



Optimización en la elaboración de una barra energética a base de quinua germinada (*Chenopodium quinoa* Willdenow)

Optimization in the elaboration of an energy bar based on germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow)

Luz Castro Huamán*; Freddy Quispe Rueda; Fernando Suca Apaza; Yanina Villa Encarnación; Juan Zegarra Chavez

Facultad de Química e Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Cercado de Lima 15081, Lima, Lima, Perú.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar una barra energética altamente aceptable y con las mejores características nutricionales de la quinua blanca (*Chenopodium quinoa* Willdenow). Para ello, la quinua fue sometida a un proceso de germinación, controlando el tiempo de remojo y tiempo de germinado. El tratamiento ab (6 horas de remojo + 18 horas de germinado) obtuvo el mayor contenido proteico (14,95%), por esta razón, fue destinada para elaborar barras energéticas al 15, 20 y 25%, donde la formulación F1 (15% de quinua germinada) presentó la mejor aceptabilidad. A fin de evaluar la germinación, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) y un análisis de superficie de respuesta, mientras que, en las barras energéticas, una escala hedónica de nueve puntos, con 30 panelistas no entrenados, evaluando color, sabor, textura y grado de aceptabilidad.

Palabras clave: quinua; germinado; barra energética; formulación.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop a highly acceptable energy bar with the best nutritional characteristics of white quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow). For this, quinoa was subjected to a germination process, controlling the soaking time and germination time. The ab treatment (6 hours of soaking + 18 hours of sprouting) obtained the highest protein content (14.95%), for this reason, it was destined to produce 15, 20 and 25% energy bars, where the F1 formulation (15% germinated quinoa) presented the best acceptability. In order to evaluate germination, an analysis of variance (ANOVA) and a response surface analysis were applied, while in energy bars, a hedonic scale of nine points, with 30 untrained panelists, evaluating color, flavor, texture and degree of acceptability.

Keywords: quinoa; sprouted; energy bar; formulation.

1. Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie domesticada y cultivada en el Perú desde épocas prehispánicas. La cuenca del Lago Titicaca es considerada como el principal centro de origen de la quinua, zona donde existe una cultura alimentaria que incorpora el grano en su consumo diario (MINAGRI, 2015). Asimismo, cuenta con un elevado contenido de saponinas, el cual es motivo de estudio por su capacidad de insecticida natural (Bonilla *et al.*, 2019).

Sin embargo, para este estudio lo más relevante es su calidad nutricional proteica, rica en lisina, aminoácidos azufrados, vitaminas, calcio, fósforo y hierro. La proteína de la quinua cubre los

requerimientos de aminoácidos esenciales, proteínas o nitrógeno total del adulto (Muñoz, 2013). Por su gran valor nutricional, la Asamblea General de las Naciones Unidas, en diciembre de 2011, declara al año 2013 como el "Año Internacional de la Quinua" (AIQ), con el especial propósito de difundir su consumo y cultivo en todas las regiones del mundo y así convertirlo en una alternativa para el fortalecimiento de la seguridad alimentaria mundial. De igual modo, la Organización Mundial de Salud (OMS) califica a la quinua como un "Alimento Único" dada su capacidad como sustituta especial de las proteínas de origen animal (MINAGRI, 2014). Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura

pueden germinar muy rápidamente. El agua es esencial, pues es la sustancia que activa todo el proceso metabólico en una semilla (FAO, 2016; Cruz, 2017). Los germinados son de los pocos alimentos que se consumen cuando se encuentran en etapa de desarrollo (Barrón-Yáñez et al., 2009), considerados como alimentos funcionales por facilitar su asimilación y aprovechamiento de nutrientes en el organismo y reducir los factores antinutricionales (Padmashree et al., 2018); con la germinación se presentan muchos cambios en su composición, debido a la utilización de sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas), para el desarrollo de su eje embrionario, incrementando el contenido de antioxidantes, además de obtener alimentos organolépticamente agradables; también aumenta el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y mejora la relación $\omega 6/\omega 3$, así lo manifiesta Pachari et al. (2019) de su estudio de la germinación en 4 variedades de quinua oriundas del Perú.

Por otro lado, su consumo actúa sobre el metabolismo humano, conduciendo a una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos, debido a su alta concentración enzimática (Elizalde et al., 2011; Chaparro et al., 2010); reducir el índice de masa corporal (IMC), mantener los niveles de glucemia basal (GB) y aumentar la sensación de saciedad, efectos importantes y beneficiosos para pacientes prediabéticos (López et al., 2017).

La malnutrición proteinoenergética (MPE) en los niños pequeños es en la actualidad el problema nutricional más importante en casi todos los países de Asia, América Latina, el Cercano Oriente y África, siendo la carencia de energía la causa principal. Debido a la necesidad de buscar una buena alimentación que nos permita gozar de una salud favorable, se ha incorporado distintos productos naturales, con alto aporte calórico y nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades del hombre en cada etapa de su vida (Placentino, 2004); por tanto, ofrecer al mercado alimentos de fácil acceso y consumo como las barras energéticas de quinua germinada brindarán el nivel proteico requerido.

El delineamiento y el análisis de mezclas es una metodología importante para el desarrollo y optimización de los productos alimenticios. Las proporciones de los diversos ingredientes de una mezcla no son variables independientes, ya que la suma de los ingredientes siempre es 100% (Dingstad et al., 2004).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue formular una barra energética de alta

aceptabilidad a partir de diferentes proporciones de quinua germinada que haya conseguido un mayor contenido proteico.

