

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA  
AGRONÒMICA Y DEL MEDIO NATURAL**



**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE BARRRITAS CON  
ALTO CONTENIDO PROTEICO CON INCORPORACIÓN  
DE HARINA DE GRILLO**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER  
MÁSTER EN INGENIERIA AGRONÓMICA**

**Alumno: Alberto Álvarez Miguel**

**Tutora: Ana M<sup>a</sup> Albors Sorolla  
Cotutora: M<sup>a</sup> Eugenia Martín Esparza**

**Curso Académico: 2018/2019**



**TÍTULO:** Desarrollo y evaluación de barras con alto contenido proteico con incorporación de harina de grillo

## **RESUMEN**

El objetivo del presente estudio es desarrollar un producto alimenticio con incorporación de harina de grillo. Para ello, se han diseñado distintas formulaciones de barras con alto contenido proteico a base de harina de grillo y se ha efectuado el estudio de las características fisicoquímicas de las mismas. Durante el estudio, se llevaron a cabo tres formulaciones de barras realizando sustituciones del 10, 15 y 20% del resto de componentes por harina de grillo. Se han caracterizado las harinas de grillo que se han utilizado en el desarrollo de los productos a estudiar. Los parámetros evaluados fueron: humedad, cenizas, dimensiones, peso de la pieza, textura y color en las barras elaboradas.

Todas las formulaciones de barras proteicas a base de harina de grillo obtenidas pueden denominarse como “alto contenido proteico” y también “alto contenido en fibra”. El análisis de textura ha mostrado un incremento en la dureza de las barras al aumentar la concentración de harina de grillo, no obstante, esta tendencia no mostró diferencias significativas debido a la gran variabilidad en las piezas. El análisis de color no mostró con un 95% de confianza diferencias significativas en las coordenadas CIE, si bien se ha observado una disminución en la luminosidad y un cambio de color hacia marrón de las barras al aumentar la concentración de harina de insecto.

**PALABRAS CLAVE:** Harina de grillo, barra proteica, textura, color.

**TÍTULO:** Development and evaluation of bars with tall proteinaceous content with incorporation of flour of cricket

### **SUMMARY**

The objective of the present study is to develop a food product with the addition of cricket flour. To this end, different formulations of bars with high protein content based on cricket flour have been designed and the physicochemical characteristics of these have been studied. During the study, three bar formulations were carried out making substitutions of 10, 15 and 20% of the rest of the components by cricket flour. The cricket flours that have been used in the development of the products to be studied have been characterized. The evaluated parameters were: humidity, ashes, dimensions, weight of the piece, texture and color in the elaborated bars.

All cricket flour protein bar formulations obtained can be referred to as "high protein content" and also "high fiber content". The texture analysis showed an increase in the hardness of the bars when increasing the concentration of cricket flour, however, this trend did not show significant differences due to the great variability in the pieces. The color analysis did not show a 95% difference in the CIE coordinates, although a decrease in brightness and a change in color towards the brown of the bars was observed when the concentration of insect meal increased.

**KEY WORDS:** Cricket flour, protein bar, texture, color.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi tutora Ana M<sup>a</sup> Albors Sorolla toda la ayuda prestada para la realización del presente trabajo, ya que gracias a su colaboración se ha podido llevar a cabo este TFM.

En segundo lugar, dar las gracias a las personas que más me han apoyado durante todos estos años de carrera como son mi madre María, mi hermana Cristina y mi tío Paco.

Por último, dedicárselo a la persona que me vio comenzar esta aventura de ser Ingeniero Agrónomo y por su apoyo incondicional, y que allí donde esté, seguro que estará muy orgulloso. Gracias Papá.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>I.1 Consumo de insectos</b> .....	<b>5</b>
<b>I.2 Valor nutricional</b> .....	<b>7</b>
<b>I.3 Harina de grillo</b> .....	<b>9</b>
<b>I.4 Aspectos medioambientales</b> .....	<b>10</b>
<b>I.5 Aspectos legales</b> .....	<b>13</b>
<b>I.6 Productos a base de harina de insectos en la Unión Europea</b> .....	<b>13</b>
<b>I.7 Barritas energéticas</b> .....	<b>14</b>
I.7.1 Definiciones.....	14
I.7.2 Tipos de barritas energéticas.....	14
I.7.3 Mercado de barritas .....	15
I.7.4 Aspectos nutricionales de las barritas.....	16
<b>II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO</b> .....	<b>17</b>
<b>II.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>17</b>
<b>II.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	<b>17</b>
<b>II.3 PLAN DE TRABAJO</b> .....	<b>18</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
<b>III.1 MATERIAS PRIMAS Y FORMULACIÓN DE PRODUCTO</b> .....	<b>19</b>
<b>III. 2 PREPARACIÓN DE LAS BARRITAS PROTEICAS</b> .....	<b>20</b>
<b>III. 3. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA HARINA Y LAS BARRITAS</b> .....	<b>22</b>
III.3.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de <i>Achaeta domesticus</i> .....	22
III.3.2 Caracterización fisicoquímica de las barritas .....	23
III.3.2.a. Humedad .....	23
III.3.2.b. Análisis de cenizas.....	23
III.3.2.c. Peso .....	23
III.3.2.d. Dimensiones .....	24
III.3.3 Análisis de la textura .....	24
III.3.4 Análisis de color .....	24
III.3.5. Análisis estadístico.....	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>25</b>
<b>IV.1 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DE LA HARINA DE <i>Achaeta Domesticus</i> Y DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES</b> .....	<b>25</b>
<b>IV.2 ANÁLISIS FISCOQUÍMICO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRITAS</b> .....	<b>26</b>
<b>IV.3 ANÁLISIS TEXTURA</b> .....	<b>28</b>
<b>IV.4 ANÁLISIS COLOR</b> .....	<b>29</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>32</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción general de los aminoácidos presentes en insectos comestibles en comparación con los requeridos en la nutrición humana (mg/g de proteína). Fuente: Rumpold, 2013.....	7
Tabla 2. Presencia de aminoácidos esenciales en cereales, frutos secos y harina de grillo frente al valor óptimo en adultos. Fuente: (FAO 2013). .....	9
Tabla 3. Producción de CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> equivalentes y NH <sub>3</sub> por Kg de masa ganada de cinco especies de insectos, vacuno y cerdo. Fuente (Oonincx et. al.2010).....	12
Tabla 4. Principales barras energéticas internacionales y su composición nutricional. Fuente: Carranza., et. al.2017. ....	16
Tabla 5. Principales barras proteicas y su composición nutricional en 100g. Fuente: Portal My Protein.....	16
Tabla 6. Composición de ingredientes empleados en la formulación de barras proteicas según declaración del envase (g/100g de porción comestible).....	19
Tabla 7. Diseño experimental de las formulaciones de las barras proteicas elaboradas (g/100g). .....	20
Tabla 8. Composición de harina de grillo empleada en la formulación de barras proteicas. ....	25
Tabla 9. Humedad de las materias primas que constituyen las barras. ....	26
Tabla 10. Composición nutricional de las barras proteicas según balance de materia de los ingredientes incorporados en su elaboración (g/100g).....	27
Tabla 11. Media y desviación del contenido en humedad, cenizas, dimensiones y peso de las barras. ....	27
Tabla 12. Media y desviación estándar de la Fuerza máxima en el ensayo de compresión. ....	28
Tabla 13. Media y desviación estándar del color de las barras. ....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de especies consumidas en diferentes países. Fuente: (FAO 2013). ...	6
Figura 2. Porcentaje de insectos consumidos en todo el mundo. Fuente: (FAO 2013). Future prospects for food and feed security.....	6
Figura 3. Eficiencia en la conversión de alimentos en peso vivo y porcentaje comestible de grillos, aves de corral, cerdo y vacuno. (Barras amarillas: Kg alimento/ Kg de peso vivo. Barras moradas: Kg de alimento/ Kg de peso comestible). Fuente: (Van huis et.al. 2013). .....	11
Figura 4. Cantidad de agua requerida para producir 1 Kg de proteína en distintas fuentes. (Fuente: Bitty 2016).....	12
Figura 5. Alimentos elaborados mediante incorporación de harina de insectos en Europa. Fuente: Lensvelta y Steenbekkers 2014.....	13
Figura 6. Diagrama de flujo de la elaboración de las barritas proteicas.....	22
Figura 8. Medias e intervalos LSD de la dureza de la masa de las barritas frente al % de harina de grillo. ....	28
Figura 9. Diagrama cromático L* a* de las barritas elaboradas.....	29
Figura 10. Imagen de las barritas proteicas con 10, 15 y 20% de harina de grillo. ....	30
Figura 11. Diagrama cromático a* b* de las barritas elaboradas. ....	30

## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace miles de años los seres humanos han consumido insectos para cubrir sus necesidades alimenticias. De hecho, en la actualidad, muchas culturas siguen alimentándose tal y como lo hacían sus antepasados pese a la reticencia y escepticismo que este hábito todavía genera en gran parte de occidente.

Las Naciones Unidas han manifestado recientemente que la población mundial llegará a 9600 millones de personas en 2050 (Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, División de Población, 2013), lo que conllevará un aumento de los alimentos y de la producción de piensos a nivel mundial, incrementándose la presión sobre el sector de producción de ganado. Diversos estudios han llegado a la conclusión de que esta causa tendrá un impacto negativo en el medioambiente (Alston, Beddow y Pardey, 2009; FAO, 2006). Por este motivo, el consumo de insectos podría ser una solución factible a factores como el medioambiente, la escasez de carne y, por consecuencia, a la hambruna que se producirá a mediados del siglo XXI.

### I.1 Consumo de insectos

El reciente interés generado por la entomofagia, es decir, por el consumo de insectos, es un hábito que, hoy en día, está suscitando mucha expectación, como se puede observar en la cantidad de artículos científicos y divulgativos que se pueden encontrar en revistas y diarios referente a su consumo. Actualmente, se estima que los insectos son consumidos por dos mil millones de personas en todo el mundo (Van Huis et al., 2013), e incluso, alimentos elaborados a partir de insectos se están empezando a comercializar tanto en EE.UU como en Europa. A fecha de hoy, se ha contabilizado la existencia de más de 2100 especies de insectos comestibles en la literatura (Jongema, 2017) los cuales pueden ser consumidos de diversas maneras: enteros o molidos, en forma de polvo o pasta o en otra forma de ingredientes alimentarios. En Europa, ciertas especies de insectos se calculan como reemplazo parcial de las fuentes convencionales de proteínas de animales en los alimentos y los piensos (Rumpold y Schlüter, 2013).

Los países del sudeste asiático son los que copan los primeros puestos en el consumo de insectos en el mundo. De todos ellos, Tailandia presenta una producción de 7500 t/año mientras que Camboya se muestra en torno a 800 t/año debido al cultivo de insectos, grillos principalmente. En sus granjas han creado un modelo de cultivo, alimentación y recolección hasta lograr establecerse como un negocio sólido y rentable. Un dato que destaca es que, solo en Tailandia, esta iniciativa alcanza la notable cifra de 30 millones de dólares estadounidenses anuales en ventas (Marwaan. M, 2015). A continuación, como se puede observar en la figura 1, se presenta una estimación sobre la cantidad de insectos comestibles hallados en distintos lugares del mundo, según FAO (2013) y Jongema (2012).

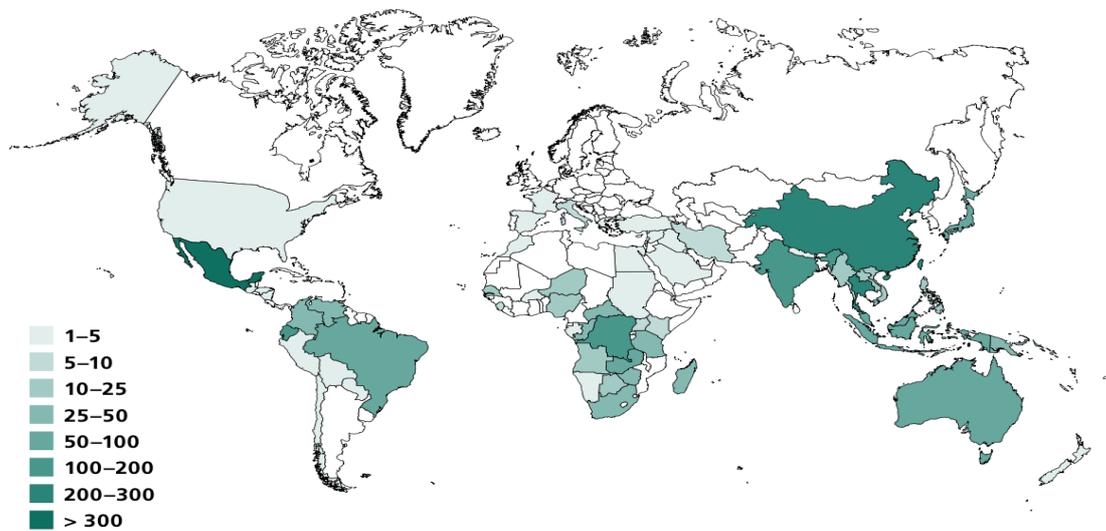


Figura 1. Cantidad de especies consumidas en diferentes países. Fuente: (FAO 2013).

En la figura 2, podemos observar la clasificación de insectos mayoritariamente consumidos en todo el mundo, donde la orden predominante corresponde a un 31% de coleópteros (escarabajos), seguida de un 18% de lepidópteros (orugas y mariposas). Los himenópteros (abejas, avispas y hormigas) aparecen en tercer lugar con un 14%, por delante de los ortópteros (saltamontes, langostas, grillos y termitas), que representan el 13%. A continuación, se encuentran los hemípteros (cigarras) con un 10%, los odonata (libélulas) con un 3% y, por último, los dípteros (moscas) con un 2%. Sin embargo, los grillos, las langostas y los gusanos de la harina (forma larvaria del escarabajo gusano de la harina) corresponden a los insectos comúnmente más cultivados. (Sogari, 2015). El consumo de insectos ha sido una forma olvidada en el tiempo, pero esencial para que la humanidad pudiera sobrevivir a lo largo de los años, afrontando las inclemencias del clima y la disponibilidad limitada de proteína animal (Sutton, 1995).

