and M.K. Uslu. 2004. Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.) *Food Chemistry* 89:341-345.
- Fang K, Khalil K (1996) Pasta containing regrinds: effect of high temperature drying on product quality. *Cereal Chem.* 73: 317- 322.
- Feillet, P (1984). The biochemical basis of pasta cooking quality-its consequences for durum-wheat breeders. *sciences des aliments*, 4(4), 551-566.
- Gomollón, F. (2012). Enfermedad celíaca. *Gastroenterología y Hepatología. Problemas Comunes en la Práctica Clínica (2ª edición)*. Jarpoyo editores. Barcelona, 331-46.
- Granito, M., Torres, A., & Guerra, M. (2003). Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol. *Interciencia*, 28(7), 372-379.
- Hoseney C (1991) *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Acribia. Zaragoza, España. pp. 269-274.
- Mestres C, Matencio F, Faure J, (1990), Optimizing process for making pasta from maize in admixture with durum wheat. *Food Sci. Food Agric.* 51: 355-368.
- Montgomery, Douglas C. 2005. *Design and Analysis of Experiments: Response surface method and designs*. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- Jayasena, v., & Nasar-abbas, s. m. (2012). development and quality evaluation of high-protein and high-dietary-fiber pasta using lupin flour. *journal of texture studies*, 43(2), 153-163. doi:10.1111/j.1745-4603.2011.00326.x
- Lee, Y.P., Mori, T.A., Puddey, I.B., Sipsas, S., Ackland, T.R., Beilin, L.J. and Hodgson, J.M. 2009. Effects of lupin kernel flour-enriched bread on blood pressure: A controlled intervention study. *Am. J. Clin. Nutr.* 89, 766-772.
- Oehlert, Gary W. 2000. *Design and analysis of experiments: Response surface design*. New York: W.H. Freeman and Company

Palacios J,Ortega R (1998) Efecto del tiempo de remojo, cocción y lavado sobre el contenido de alcaloides y proteína en chocho (*Lupinus mutabilis* S). Int Res Cent Dev. Recuperado de: [http://archive.idrc.ca/library/document/100162/chap15\\_s.html](http://archive.idrc.ca/library/document/100162/chap15_s.html).

Rayas-Duarte CM, Mock CM, Satterlee LD (1996) Quality of spaghetti containing buckwheat, amaranth and lupin flours. *Cereal Chem.* 73: 381-387.

Sirtori, C.R., Lovati, M.R.,Manzoni, C., Castiglioni, S., Duranti, M.,Magni, C., Morandi, S., D'Agostina, A. and Arnoldi, A. 2004. Proteins of white lupin seed, a naturally isoflavone-poor legume, reduce cholesterolemia in rats and increase LDL receptor activity in HepG2 cells. *J.Nutr.* 134, 18–23.

Salazar, N. (2015) Estudio de la adición de harina de palmito(*Bactris Gasipaes*) en pasta larga a base de harina de trigo duro. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniería de alimentos

Vansteelandt J, Delcour JA (1998) Physical behavior of durum wheat starch (*Triticum durum*) during industrial pasta processing. *J. Agric. Food Chem.* 46: 2499-2503.

Villacrés, E., Gavilanes, K., Díaz, Y., & Peralta, E. Desarrollo del sistema HACCP para una planta de desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y especificaciones de calidad del grano.

Yanez, E. 1996. Sweet lupin as a source of macro and micro nutrients in human diets. Proc. 8th Int. Lupin Conf., Pacific Grove, California. 11–16 May, 1996. Univ. California, Davis

## 7. Anexos

### Anexo 1: Pastas salidas del secador



### Anexo 2: Medición del tiempo de cocción



### Anexo 3: Crisoles en la estufa durante medición de humedad



### Anexo 4: Fideos triturados salidos de estufa, medición de humedad



### Anexo 5: Tubos con muestras de harina, medición de solubilidad y absorción en agua



**Anexo 6:** Análisis químico proximal de la combinación óptima de entre las realizadas. Harina de chocho 25% y huevo 20%.

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES  
INFORME DE RESULTADOS

Orden de trabajo N° 154936  
Hoja 1 de 1

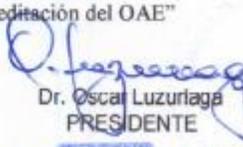
**NOMBRE DEL CLIENTE:** Mateo Ponce Gómez  
**DIRECCIÓN:** Diego de Brieda N33-76 y Clemente Celi  
**FECHA DE RECEPCION:** 16 de diciembre del 2015  
**MUESTRA:** Fideo de chocho  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Pasta seca en forma de espagueti color habano  
**FECHA DE ELABORACION:** ---  
**FECHA DE VENCIMIENTO:** ---  
**LOTE:** ---  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 16 – 18 de diciembre del 2015  
**REFERENCIA:** 154936  
**MUESTREADO:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25°C 30% HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Humedad (%):*	PEE/LA/02 ISO 712	7.61
Proteína (%):*	PEE/LA/01 ISO 20483	23.77
Grasa (%):*	PEE/LA/05 ISO 11085	7.94
Ceniza (%):	PEE/LA/03 INEN 520	1.54 ± 0.30
Fibra (%):*	INEN 522	1.01
Carbohidratos totales (%):*	Cálculo	58.13
Energía (Kcal/100g):*	Cálculo	399.06

"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 1C 06-001"

\* "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

  
Dr. Oscar Luzurlaga  
PRESIDENTE

El presente informe solo es válido para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB

**LABOLAB**  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

Anexo 7: Análisis químico proximal de fideo hecho solo con sémola de trigo

Orden de trabajo N° 154937

Hoja 1 de 1

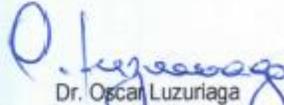
**NOMBRE DEL CLIENTE:** Mateo Ponce Gómez  
**DIRECCIÓN:** Diego de Brienda N33-76 y Clemente Celi  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** 16 de diciembre del 2015  
**MUESTRA:** Fideo de trigo  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:** Pasta seca en forma de espagueti color habano  
**FECHA DE ELABORACIÓN:** ---  
**FECHA DE VENCIMIENTO:** ---  
**LOTE:** ---  
**ENVASE:** Funda de polietileno  
**FECHA DE REALIZACIÓN DE ENSAYO:** 16 – 18 de diciembre del 2015  
**REFERENCIA:** 154937  
**MUESTREO:** Por cliente  
**CONDICIONES AMBIENTALES:** 25°C 30% HR

**ANÁLISIS QUÍMICO:**

PARÁMETRO	METODO	RESULTADO
Humedad (%):	PEE/LA/02 ISO 712	11.28 ± 0.17
Proteína (%):	PEE/LA/01 ISO 20483	13.63 ± 0.52
Grasa (%):	PEE/LA/05 ISO 11085	1.99 ± 0.47
Ceniza (%):	PEE/LA/03 INEN 520	1.10 ± 0.09
Fibra (%):*	INEN 522	0.64
Carbohidratos totales (%):*	Cálculo	71.36
Energía (Kcal/100g):*	Cálculo	357.87

"Laboratorio de ensayo acreditado por el OAE con acreditación N° OAE LE 1C 06-001"

\* "Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del OAE"

  
Dr. Oscar Luzuriaga  
PRESIDENTE  
  
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES

El presente informe solo es válido para la muestra analizada.

Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.