2. Material y métodos

El presente estudio se desarrolló en el laboratorio de investigación - tecnología de alimentos, Escuela de Ingeniería Agroindustrial - Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.

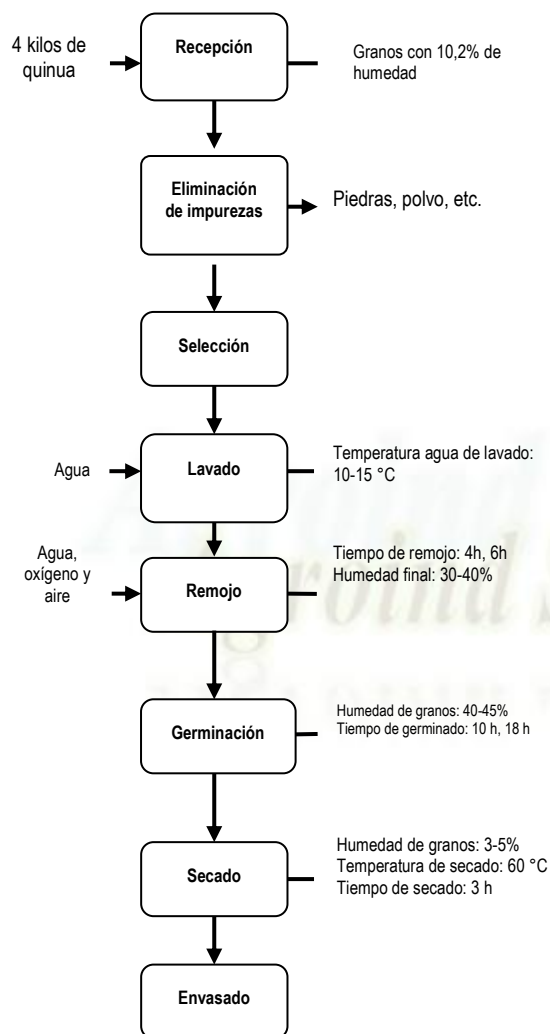


Figura 1. Proceso de germinación de granos de quinua.

2.1. Procedimiento experimental

El presente trabajo experimental comprendió dos etapas, la primera es la obtención de la quinua germinada y la última consiste en la elaboración de la barra energética. Para el proceso de germinado se empleó quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) proveniente de la región Huancavelica.

Se realizó la eliminación de impurezas y selección, retirando piedras, polvo y mascarillas,

separando aquellos granos que no tengan las condiciones adecuadas para su posterior germinación. Seguidamente, se realizó el pesado y lavado, friccionando los granos entre las manos, con agua potable para eliminar toda partícula adherida a su superficie y el contenido de saponina que le otorga el sabor amargo. Se procedió al remojo y germinación de la quinua a las condiciones indicadas en la [Figura 1](#).

Luego, se paralizó el proceso de germinación en un secador de bandejas: los granos húmedos fueron colocados extendidos en capas no muy gruesas, sometidos a temperatura de 60 °C por 3 horas.

Finalmente se envasaron en frascos de vidrio, los granos germinados seco y con raicillas, pues son higroscópicos, ganando humedad del aire que los rodea. La [Figura 2](#) muestra el diagrama de flujo de las diferentes operaciones realizadas en la elaboración de las barras energéticas a partir de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germinada.

A continuación, se describen las operaciones:

Recepción: se trabajó con la quinua germinada, linaza y kiwicha pop, estos dos últimos adquiridos en un mercado de la localidad.

Tostado: la quinua germinada y linaza se tostaron en una olla de acero inoxidable, esta operación se realizó de forma manual por un tiempo de 5 a 10 minutos hasta obtener unos granos crujientes y dorados.

Pesado: se pesó cada una de las materias primas de acuerdo a la formulación. Esta operación se realizó en una balanza digital MH-Series Pocket scale y una balanza de mesa.

1er Mezclado: en un bowl de aluminio se integró cada uno de los ingredientes secos (quinua, linaza, kiwicha pop, maní y pasas) durante 2 minutos.

2do Mezclado: en una olla de acero inoxidable se derritió la miel, el azúcar y la mantequilla durante 1 minuto. Se incorporó este jarabe en el recipiente que contenía los ingredientes secos hasta conseguir una mezcla pastosa, esto se realizó por un tiempo de 5 minutos.

Moldeado: en un molde de vidrio para horno se colocó papel manteca y luego se vació la mezcla obtenida.

Prensado: con ayuda de una espátula de plástico se ejerció presión sobre la mezcla hasta tener un espesor homogéneo de las barras energéticas.

Enfriado: después de sacar los moldes del horno, se dejaron en refrigeración por un tiempo de 10 minutos a -4 °C.