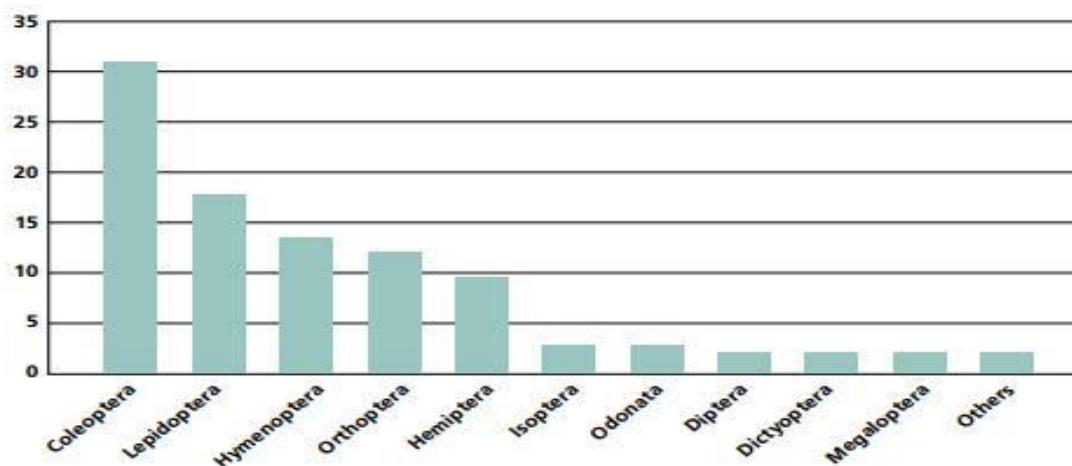


Figura 2. Porcentaje de insectos consumidos en todo el mundo. Fuente: (FAO 2013). Future prospects for food and feed security.

## I.2 Valor nutricional

En la actualidad, los insectos están despertando un gran interés respecto a su composición nutricional como una fuente rica, viable y sostenible de proteínas comestibles, así como de grasas, energía, vitaminas y minerales. Las proteínas de la dieta son la fuente primordial de aminoácidos, de especial relevancia para la salud humana y contribuye a multitud de funciones fisiológicas. Por lo tanto, el mayor reto nutricional es la provisión de proteínas y energía. (Alexandratos y Bruinsma, 2003; Klunder, et al., 2012; van Huis et al., 2013). Se ha determinado que la proteína de insecto tiene un gran potencial nutricional, ya que son ricas en aminoácidos esenciales (Belluco et al., 2013; Blasquez, Moreno y Camacho, 2012; Finke, 2002; Rumpold y Schlüter, 2013; Verkerk et al., 2007). En la tabla 1, se muestran los diferentes porcentajes de aminoácidos de los insectos comúnmente más consumidos en todo el mundo en comparación con los aminoácidos que se requieren en la nutrición humana, como se indica en un informe de la (OMS 2007). Los insectos seleccionados presentan un alto contenido en aminoácidos, concretamente con fenilalanina y tirosina satisfaciendo de este modo las necesidades de las personas exceptuando una disminución en metionina. Sin embargo, otras especies pueden llegar a contener altas cantidades de lisina, triptófano y treonina que a su vez son deficientes en los cereales (Kourimská y Adámková 2016).

Tabla 1. Descripción general de los aminoácidos presentes en insectos comestibles en comparación con los requeridos en la nutrición humana (mg/g de proteína). Fuente: Rumpold, 2013.

Aminoácidos (mg/g proteína)	His	Ile	Leu	Lys	Meth + Cys	Phe + Tyr	Thre	Tryp	Val
<b>Lepidópteros</b> (mariposas, polillas)									
<i>Imbrasia epimethea</i> (oruga)	19,7	28,6	81	74,2	41,1	140	48	16	102
<i>Usta terpsichore</i> (oruga)	n.d	108,7	91,3	91	24,2	88,9	50,8	6,6	75,8
<i>Bombyx mori</i> (larvas de gusano de seda)	25,8-29,5	32,3-33	48,9-52,7	47,3-50	21,6-22,6	60,2-62,5	28,4-31,2	6,8-7,5	39,8-40,9
<i>Bombyx mori</i> (pupas de gusano de seda)	27-35,4	34-46,1	62-70,6	61-77,2	36,3-48	102-122	39-45,3	15-19	47-52,2
<i>Galleria mellonella</i> (larvas de gusano)	22,4-23,4	41,6	70,8-87,9	56-57,1	23,4-40,4	91,3-100	36-41,8	8,5-8,7	48,2-54
<b>Ortóptera</b> (grillos)									
<i>Acheta domesticus</i> (ninfas)	22,1-25,7	40,6-42,9	72,6-95,5	53,9-62,3	21,4-24,6	83,1-94,9	35,7-38,9	5,2-6,3	49,4-60
<i>Acheta domesticus</i> (grillos adultos)	22,7-23,4	36,4-45,9	66,7-100	51,1-53,7	22,9-29,3	74,2-80,5	31,1-36,1	6,3-7,6	48,4-52,2
<b>Coleópteros</b> (escarabajos)									
<i>Tenebrio molitor</i> (larvas de gusano de la harina)	31,6	50,3	106,4	54,5	21,4	109,8	41,8	8	58,8
<i>Rhynchophorus phoenicis</i> (larvas del gorgojo de la palma)	11	24-77,5	47-58,9	42-63,9	22,6-46	46,4-125	28,6-29	5,1	41-54,9
<b>Isópteros</b> (termitas)									
<i>Macrotermes Bellicosus</i> (termitas)	51,4	51,1	78,3	54,2	26,2	74	27,5	14,3	73,3
<b>Himenópteros</b> (Abejas, avispas, hormigas)									
<i>Atta mexicana</i> (hormigas)	25	53	80	49	N.D	88	43	6	64
Cría de abejas	23,4	45,7	70,2	61,7	42,6	78,7	33	9,6	52,1
<b>Necesidad de aa nutrición humana</b>	15	30	59	45	22	30	23	6	39

His:histidina,Ile:isoleucina,Leu:leucina,Lys:lisina,Meth:metionina,Cys:cistina,phe:fenilalanina,Tyr:tirosina

Según un estudio realizado, el contenido promedio de proteína que contienen los insectos alcanza entre el 50-82% (peso seco) (Shabel,2010), un porcentaje superior a la carne de ternera, pollo, cerdo o cordero (Srivastava et al., 2009). El contenido de grasa de los insectos generalmente se encuentra entre un 10-30 % del peso húmedo (Defoliart, 1991), siendo este porcentaje mayoritario en los estadios de larva y pupa que en la etapa adulta posterior (Chen et al., 2009). Cabe destacar que los isópteros (termitas) y los lepidópteros (orugas) se encuentran entre los insectos con mayor contenido de grasa (Defoliart,1992). La grasa de los insectos está constituida en gran parte por triacilglicérols, representando entorno al 80 % de la misma. En concreto, esta característica de la grasa les proporciona a los insectos tener una reserva de energía en momentos de alta actividad como ocurre cuando tienen que realizar vuelos largos. En cambio, los fosfolípidos el segundo grupo de mayor relevancia forman parte de las membranas celulares como lípidos estructurales y engloban entorno al 20 % del total del contenido graso de los insectos (Tzompa-Sosa et al. 2014). Con respecto a la composición de ácidos grasos de los insectos comestibles, la cantidad de ácidos grasos insaturados es superior a la de saturados (incluyendo omega 3 y 6).