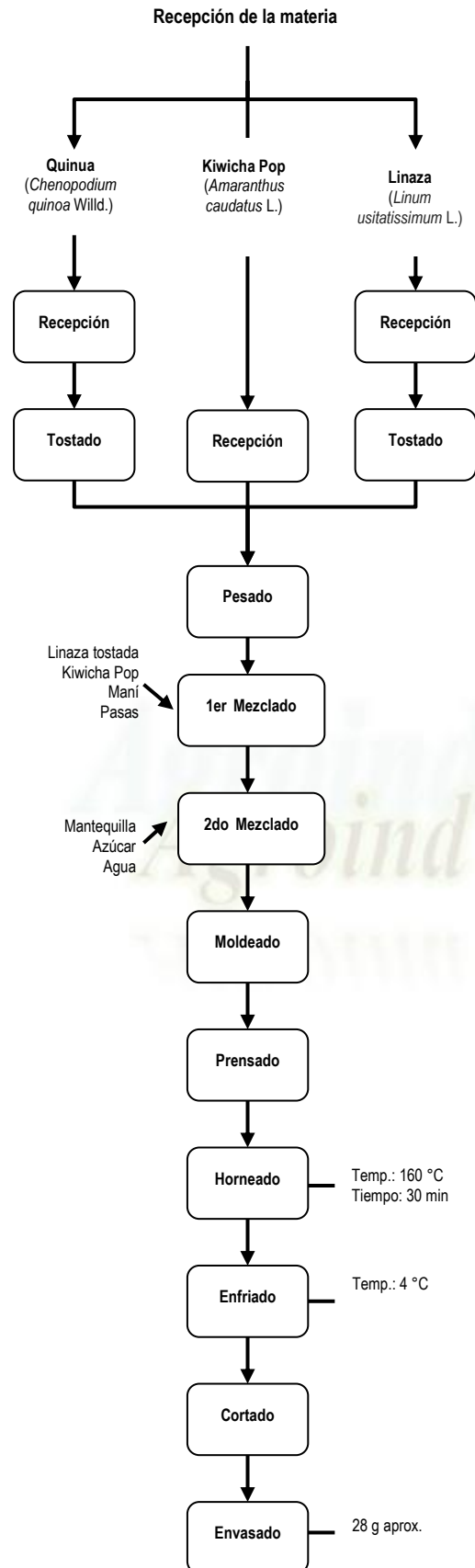


Figura 2. Elaboración de las barras energéticas a partir de la quinua germinada.

Horneado: Se introdujo el molde a un horno a 160 °C durante 30 min. La cocina a gas que contiene el horno es de la marca Indurama.

Cortado: las dimensiones de las barras fueron de 10 centímetros de largo por 5 centímetros de ancho y 3 centímetros de espesor.

Envasado: cada barra energética tuvo un peso de 28 g aproximadamente, se envasaron en láminas de aluminio.

Las diferentes cantidades de ingredientes utilizados en la elaboración de la barra energética se detallan en la [Tabla 1](#).

Tabla 1
Formulación de la barra energética

Ingredientes	Cantidad (%)		
	F1	F2	F3
Quinoa	15	20	25
Kiwicha	22,5	17,5	12,5
Linaza	12,5	12,5	12,5
Maní	10	10	10
Pasas	15	15	15
Miel	10	10	10
Azúcar	5	5	5
Mantequilla	5	5	5
Agua	5	5	5
Total	100	100	100

F₁, F₂, F₃: Tratamientos estudiados en la formulación de las barras energéticas.

2.3. Diseño Experimental

La [Figura 3](#) muestra el esquema experimental que se empleó en el presente trabajo de investigación. Se tuvo como análisis preliminar la determinación del mejor tratamiento para la obtención de quinua germinada con mayor contenido proteico para lo cual se utilizó un arreglo factorial 2² con 3 réplicas en el que las variables independientes son el tiempo de remojo (A) y el tiempo de germinado (B) y como variable dependiente el porcentaje del contenido proteico; la segunda etapa de la investigación tuvo como variable independiente la proporción de quinua germinada en la formulación de barras energéticas y como variable dependiente la aceptabilidad general de las mismas.

2.4. Análisis proximal

El análisis proximal se realizó a las 3 formulaciones de barras energéticas, mientras que en la quinua germinada solo se determinó el contenido de proteínas. Se tomaron en cuenta las siguientes metodologías para su determinación: Análisis de Humedad según método oficial de la [AOAC \(1995\)](#). Análisis de Grasa

según método oficial de la [AOAC \(1995\)](#). Análisis de Proteínas según método oficial de la [AOAC \(1995\)](#). Análisis de carbohidratos por diferencia.

2.5. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las barras energéticas se realizó utilizando la prueba hedónica, con la finalidad de evaluar el color, sabor, textura y grado de aceptabilidad.

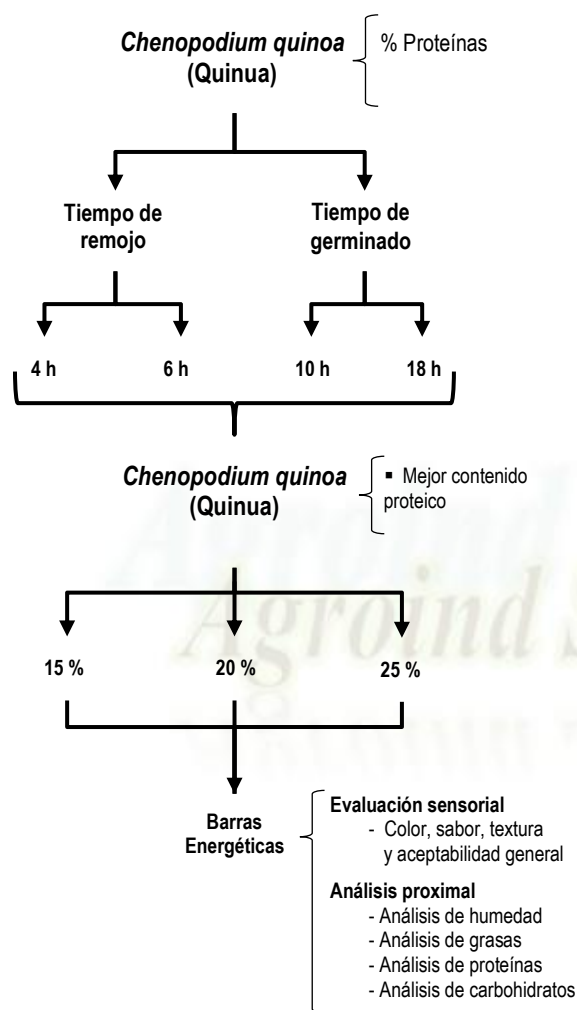


Figura 3. Esquema experimental para la elaboración obtención de la mejor barra energética.