En referencia al contenido de micronutrientes, se muestran altos contenidos de potasio, calcio, hierro y magnesio (Shabel,2010) y de selenio (Finke,2002), así como riboflavina, ácido pantoténico, biotina y en casos excepcionales ácido fólico (Rumpold y Schlüter 2013; Fontaneto et al.2011; Christensen et al., 2006). Resaltar el alto contenido en hierro que poseen las termitas mientras que la mayoría de insectos comprenden parcialmente un mayor contenido en hierro y calcio que la carne de vacuno, cerdo y pollo (Sirimungkararat et al, 2010). Además del hierro, mencionar que los insectos también son ricos en zinc (Defoliart,1992), por lo que se llegó a la conclusión de que el consumo de insectos podría mitigar la escasez de hierro y zinc en los países en desarrollo (Christensen et al, 2006). Citar que los insectos también proporcionan varias vitaminas, un ejemplo es la cría de abejas que son ricas en vitamina A y D, y las orugas que a su vez también son especialmente ricas en vitaminas B1, B2 y B6 (Shabel,2010).

Gran parte de las composiciones nutricionales nombradas anteriormente conciernen de insectos recolectados en la naturaleza, por lo que las investigaciones futuras deberán ir encaminadas a encontrar composiciones nutricionales de insectos comestibles cuando estos sean alimentados en condiciones de cría intensiva a escala industrial. Según estudios realizados se determinó que el perfil nutricional de los insectos viene condicionado en función de la composición de su dieta (Rumpold y Schlüter 2013). Es relevante el hecho de que se puedan implementar en su dieta desechos orgánicos para la posterior contemplación de su perfil nutricional, al igual que se deberá verificar y garantizar la seguridad para la comercialización, ya que resultaría un avance muy importante con un doble objetivo, uno, servir de alimento, y otra como una vía de descontaminación y de reciclado. Además, cabe destacar que son bastante higiénicos respecto a los diferentes tipos de ganado más convencionales. Un ejemplo claro lo tenemos en la producción de insectos en las granjas de EE.UU y Europa que no presentan *Salmonella sp.*, *Listeria sp.*, *E. Coli* o *Staphylococcus aureus* (A. T. Dossey et al 2016).

En definitiva, el consumo de insectos puede ser una solución para sustituir la carne de origen animal como fuente de proteína. Asimismo, el aporte de aminoácidos y micronutrientes podrían ser de gran ayuda en países subdesarrollados donde la escasez de alimentos y por consiguiente la desnutrición infantil es un hecho muy frecuente en pleno siglo XXI. Aproximadamente, 178 millones de niños menores de 5 años presentan un nivel de desnutrición en todo el mundo (Negro et al.,2008). Tales efectos afectan en gran medida al crecimiento a largo plazo de una comunidad en lo que se refiere a salud, economía y bienestar social.

### I.3 Harina de grillo

La harina de grillo es un producto de origen animal, en concreto de *Acheta domesticus*, comúnmente conocido como grillo doméstico que se utiliza como ingrediente alimenticio para consumo humano y que, últimamente, está a la vanguardia como una fuente alternativa de proteína frente a las ya tradicionales harinas de pescado, soja y cereales. El grillo *Acheta domesticus* contiene proteínas de alta calidad, llegando a constituir un 65% de la harina de grillo (Finke et al. 1989). Además, es omnívoro y sencillo de cultivar.

En lo que respecta a la calidad del prótido, se observó que la proteína del grillo doméstico *Acheta domesticus* era superior a la proteína de la harina de soja en todos los niveles de ingesta cuando se procedía a alimentar a ratas destetadas (Finke et al.,1989).

En la tabla 2 se reflejan 6 de los 9 aminoácidos esenciales para el ser humano que contiene la harina de grillo, aminoácidos que el cuerpo no es capaz de producir y, por consiguiente, es necesario conseguirlos a partir de alimentos, los cuales todos sobrepasan el patrón óptimo de aminoácidos por gramo de proteína recomendado por la FAO a excepción de la metionina cuyo porcentaje se consideró deficiente, en comparación con los aminoácidos que presentan los diferentes cereales como el arroz, la avena, los frutos secos como la nuez u otros frutos como el coco.

Tabla 2. Presencia de aminoácidos esenciales en cereales, frutos secos y harina de grillo frente al valor óptimo en adultos. Fuente: (FAO 2013).

	Cantidad aminoácidos esenciales (mg/g de proteína)						
	Valor Óptimo (adultos)	Arroz	Avena	Cacahuete	Nuez	Coco	Harina de grillo
Histidina	16	21	24	24	15,8	20,1	73,2
Isoleucina	30	41	39	34	20,5	35,2	-
Leucina	61	82	76	64	-	62,7	182,6
Lisina	48	38	45	35	-	26,5	56,8
Metionina + Cisteína	23	36	43	25	155,8	28,4	10,8
Fenilalanina + Tirosina	41	10,5	82	89	35,4	62,7	135,6
Treonina	25	38	34	26	17,4	30,7	55,8
Triptófano	6,6	12	33	10	-	8,2	-
Valina	40	61	55	42	34,2	51,3	-

La FAO requiere la necesidad de incluir la suma de los aminoácidos metionina + cisteína, debido a que la metionina se necesita para producir cisteína, si ésta no se encuentra en la dieta, por tanto, el valor se requiere en el patrón puede ser cubierto por cualquiera de los dos aminoácidos individualmente o por la suma de ambos. De la misma manera ocurre en el caso de los aminoácidos fenilalanina + tirosina, en la que la fenilalanina produce tirosina cuando ésta presenta valores muy bajos en la dieta.

Por lo que respecta a los aminoácidos de la harina de grillo, estos solo cuentan con metionina, pero no contienen cisteína, de igual modo solo posee tirosina, pero carece de fenilalanina. No obstante, con su contenido de tirosina supera el valor de aminoácidos. También contiene aminoácidos como la lisina y la treonina, aminoácidos limitantes en algunas variedades de leguminosas y cereales.

El segundo nutriente más importante después de la proteína son las grasas con un 22% en la composición de la harina de grillo. Su riqueza en ácidos grasos monoinsaturados los hacen poseedores de unos beneficios nutricionales en cuanto a la prevención de enfermedades cardiovasculares. No obstante, también contienen un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 que ayudan en la disminución del colesterol.

Por otra parte, es conveniente resaltar que la harina de grillo es rica en distintos micronutrientes como el cobre, hierro, fósforo, magnesio, selenio, zinc y calcio. Además, presenta un alto contenido en vitamina B12, muy relevante para el propio metabolismo de las proteínas y el consecuente desarrollo y formación de glóbulos rojos. Asimismo, incorpora un contenido importante en fibra.

Por último, en referencia a la digestibilidad y asimilación de la proteína de la harina de grillo, es necesario establecer que es mucho más elevada que la de la proteína de la carne. La harina de grillo en peso seco aporta entre un 65%-70% de proteína pura, en comparación con la de la carne que solo proporciona entre un 17% y 40% de proteína. El hecho de que la harina no contenga gluten hace que su digestión sea más fácil (Fagua, D.C. 2017).

#### I.4 Aspectos medioambientales

El hecho de que la producción mundial de carne se haya multiplicado por dos entre los años 1980 a 2004 y continúe con una tendencia de crecimiento elevada conlleva un impacto negativo en los ecosistemas debido a un aumento en la demanda de piensos para el ganado y en el uso excesivo de los recursos naturales como el suelo, el agua, etc. El consumo indiscriminado que se hace tanto del agua como de la tierra para el mantenimiento del ganado convencional en la producción de alimentos y de piensos obligan a tener en cuenta los impactos medioambientales en relación a la producción de gases de efecto invernadero. Los principales gases de efectos invernadero que están asociados con la producción de ganado son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Indira y Srividya 2012). Por lo que corresponde a la contribución global de las emisiones generadas por el ganado, se determinó que 1 kg de carne de vaca tiene un impacto medioambiental muy elevado cuando se mide en términos de CO<sub>2</sub> eq (14,8 kg), seguido del cerdo con (3,8 kg) y por último de la aves de corral con (1,1 kg) (Steinfeld *et al.* 2006). Esto ha generado un aumento en la ingesta de insectos en muchas partes del mundo como una solución alternativa (Gracer, 2010), no obstante, también puede deberse a la creciente urbanización o a cambios en los hábitos de consumo de la sociedad.