Para ello, se utilizó una escala del 1 al 9, que permite medir el grado en que una de las formulaciones gusta o disgusta, empleando a 30 panelistas no entrenados.

Se entregó a los panelistas muestras codificadas con números aleatorios de tres cifras (218, 994, 164), que corresponden a la formulación de 15%, 20% y 25% de quinua germinada respectivamente, y se les solicitó que luego de su primera impresión anoten sus respuestas, en la ficha entregada.

2.6. Análisis estadístico

Los softwares estadísticos utilizados fueron Statgraphics Centurion 18 y Minitab 17. Para evaluar los resultados de la germinación y la evaluación sensorial de la barra energética, se utilizó el análisis de varianza ANOVA. De existir una diferencia significativa entre los tratamientos se realizó comparaciones entre ellas mediante la prueba de Tukey.

3. Resultados y discusión

En la [Tabla 2](#) observamos la descripción de los factores a evaluar en el proceso de germinación de la quinua, los niveles de estos y las unidades de dichos factores. En la [Tabla 3](#) se reporta la codificación Yates, los niveles altos de los factores se representan mediante las letras a y b respectivamente y los niveles bajos se representan por la ausencia de dichas letras. Si ambos niveles son bajos se considera un valor igual a (1).

Tabla 2

Factores de evaluación en la germinación de quinua

Factor	Niveles	Unidad
A: Tiempo de remojo	4 6	horas
B: Tiempo de germinación	10 18	horas

Por ende, la codificación (1), a, b y ab son las respuestas totales para las 3 réplicas realizadas en este experimento observadas en la [Tabla 4](#).

Tabla 3

Codificación de los factores de evaluación en la germinación de la quinua

Combinación	A	B	Codificación Yates
(-1,-1)	4	10	(1)
(-1,1)	4	18	a
(1,-1)	6	10	b
(1,1)	6	18	ab

En la [Tabla 4](#) se reporta los valores obtenidos de proteína en quinua germinada a diferentes tiempos de remojo y tiempos de germinación.

Tabla 4

Valores de proteína por tratamiento de germinación

Codificación Yates	% Proteínas			Respuesta Total
	(1)	11,11	11,16	11,10
a	10,08	10,1	10,11	30,29
b	11,50	11,46	11,50	34,46
ab	11,66	11,8	11,77	35,23

Así mismo de la [Tabla 6](#) se observa que el porcentaje de proteína en la materia prima sin germinar es de $11,69 \pm 0,031$ mientras que en quinua germinada incrementa su valor proteínico a $11,743 \pm 0,074$, que corresponde al tratamiento ab (6 horas de remojo + 18 horas de germinación). [Ramírez \(2015\)](#) obtuvo un contenido de proteína de 13,09% en la germinación de quinua de la variedad Blanca de Hualhuas y en la quinua cruda un 12,94% incrementando su valor en 0,15 %.

Según [Argüello y Garzón \(2012\)](#), el proceso de germinación provoca un incremento del contenido proteico en la quinua debido a la acción de enzimas como la citasa, actuando sobre la celulosa de la capa de células vacías logrando descomponer y disolver todo nutriente que, con ayuda de la amilasa presente en la saliva, facilitan la digestibilidad de las proteínas. Los efectos medios y las medias de cuadrados de los factores y su interacción se representan con las ecuaciones (1), (2) y (3):

$$A = \frac{a+ab-b-(1)}{2xn} \quad (1)$$

$$B = \frac{b+ab-a-(1)}{2xn} \quad (2)$$

$$AB = \frac{ab+(1)-a-b}{2xn} \quad (3)$$

Aplicando dichas ecuaciones se obtuvo -0,385, 1,005 y 0,642 para el factor A, B y AB respectivamente. Se observa que el efecto del tiempo de germinación (Factor B) es el mayor de los otros dos, pero falta investigar si alguno es estadísticamente significativo.

Tabla 5

Análisis de varianza en el porcentaje de proteína en quinua germinada en A y B

Factor de Variación	SC	GL	CM	F ₀
A: Tiempo de remojo	0,445	1	0,445	245,903
B: Tiempo germinado	3,030	1	3,030	1675,618
Interacción AB	1,235	1	1,235	683,065
Error	0,014	8	0,002	
Total	4,724	11		

En la [Tabla 5](#) se observa que el factor A, B y la interacción entre A y B son significativos al nivel 0,05 ya que F₀ es mayor al valor crítico obtenido de las tablas de distribución F, F₀ > 5,32.