Por lo que respecta a los insectos, una de las ventajas de su consumo es que tienen una elevada eficiencia de conversión alimenticia, que son los kilogramos de alimento que se necesita para aumentar en 1 kg la masa y además su alimentación puede condicionarse a subproductos industriales y cereales (Van Broekhoven *et al.*, 2015). Esto es debido a que la mayoría de los insectos son poiquiloterms, es decir, no gastan la energía que ingieren en mantener su calor corporal, como lo hacen las aves y los mamíferos. En relación a los grillos, en nuestro caso a la

especie *Acheta Domesticus*, son el doble de eficientes que por ejemplo las aves de corral y 12 veces más eficientes que las vacas en convertir el alimento en carne (FAO 2015).

Por otra parte, en términos de porcentaje que puede ser aprovechado como alimento, los insectos copan el puesto más alto con un 80%, en segunda posición tendríamos a las aves de corral, seguidas de los cerdos y del ganado vacuno con un 55 y 40 % respectivamente (Van Huis et al.2013) como se puede observar en la figura 3.

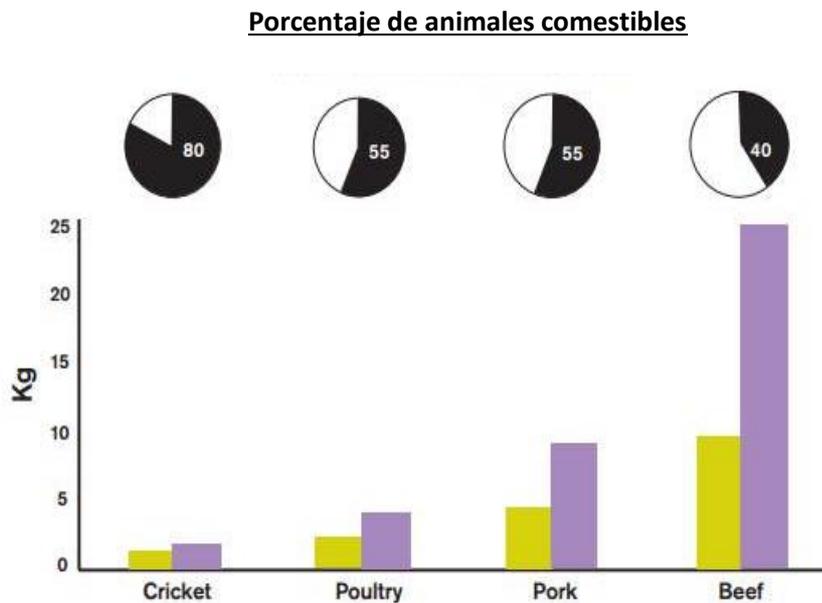


Figura 3. Eficiencia en la conversión de alimentos en peso vivo y porcentaje comestible de grillos, aves de corral, cerdo y vacuno. (Barras amarillas: kg alimento/ kg de peso vivo. Barras moradas: kg de alimento/ kg de peso comestible). Fuente: (Van huis et.al. 2013).

Otra de las ventajas de la producción de insectos es que es más sostenible que las fuentes convencionales de proteínas, con lo que respecta a las emisiones de gases de efecto invernadero (Van Zanten et al, 2015). No obstante, algunas especies de insectos pueden llegar a producir gases de efecto invernadero, aunque muy inferiores en comparación con las del ganado convencional. En la tabla 3. se reflejan las emisiones de las especies de insectos más usadas para su producción en masa como *T. Molitor*, *A. Domesticus* y *Locusta migratoria* notablemente inferiores respecto a las de cerdo y vacuno (Ooninx et al.2010).En nuestro caso en concreto, los gases que emiten los grillos por 1 kg de masa ganada en cuanto a metano, óxido nitroso y dióxido de carbono son valores prácticamente muy reducidos en comparación con los valores que presentan el ganado vacuno y porcino contribuyendo de este modo en la emisión de gases perjudiciales a la atmosfera y generando cantidades relevantes de amoniaco responsable de la nitrificación y acidificación de los suelos.

Tabla 3. Producción de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> equivalentes y NH<sub>3</sub> por kg de masa ganada de cinco especies de insectos, vacuno y cerdo. Fuente (Oonincx et. al.2010).

Especie	CH <sub>4</sub> (g/kg masa ganada)	N <sub>2</sub> O (mg/kg masa ganada)	CO <sub>2</sub> (g/kg masa ganada)	NH <sub>4</sub> (mg/día/kg masa ganada)
Pachnoda marginata (n=4)	4.9 ± 1,96	1,03 ± 1,06	121,86 ± 49,09	3 ± 4,8
Tenebrio molitor (n=4)	0,1 ± 0,03	25,5 ± 7,70	7,58 ± 2,29	1 ± 2
Blaptica dubia (n=3)	1,4 ± 0,3	5,7 ± 4,05	37,54 ± 8,01	54 ± 31,1
<b>Achetta domesticus</b> (n=4)	0,0 ± 0,09	5,3 ± 6,05	1,57 ± 1,8	142 ± 184,5
Locusta migratoria (n=6)	0,0 ± 0,11	59,5 ± 104,8	17,72 ± 31,22	36 ± 10,8
Cerdo	1,92 - 3,98	106 -3457	79,59 ± 1,130	1140 -1920
Vacuno	114	N/A	2,850	N/A

Por último, la cantidad de agua consumida en la producción en masa de grillos es mucho más eficiente que el resto de fuentes de proteínas consumidas. Como se puede observar en la figura 4, en el caso de la carne de vacuno, para producir 1kg de proteína se necesitan aproximadamente 10000 L de agua, sin embargo, para producir la misma cantidad en proteína de grillo se requieren únicamente alrededor de 4 L de agua (Bitty, 2016). 1 galón equivale a 4 L aproximadamente.



Figura 4. Cantidad de agua requerida para producir 1 kg de proteína en distintas fuentes. (Fuente: Bitty 2016).

Estas ventajas medioambientales han generado un notable interés por los insectos comestibles, como consecuencia, la cría masiva a nivel industrial de insectos se ha expandido muy rápidamente, llevando a garantizar una calidad constante, una producción higiénica y sobretodo una mayor rentabilidad, que nos va a permitir tener la seguridad para el consumo humano. (Kim et al., 2017).

## I.5 Aspectos legales

A partir del 1 de enero de 2018, se procedió a normalizarse la aplicación del nuevo reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos, el cual deroga y reemplaza el reglamento (CE) 258/97 del parlamento Europeo y del consejo y el reglamento (CE) nº 1852/2001 vigentes hasta la fecha del 31 de diciembre de 2017, que impedía la autorización de la comercialización de los insectos como alimentos regulados y aprobados por la Unión Europea. De esta forma, podemos considerar según el Artículo 3 apartado V. que se pueden obtener alimentos a partir de insectos enteros y sus partes en todos los estados miembros de la Unión Europea. Del mismo modo se ha informado que los insectos contienen alrededor 35-61% de proteínas, 15-40 % de grasas y 3-10% de minerales respectivamente (Rumpold y Schluter,2013).