De acuerdo con este resultado se rechazan las tres hipótesis nulas H₀: efecto A = 0, H₀: efecto B = 0 y H₀: efecto AB = 0, y se concluye que H_A: efecto A ≠ 0, H_B: efecto B ≠ 0 y H_{AB}: efecto AB ≠ 0, respectivamente, con α = 0,05. De esta

manera se acepta que sí hay efecto de A, B y AB, es decir, los tres efectos están activos o son significativos. Del valor de F_0 se aprecia que el efecto más importante es el del factor B, el tiempo de germinado corroborando así lo obtenido de los efectos medios.

El objetivo de la presente investigación es maximizar el porcentaje de proteína en la quinua y que las interacciones tengan prioridad con respecto a los efectos principales. En este caso, y de acuerdo con el ANOVA, tanto los dos factores principales (Tiempo de remojo TR y Tiempo de germinación TG) como el efecto de la interacción (TR × TG) tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de proteína en la quinua. Puesto que sólo se estudian dos factores, toda la información relevante del experimento se encuentra en la gráfica de la interacción (Figura 5). En esta gráfica la variable independiente condicionante es el tiempo de remojo representada en la gráfica como REMOJO = 1.0 para el nivel alto, 6 h y REMOJO = -1.0, para el bajo, 4 h. La variable independiente principal es el tiempo de germinado representada en la gráfica como GERMINADO y sus niveles alto y bajo como -1 y +1 equivalentes a 10 h y 18 h respectivamente.

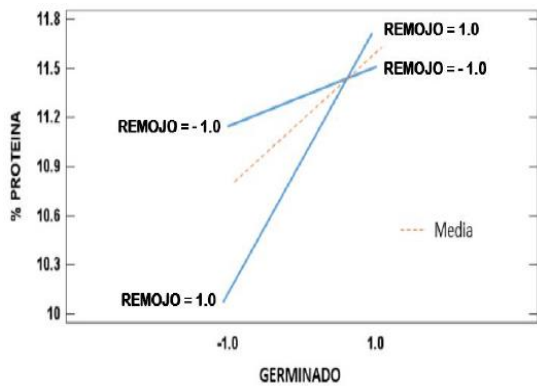


Figura 5. Interacción del % Proteína.

Al ser las dos pendientes iguales (positivas) el efecto principal (Media) de la variable tiempo de germinado detalla bien los efectos simples. Es decir, el tiempo de germinado produce un incremento en el contenido de proteínas al pasar de 10 h a 18 h. Los efectos simples por separado son: bajo REMOJO = -1, el tiempo de germinado hace disminuir los valores del contenido proteico al pasar de -1 a +1; bajo REMOJO = +1, hace aumentar los valores del contenido proteico. En la Figura 6 se presenta el gráfico de superficie, el cual describe el comportamiento del contenido de proteína sobre la región experimental. Las curvas de nivel o isóneas son otra manera de representar la superficie. Cada curva de nivel

representa puntos o combinaciones de tiempo de remojo y tiempo de germinado donde el contenido proteico es el mismo.

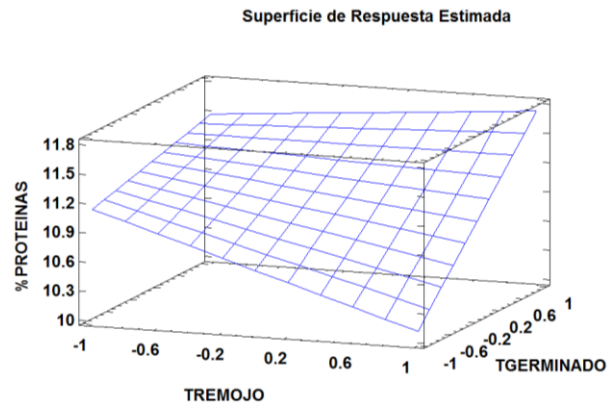


Figura 6. Superficie de respuesta del modelo ajustado en el experimento.

Para una mejor visualización, la representación en curvas de nivel o gráfico de contornos se puede dibujar sin la superficie, como se muestra en la Figura 7. Esta representación es mejor que la superficie porque se pueden ver con bastante exactitud las coordenadas del punto con el contenido de proteína deseado. Los números que acompañan a las curvas de nivel son precisamente la altura de la superficie sobre toda la isónea.

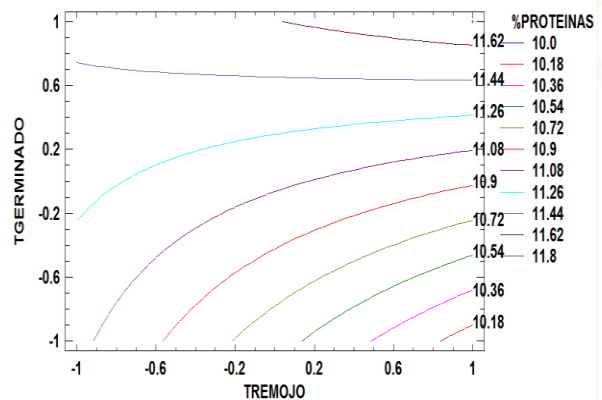


Figura 7. Gráfica de contornos del contenido de proteína predicha en la germinación realizada.

Del programa Statgraphics Centurion 18 se obtuvo el cuadro de optimización de respuesta para maximizar el contenido de proteínas expresado en porcentaje.

Tabla 6
Combinación de niveles de factores

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
TRemojo	-1,0	1,0	1,0
TGerminado	-1,0	1,0	1,0

Esta tabla muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza el % Proteínas sobre la región indicada. El valor óptimo es 11,743 que corresponde al tratamiento ab. Con esta quinua germinada se elaboró las barras energéticas. En la [Tabla 7](#) se observa que en el tratamiento ab (6 horas de remojo y 18 horas de germinado) hubo un aumento del % de proteínas y es estadísticamente significativo ($\alpha \leq 0,05$), con respecto al control. En los tratamientos a y b hay un menor % de proteínas, según [Vega y Quino \(2016\)](#), el tiempo de germinado y remojo es importante debido a que al introducir agua dentro del grano hasta alcanzar una humedad de 42 - 48% bajo condiciones aeróbicas propician la generación de hormonas giberelinas, estas son segregadas por el embrión y producen enzimas que desdoblan el almidón, la proteína y la fibra. Así mismo [Cruz \(2017\)](#) sostiene que la quinua en un rango de temperatura de 15 °C a 23 °C posee una capacidad de germinación del 98% e incrementa su aporte nutricional en general.

La [Tabla 9](#) nos muestra los resultados de las 3 formulaciones, donde se puede concluir que la F1 fue la preferida por la mayoría de los evaluadores, mientras que la F3 presentó menor aceptabilidad. Según [García \(2018\)](#) el uso de un nuevo ingrediente como la quinua puede presentar ventajas nutricionales cuando es rico en compuestos biológicamente activos; sin embargo, la incorporación de este también puede causar modificaciones en la estructura del producto en cuanto a la textura y los cambios sensoriales. En las diferentes formulaciones la textura del producto fue disminuyendo a medida que se aumentaba el porcentaje de quinua en su elaboración, dichos resultados concuerdan con lo obtenido por [Steffolani *et al.* \(2017\)](#), quien señala que la incorporación de quinua en la barra causa un cambio en la estructura interna de estas, debilitando las interacciones entre sus componentes, lo cual se ve reflejado como una menor dureza. Un mayor porcentaje de quinua frente a la kiwicha, resulta en un incremento en la textura de la barra energética. Lo que genera un producto más crujiente y aceptable por el usuario ([Delgado *et al.*, 2014](#)). Como en F1 y F2 no se evidenció lo mencionado, se supone que la adición de los demás componentes varía en cuanto a la textura final de la barra energética. La composición bromatológica de la barra en cuanto al contenido de proteínas, grasa, humedad y carbohidratos que presentó mayores valores fue la formulación F1, con $8,52 \pm 0,02\%$ de humedad, $14,95 \pm 0,12\%$ de proteína,

$21,63 \pm 0,01\%$ en grasa y $54,9 \pm 0,12\%$ de carbohidrato. El contenido de proteínas de las tres formulaciones de barra energética oscila en el rango de 14,0-15,05% ($3,92$ a $4,21$ g/100g ms), siendo la formulación F1 la que presentó mayor valor ([Tabla 8](#)), valor similar al encontrado por [Delgado *et al.* \(2014\)](#) donde el contenido de proteínas para tres formulaciones de barra energética respecto a quinua: F1 (21,8%), F2 (16,9%) y F3 (22%) tuvo un rango de 2,67-2,25 g/g 100 ms; donde explican que el contenido de este macronutriente depende de la variedad de la materia prima empleada. Para elaborar las barras energéticas se utilizó la quinua de la variedad Blanca, la cual tiene un contenido proteico de 11,7% inferior respecto a otras variedades como Dulce de Quitopamba (17%) y Amarga de Nariño (16,9%). En otro estudio la germinación de quinua demostró la excelente composición nutrición al que se obtiene tras este tratamiento, siendo las proteínas y los carbohidratos los principales macronutrientes ([Pereira *et al.*, 2019](#)).

Las barras energéticas tienen un aporte de carbohidratos entre 54,9-56,20% por cada 100 gramos de barra. Estos resultados se encuentran en el rango de carbohidratos hallados, además de ello se menciona que el contenido de hidratos de carbono no debe encontrarse por debajo del 50% del contenido total ([Caipo *et al.*, 2015](#)).

Tabla 7

Resultados del contenido proteico de la quinua germinada para cada tratamiento

Tratamiento	% Proteínas
Control	11,69 \pm 0,031a
(1)	10,10 \pm 0,015b
a	11,12 \pm 0,032c
ab	11,74 \pm 0,074d
b	11,49 \pm 0,023e

Los valores son medias \pm desviaciones estándar de tres repeticiones (n=3) con diferentes superíndices en una fila indica que varía significativamente ($p \leq 0,05$), utilizando la prueba de Tukey.

El contenido de quinua presente la barra, influye en las características físicas, las propiedades funcionales y sensoriales del cereal, donde a medida que aumentaba su porcentaje en la barra se podrían obtener barras más blandas encontrándose el mejor nivel de aceptabilidad en la formulación F1 (15% de quinua germinada). Se determinó que el contenido de quinua presente la barra, influye en las características físicas, las propiedades funcionales y sensoriales

del cereal, donde a medida que aumentaba su porcentaje en la barra se podrían obtener barras más blandas encontrándose el mejor nivel de aceptabilidad en la formulación F1 (15% de quinua germinada).