## I.6 Productos a base de harina de insectos en la Unión Europea.

Lensvelta y Steenbekkers (2014), propusieron nuevos métodos para introducir los insectos en la alimentación y reducir de esta forma la neofobia y la percepción negativa que se tiene de los mismos. Por ello, llevaron a cabo transformarlos en harinas para posteriormente ser incorporados y mezclados en alimentos que ya son populares como las hamburguesas, snacks o salsas.

Y son las harinas de insectos, concretamente de grillos de las especies *Acheta domesticus* y *Gryllobas sigillatus*, así como de los escarabajos, *Zophobas morio* y *Tenebrio molitor* que se están utilizando en países desarrollados para la elaboración de hamburguesas, pastas, snacks, pizzas, salsas, barras y batidos de proteína entre muchos otros. En la figura 5, se muestra una serie de alimentos elaborados en Europa a través de la incorporación de harinas de insectos.



Figura 5. Alimentos elaborados mediante incorporación de harina de insectos en Europa. Fuente: Lensvelta y Steenbekkers 2014.

## I.7 Barritas energéticas

### I.7.1 Definiciones

Se entiende por barras de cereales en copos o expandidos los productos alimenticios elaborados a base de granos de cereales sanos, limpios y de buena calidad, enteros, o sus partes o molidos, preparados mediante técnicas que se indican en el artículo 7º perteneciente al reglamento técnico-sanitario para la elaboración, circulación y comercio de cereales en copos o expandidos. La presente definición está vigente en el Real Decreto de 26 de junio (RD 1094/1987).

Según Estévez, Escobar y Ugarte (2000), una barra de cereales estándar contiene una base de avena triturada, miel, aceite de soya, trigo entero, cebada triturada, triticale triturado, coco seco sin dulzor, láminas de arroz entero, suero de leche deslactosado y saborizante de malta; además pueden utilizarse cereales expandidos, diversas frutas y nueces y como agentes ligantes, edulcorantes naturales o materias grasas.

Según Iñárritu y Vega 2001, las barras energéticas o barras de cereales son alimentos funcionales; alimentos combinados, enriquecidos o fortificados, ya que debido a los compuestos bioactivos del producto contribuyen al beneficio de la salud disminuyendo el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, cáncer, diabetes, hipertensión, etc.

Las ventajas de las barras son múltiples: su peso es muy reducido, pueden guardarse en cualquier bolsillo, térmicamente presentan bastante estabilidad ya que aguantan mejor el calor y el frío sin necesidad de aislante térmico. Una de sus mayores virtudes es que se deshacen en la boca y sobretodo se digieren fácilmente. Otra de sus cualidades es que es una opción muy saludable para cubrir las necesidades de nutrientes sin complicaciones. Y por último es un buen aporte de calorías ante la actividad física (Martínez Egeas, 2012).

### I.7.2 Tipos de barras energéticas

La clasificación de las barras energéticas se puede realizar en función de diversos criterios:

- Según el nutriente principal de la barra energética, que no ha de ser siempre el mayoritario:
  - Barritas hidratarbadas: su contenido en este macronutriente alcanza la mitad de todo el producto en cuestión. Sin embargo, algunas marcas pueden llegar a contener hasta más del 70%.
  - Barritas proteicas: aunque su contenido hidratarbado sea elevado, debido a la cantidad de proteínas que presenta es necesario que se disponga en este apartado. El porcentaje proteico oscila entre 5-20%.
- Según el ingrediente característico de la barra energética:
  - Barritas de cereales: avena, muesli, trigo, maíz, arroz.
  - Barritas con chocolate.
  - Barritas con multifrutas.

Cada tipo de barra, está elaborada pensando en un determinado objetivo. De esta forma las barras hidrocarbonadas en cuestión están diseñadas para su uso en deportes intensos y prolongados (Arantza Ruiz de las Heras, 2015). Por el contrario, las barras proteicas en cuya composición nutricional predominan las proteínas están destinadas a deportes donde el uso de la fuerza es la principal herramienta.

En el presente trabajo llevado a cabo de la barra de harina de grillo con un alto contenido proteico su clasificación está destinada a barras de elevado contenido proteico, según el reglamento (CE) Nº 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.

### 1.7.3 Mercado de barras

Las barras energéticas o de cereales distribuidas en el mercado presentan mucha diversidad en cuanto a su composición, como se ha descrito en el apartado anterior. En la actualidad, la demanda de alimentos inocuos, nutritivos y saludables es cada vez mayor en todo el mundo y comer una dieta equilibrada es una forma correcta para prevenir problemas de salud como la obesidad, la diabetes, la malnutrición etc. (Carranza et al. 2017). Un estudio llevado a cabo por la empresa Technavio analizó el mercado de barras de cereales y concluyó que el mercado llegara a facturar 14 mil millones de dólares para el 2020, siendo el mercado más importante el de América, destacando Estados Unidos y Canadá. Europa es la segunda región más importante. La categoría de barras de cereales se divide en tres subsectores como son: barras de snack, barras nutricionales y otras barras. Muchos fabricantes han desarrollado barras con atributos como libre de, reducido en azúcar, bajo en grasas, enriquecido en proteína, con fibras o con un aporte significativo de ácidos grasos omega-3. En los próximos años se estima que los mercados emergentes impulsaran el crecimiento de esta categoría. Con una tasa de urbanización cada vez más alta y una clase media en desarrollo, un número creciente de consumidores buscará alimentos procesados de conveniencia como barras de cereales para facilitar estilos de vida más apurados. Las personas se han vuelto más preocupadas y cautelosas con respecto a su salud y estado físico y están prestando más atención al contenido nutricional de los alimentos que consumen.

Respecto a los canales de venta, los supermercados son el canal más significativo, con más del 58% de las ventas. Otros canales relevantes son las tiendas convencionales, máquinas de alimentos y tiendas especializadas en nutrición y en alimentos sanos. Unas de las empresas más importantes en esta categoría son Atkins Nutritionals, Cliff Bar, General Mills, Kellogg's, Nestlé y Quaker Oats (Mercado global de barras de cereales, 2016).

Según la revista NutraSolutions del 2004 al 2014 el mercado de las barras de cereal ha aumentado el 50 % en Estados Unidos siendo el sector de los adultos el que aumentó su consumo de estos productos un 11%. En el Reino Unido para el 2017 se espera que el mercado de las barras supere el umbral del billón de dólares y continúe expandiéndose en diferentes submercados de las barras, entre ellos cabe destacar las de 100 cal de proteína, reemplazo de la carne y de sabores y mezclas especiales (AGR, 2014).

#### I.7.4 Aspectos nutricionales de las barras

En la tabla 4, se muestra la composición nutricional de barras energéticas con mayor relevancia en el mercado internacional (Bazurto et al., 2017).