Tabla 8

Resultados del análisis proximal realizadas a las barras energéticas para cada formulación

Análisis	Formulaciones		
	F1	F2	F3
Humedad	8,52±0,02a	8,50±0,02a	8,31±0,04b
Proteínas	14,95±0,12a	14,02±0,07b	14,15±0,05b
Grasas	21,63±0,01a	21,60±0,02a	21,34±0,05b
Carbohidratos	54,9±0,12a	55,87±0,05b	56,2±0,06c

Los valores son medias \pm desviaciones estándar de tres repeticiones (n=3) con diferentes superíndices en una fila indica que varía significativamente ($p \leq 0,05$), utilizando la prueba de tukey.

En la [Tabla 7](#) se puede corroborar que el proceso de germinación cambia la composición proteica del grano de quinua, evidenciando un efecto significativo de cada tratamiento sobre el contenido de proteínas. La [Tabla 9](#) nos muestra el contenido de proteínas que presentan cada una de las formulaciones, siendo F1 la que presentó el mayor contenido de proteínas (14,95%), esta formulación corresponde a la elaboración de la barra energética con un 15% de quinua germinada y 22,5% de kiwicha pop, siendo este última semilla el de más porcentaje presente en la barra energética, el alto contenido proteico a diferencia de las demás formulaciones posiblemente se debe a que las semillas de kiwicha tienen un interés excepcional alimenticio debido a los estudios que demuestran su gran potencial de proteínas, esta tiene una composición más equilibrada que los cereales convencionales y una mayor cantidad de proteínas de calidad. Teniendo en su composición 13.5-15 g/100 g ([Caipo et al., 2015](#)). Durante la germinación de las semillas se presentan muchos cambios en su composición, debido a la utilización de sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas), para el desarrollo de su eje embrionario ([Chaparro et al., 2010](#)), esto ocurre en especies de amaranto también ([Comejo et al., 2019](#)). [López et al., \(2012\)](#) indica que el triptófano es usado por las plantas para sintetizar auxinas, compuestos orgánicos conocidos como fitohormonas las cuales influyen sobre su desarrollo.

Así mismo, [Arellano et al. \(2008\)](#) indica que las auxinas específicamente estimulan la germinación de las semillas al incrementar la extensibilidad de la pared celular favoreciendo la elongación celular del tallo. [Caldeira et al., \(2015\)](#), indica que las bajas temperaturas (15 a 20 °C) podrían reducir las actividades enzimáticas que están implicadas en el metabolismo de las semillas, reducir la velocidad y retrasar la germinación; por el contrario, [Marcos-Filho \(2015\)](#) indica que a temperaturas de germinación de 20 a 30 °C las semillas germinan rápidamente como resultado de la desnaturalización de las proteínas provenientes del aumento de la actividad metabólica. Teniendo en cuenta que el contenido de proteínas para el adulto es de 0,75 g/kg día, se puede afirmar que con estas 3 formulaciones cumple los requerimientos de proteína o nitrógeno total del adulto, teniendo en consideración que los índices de calidad proteínica son dependientes de la edad.

Tabla 9

Resultados de la evaluación sensorial de las barras energéticas realizadas por 30 panelistas

Evaluación	Formulaciones		
	F1	F2	F3
Color	7,033a	6,867a	6,533a
Sabor	6,800a	6,733a	6,267a
Textura	6,467a	6,333a	5,833a
Aceptabilidad	7,033a	6,567ab	6,20b

Los valores de las medias con diferentes superíndices en una fila indica que varía significativamente ($p \leq 0,05$) utilizando la prueba de Tukey.

Por otro lado, la quinua blanca tiene en promedio 5,3 g grasa/100 g de porción, lo que resulta en una baja cantidad en comparación al análisis realizado, puesto que se le atribuye la cantidad de grasa hallada a la manteca usada en la barra energética.

4. Conclusiones

En la primera fase investigativa se determinó que los parámetros óptimos de tiempo de remojo, tiempo germinado y la interacción de ambos para la quinua blanca tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de proteína. La condición óptima de germinado se obtuvo con el tratamiento ab donde el tiempo de remojo y tiempo de germinado fue de 6 y 18 horas respectivamente, y que gracias a estas condiciones dadas la radícula de los granos

germinados alcanzó longitudes mayores a 1 cm, logrando así incrementar su valor nutritivo.

En la segunda fase de la investigación se determinó mediante una evaluación sensorial con 30 panelistas no entrenados, la formulación de barra energética que presenta mayor grado de preferencia por los consumidores quienes analizaron su textura, color y sabor, resultando ser la formulación F1 (15% quinua) el que obtuvo mayor aceptabilidad en general. Las barras energéticas elaboradas ofrecerían una alternativa de alimentos saludables para todas las edades debido a la combinación de cereales de alto valor nutricional (quinua y kiwicha) además de poseer efecto beneficioso para la salud, ya que influye en una reducción de los factores de riesgo para el desarrollo de futuros trastornos (cardiovasculares, diabetes, etc.). Pudiendo llegar a sustituir a aquellos alimentos industrializados que son aliados a una vida sedentaria. Este trabajo sugiere que la quinua germinada es un ingrediente funcional nutritivo que posee propiedades nutricionales superiores a los granos secos y que puede ser utilizado para la formulación de barras energéticas.