*Tabla 4. Principales barras energéticas internacionales y su composición nutricional en 100g. Fuente: Carranza., et. al.2017.*

		Energía (kcal)	Hidratos carbono (g)	Azúcares (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)
Powerbar	Energy Bar ( Chocolate)	364	66,0	38,0	13,4	4,3
	Energy Bar ( Banana Punch)	368	71,6	42,5	10,5	4,0
	Natural Energy Cereal (Cacao crunch)	389	65,5	20,0	8,6	9,0
	Natural Energy Cereal (Strawberry Cranberry)	385	68,7	25,5	7,9	7,5
Multipower	Fruit Power	344	74,0	47,0	4,0	3,4
	Energate	440	56,0	45,0	13,0	18
Isostar	Long Energy Cereales y Fruta	389	71,3	31,0	5,0	8,9
	High Energy Multifrutas	395	72,3	37,1	4,9	9,3
226ers	Endurance Fuel Bar (Chocolate)	334	63,2	50,0	4,9	5,9
	Salty Snack Bar (Indian)	371	65,1	41,6	7,1	9,1
Hacendado	Muesli con chocolate	359	51,2	26,2	5,7	15,6
	Mueli con albaricoque y yogur	340	75,6	29,2	6,0	4,0

Según Olivera et al. (2015) en trabajos recientes llegó a la conclusión que mayoritariamente los productos comerciales en este caso las barras de cereales o energéticas, su promedio en el contenido de proteínas es de tan solo 5,5%, y su calidad proteica sería muy pobre en la medida de que provienen directamente de cereales (arroz, avena, maíz, etc.). En la investigación que llevo a cabo logro realizar una barra de cereal con 15,7% de proteína, muy por encima del promedio registrado, teniendo como fuente de proteínas de alta calidad nutricional la ovoalbúmina, debido a que al poseer un alto contenido en lisina permitiría complementarse con las proteínas de cereales deficientes en este aminoácido esencial.

Por lo que respecta a las barras de proteínas, se distinguen de las energéticas o de cereales por su alto contenido proteico a nivel nutricional. En la tabla 5, se muestran diferentes barras denominadas proteicas presentes en el mercado, donde muchas de las cuales superan el 20 % de proteína en la barra.

*Tabla 5. Principales barras proteicas y su composición nutricional en 100g. Fuente: Portal My Protein.*

		Energía (kcal)	Hidratos carbono (g)	Fibra (g)	Proteínas (g)	Grasas (g)
Myprotein	High protein bar	322	29	13	38	7,9
	The carb crusher	352	20	18	35	14
	Protein Choc Chunky	464	12	23	29	29
Prozis	Zero bar	596	9,20	4,80	15,20	4,40
Amix nutrition Amix	Carb protein bar	242	14,8	5,3	20,1	10,1
	Max pro	134	15,75	11	9,1	4,2
NutriSport	Proteica	407	40	15	32	13
Weider	High protein	318	19,6	12,8	40,5	8,7

## II. OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

### II.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo ha sido desarrollar y evaluar una barrita con harina de grillo (*Acheta domesticus*) como principal fuente proteica, para obtener un producto alimenticio con un alto contenido proteico a base de esta harina.

### II.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diseñar diferentes formulaciones de barritas incorporando distintos porcentajes de harina de *Acheta domesticus* en sustitución de otros componentes ricos en proteína para obtener un producto enriquecido de calidad.
2. Realizar las pruebas preliminares necesarias para llevar a cabo una estandarización de la proporción de los ingredientes en la formulación, así como las condiciones de operación en el proceso de elaboración.
3. Analizar los cambios producidos por la incorporación de harina de *Acheta domesticus* en la humedad, cenizas, dimensiones, peso de la pieza, textura (compresión) y color (coordenadas CIE L\*a\*b\*) de las barritas elaboradas.

## II.3 PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo y las tareas específicas para la obtención de los objetivos propuestos son:

1. Revisión bibliográfica de la siguiente temática: propiedades nutricionales de insectos comestibles, harina de *Acheta domesticus*, barritas, propiedades fisicoquímicas, análisis sensorial, color y textura de las barritas alimenticias.
2. Desarrollar formulaciones de barritas incorporando diferentes porcentajes de harina de *Acheta domesticus* en sustitución de otros componentes ricos en proteína, ajustando las proporciones de ingredientes para lograr un producto alimenticio altamente proteico y de calidad aceptable.
3. Estandarizar las condiciones del proceso en cada una de las etapas de elaboración de la masa de las barritas para de este modo conseguir una masa laminable, manejable y gomosa. Estandarizar el proceso de obtención de las barritas y el proceso de enfriamiento de las mismas para lograr un producto de calidad.
4. Estudiar la influencia de la incorporación de harina de grillo (*Achaeta domesticus*) por la sustitución parcial del resto de ingredientes en las distintas formulaciones de las barritas proteicas.
  - 4.1 . Realización de un diseño de sustituciones del 10, 15 y 20% del resto de componentes por harina de grillo (*Achaeta domesticus*).
  - 4.2 Caracterización de la harina de insecto en cuanto a humedad, cenizas, contenido en fibra y grasa.
  - 4.3 Obtención de masas para la elaboración de barritas proteicas a partir de las formulaciones del diseño experimental del punto 4.1.
  - 4.4 Determinación en el producto final elaborado de la humedad, cenizas, dimensiones, peso de la pieza, textura (compresión), y color (coordenadas CIEL \*a\*b\*).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### III.1 MATERIAS PRIMAS Y FORMULACIÓN DE PRODUCTO

Para la elaboración de las barras se emplearon las siguientes materias primas: harina de grillo, dátiles, pasas, miel, almendras, pistachos, cacahuets, semillas de calabaza y cacao, las cuales se adquirieron en un supermercado local a excepción de la harina cuya compra se realizó on-line.

Por lo que respecta al origen de las distintas materias primas, la harina de grillo procede de la empresa Mophagy (Reino Unido); los dátiles al igual que las pasas, las almendras, los cacahuets y los pistachos son de la marca Hacendado y provienen de la compañía Importaco (Beniparrell, Valencia). La miel de mil flores de la marca Hacendado procede de la empresa Apisol S.A (Montroy, Valencia); las semillas de calabaza son de la marca Natur Green de Laboratorios Almond S.L. (Librilla, Murcia) y por último, el cacao de la marca La Chocolatera pertenece a la empresa Chocolates Valor S.A. (Villajoyosa, Alicante).

La composición química de los diferentes ingredientes empleados se resume en la tabla 6 según la declaración nutricional descrita en el etiquetado por el fabricante.

Tabla 6. Composición de ingredientes empleados en la formulación de barras proteicas según declaración del envase (g/100g de porción comestible).

Ingrediente	Proteína	Hidratos Carbono	Grasas	Fibra Total
Almendras <sup>1</sup>	25,3	5,4	50,9	11,2
Cacahuets <sup>1</sup>	29,5	7,6	48,6	9,3
Cacao <sup>1</sup>	26,0	16	16	6,0
Dátiles <sup>2</sup>	1,10	87,8	0,2	8,0
Harina de grillo <sup>1</sup>	59,0	8,40	24,0	6,0
Miel <sup>2</sup>	0,38	75,1	0,1	-
Pasas <sup>2</sup>	2,8	73,0	1,0	4,20
Pistachos <sup>1</sup>	21,6	11,0	52,5	11,4
Semillas de calabaza <sup>1</sup>	32,9	13,6	42,10	5,3

<sup>1</sup> ricos en proteína; <sup>2</sup> ricos en carbohidratos

Los ingredientes empleados para aportar valor proteico a la barra, además de la harina de grillo, fueron los frutos secos (almendras, cacahuets, semillas de calabaza y pistachos) así como el cacao en polvo desgrasado que proporcionará ese sabor tan característico a la barra. Para aportar los carbohidratos se introdujeron los ingredientes habituales en este tipo de productos tales como los dátiles, las pasas y la miel. En base a variaciones en estos ingredientes se ajustaron las composiciones finales de las barras proteicas.