Referencias bibliográficas

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1995. 939.11: Fluoride in water, colorimetric method.
- Arellano, Y.; García, E.; Vázquez, J. 2008. Estimulación de la síntesis de ADN y de proteína del ciclo celular por auxinas durante la germinación del maíz. *Agrociencia* 42(8): 637-644.
- Argüello, S.; Garzón, G. 2012. Efecto de la temperatura y el tiempo de remojo en la germinación de maíz morado (*Zea Mays*), quinua (*Chenopodium Quinoa*) y amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus*) para incrementar su valor proteico. Tesis para optar el título profesional, Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda, Ecuador. 102 pp.
- Barrón-Yáñez, M.R.; Villanueva-Verduzco, C.; García-Mateos, M.R.; Colinas-León, M.T. 2009. Valor nutritivo y contenido de saponinas en germinados de huauzontle (*Chenopodium nuttalliae* Saff.), calabacita (*Cucurbita pepo* L.), canola (*Brassica napus* L.) y amaranto (*Amaranthus leucocarpus* S. Watson syn. *hypochondriacus* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura* 3: 237-243.
- Bonilla, H.; Carbajal, Y.; Gonzales, M.; López, A. 2019. Determinación de la actividad insecticida de la saponina de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en larvas de *Drosophila melanogaster*. *Scientia Agropecuaria* 10(1): 39-45.
- Caldeira, T.; Bescoow, S.; Mello, C.; Faria, L.; Souza, M.; Guedes, H. 2015. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 19: 197-20.
- Caipo, Y.; Gutiérrez, A.; Julca, A. 2015. Optimización por diseño de mezclas de la aceptabilidad de una barra energética a base de quinua (*Chenopodium quinoa*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) evaluada en niños. *Agroindustrial science* 5(1): 61-67.
- Chaparro, D.; Portilla, P.; Elizalde, A.; Vivas, N.; Erazo, C. 2010. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Biocología en el sector agropecuario y agroindustrial* 8: 35-42.
- Comejo, F.; Novillo, G.; Villacrés, E.; Rosell, C.M. 2019. Evaluación de los cambios fisicoquímicos y nutricionales en dos especies de amaranto (*Amaranthus quitensis* y *Amaranthus caudatus*) después de la germinación. *Food Research International* 6(1): 11-21.
- Cruz, M. 2017. Aplicaciones de la Semilla Germinada de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la mejora Nutricional de los preparados Alimentarios. Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 33 pp.
- Delgado, L.; Barraza, G. 2014. Efecto de la proporción de *Chenopodium quinoa* (quinua), *Amaranthus caudatus* (kiwicha) y *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en la aceptabilidad general y el análisis proximal de una barra energética. *Cientifik* 2: 56-70.
- Dingstad, G.; Westad, F.; Naes, T. 2004. Three case studies illustrating the properties of ordinary least squares and partial least squares regression in different mixture models. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 71: 33-45.
- Elizalde, A.; Pismag, R.; Chaparro, D. 2011. Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8: 51-59.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf>
- García, A. 2018. Physical-sensory evaluation of cereal bar with quinua: a preliminary study. *Biomedical and biopharmaceutical research* 15: 25-36.
- López, M.; López, C.; González, V.; Cárdenas, S. 2012. Desarrollo floral del maíz in vitro durante la inducción y multiplicación de brotes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1171-1185.
- López, F.J.; Abellán, M.S.; Barnuevo, M.D.; García, C.; Contreras, C.J.; Aldegue, M.; Martínez, A. 2017. Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición Hospitalaria* 34(5): 1163-1169.
- Marcos-Filho, J. 2015. Fisiología de Sementes de Plantas Cultivadas. 2da Edición. Londrina, ABRATES. 600 pp.
- MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego. 2014. Disponible en: http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/cquinua/libro_anho_internacional_de_la_quinua_2013.pdf
- MINAGRI – Ministerio de Agricultura y Riego. 2015. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/444-granos-andinos/9380-historia-de-la-quinua>
- Muñoz, A. 2013. Año Internacional de la Quinua. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 79: 1-2.
- Pachari Vera, E.; Alca, J.J.; Saravia, G.R.; Campioni, N.C.; Alpuy, I.J. 2019. Comparison of the lipid profile and tocopherol content of four Peruvian quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) cultivars ("Amarilla de Marangani", "Blanca de Juli", INIA 415 "Roja Pasankalla", INIA 420 "Negra Collana") during germination. *Journal of Cereal Science* 8: 132-137.
- Padmashree, A.; Negi, N.; Handu, S.; Khan, M.A.; Semwal, A.D.; Sharma, G.K. 2018. Effect of germination on nutritional, antinutritional and rheological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Defence Life Sci. J.* 4: 55-60.
- Pereira, E.; Encina-Zelada, C.; Barros, L.; Gonzales-Barron, U.; Cadavez, V.; CFR Ferreira, I. 2019. Caracterización química y nutricional de los granos de *Chenopodium quinoa Willd* (quinua): una buena alternativa a los alimentos nutritivos. *Food Chemistry* 280: 110-114.
- Placentino, C. 2004. Barras de cereal: ¿una opción saludable? Departamento de Dietética y Alimentación - Hospital de Clínicas "José de San Martín". Disponible en:

<https://www.qenti.com/barras-de-cereal-una-opcion-saludable/>
Ramírez, E. 2015. Elaboración de sopa deshidratada a partir de germinado y hojas de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) y arveja (*Pisum Sativum*). Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina, Perú. 102 pp.

Steffolani, M.; Bustos, M.; Ferreyra, M.; León, A. 2017. Evaluación

de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de barras de cereal con quinua. *Agriscientia* 34: 33-43.

Vega, C.; Quino, J. 2016. El Tiempo de Remojo, Germinación y Secado en la retención de proteína en la quinua (*Chenopodium Quinoa*) Malteada. Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Huánuco, Perú. 377 pp.