En la tabla 7 se muestra el diseño experimental de todas las formulaciones de barras con alto contenido proteico a base de harina de grillo.

Tabla 7. Diseño experimental de las formulaciones de las barras proteicas elaboradas (g/100g).

Ingredientes	F 10	F 15	F 20
Harina de grillo	10	15	20
Almendras	5	5	5
Cacahuets *	10	8	6
Cacao	6	6	6
Dátiles	20	20	20
Miel	5	5	5
Pasas	22	22	22
Pistachos	4	4	4
Semillas de calabaza *	18	15	12

\* Ingredientes sustituidos al incorporar harina de grillo en las formulaciones.

El estudio de investigación presentó 3 formulaciones distintas que contienen distintos porcentajes en cuanto a la cantidad de harina de grillo incorporada en las elaboraciones. Las formulaciones se diseñaron realizando sustituciones del 10, 15 y 20% de los siguientes componentes: cacahuets y semillas de calabaza, por harina de grillo hasta ajustar a un valor suficiente de contenido proteico para ser denominadas de “alto contenido proteico”. El contenido en cacao, miel, dátiles, pasas, almendras y pistachos se mantuvo invariable. Tal y como se describe en el apartado 1.7.2, con referencia a la composición de las barras proteicas, en el reglamento (CE) N° 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos solamente podrá declararse que un alimento posee un alto contenido de proteínas, así como efectuarse cualquier otra declaración que pueda tener el mismo significado para el consumidor, si las proteínas aportan como mínimo el 20% del valor energético del alimento. Esta declaración nutricional se cumple para todas las formulaciones incluidas en el presente trabajo. En cada lote de elaboración se obtenían 3 barras por formulación. Todas las formulaciones se llevaron por triplicado.

### III. 2 PREPARACIÓN DE LAS BARRITAS PROTEICAS

El proceso de elaboración de las barras se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto de Alimentos para el desarrollo de la Universitat Politècnica de Valencia. El proceso de elaboración se llevó a cabo en las mismas condiciones y está constituido por las siguientes etapas:

Etapa 1: Selección y medición de los ingredientes.

Se comprobó el correcto estado de los ingredientes antes de su utilización y se pesaron en una balanza Modelo PFB 300-3 (Kern Sohn GmbH, Balingen) con una precisión  $\pm 0,001g$ .

Etapa 2: Mezclado de los ingredientes.

Esta etapa constó de tres fases en las cuales se llevaba a cabo la mezcla de los ingredientes mediante el uso de un equipo Thermomix modelo TM-31 (Vorwerk España M.S.L., S.C., Madrid).

En la primera fase, se mezclaron y trituraron los frutos secos como las almendras, los pistachos, los cacahuetes y semillas de calabaza durante dos tiempos de mezclado.

El primero a 18 s a velocidad 5 y el segundo durante 7 s a velocidad 5,5, puesto que el objetivo es que los frutos secos no estén totalmente triturados y obtener de este modo una buena homogeneización en la granulometría de los mismos. Posteriormente, se extrajeron de la Thermomix y se mantuvieron en un bol aparte.

Seguidamente, mediante el uso del mismo equipo de Thermomix se procedió a mezclar los ingredientes dulces, como los dátiles, las pasas y la miel, además del cacao y la harina de grillo durante 10 s a velocidad 6.

Por último, se introdujo la mezcla de los frutos secos dentro de la Thermomix y se mezcló junto con la mezcla formada por los ingredientes dulces y la harina de grillo durante 5 s a velocidad 6.

### Etapa 3: Amasado, laminación y compactación

Una vez obtenida la masa en la operación de mezclado, se vertió sobre una bandeja para posteriormente proceder con el amasado manual durante dos minutos para compactar la masa. A continuación, mediante un rodillo se laminó la masa y, con la ayuda de un molde rectangular, se procedió a compactar longitudinalmente la masa para darle la forma de una barrita.

### Etapa 4: Enfriado.

Después de haber obtenido la masa de la barrita con forma longitudinal en la bandeja, se cubrió con papel de aluminio y se introdujo en la nevera para su refrigeración a una temperatura de 8 °C. La variabilidad del tiempo de refrigeración dependió de la composición de la formulación, así como la temperatura ambiente a la cual se había realizado la elaboración del producto. El tiempo óptimo de refrigeración era el necesario para que la lámina de producto resultara endurecida al tacto y permitiera el corte. El tiempo de esta etapa osciló entre las 24 y las 72 horas de permanencia en condiciones de refrigeración hasta que la barrita se mostró firme al corte.

Etapa 5: Cortado. Una vez refrigerada la masa, se procedió al cortado de la misma con un cuchillo afilado obteniéndose así piezas de 8 cm de largo y 2 de ancho. De cada lámina se obtenían 3 barritas.

En la figura 6, se muestra un diagrama de flujo con las etapas del proceso de elaboración de barritas proteicas.

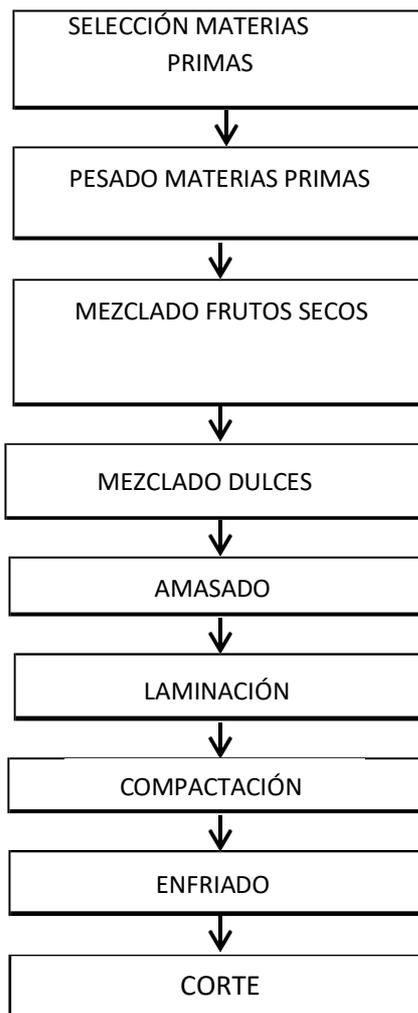


Figura 6. Diagrama de flujo de la elaboración de las barras proteicas.

### III. 3. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LA HARINA Y LAS BARRITAS

#### III.3.1 Caracterización fisicoquímica de la harina de *Achaeta domesticus*

Debido a la importancia de la harina de grillo en el desarrollo de la presente investigación y su relevancia en el objetivo del estudio llevado a cabo, se realizó su caracterización en los laboratorios del Instituto de Alimentos para el desarrollo.

La harina de grillo (*Achaeta domesticus*) en cuanto a su contenido en humedad, proteínas, grasas y cenizas utilizando los correspondientes métodos establecidos por la Asociación Americana de

Químicos de cereales (AACC, 2009). La fibra total se determinó con un kit enzimático K-TDFR (Megazyme Ltd., Irlanda). Por último, los carbohidratos digeribles se calcularon por diferencia. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado.

### III.3.2 Caracterización fisicoquímica de las barritas

#### III.3.2.a. Humedad

Este parámetro se analizó mediante el método gravimétrico AACC 44-40 (AACC, 2009), el cual consiste en determinar la pérdida de peso de una muestra entre 0,5 y 1,5 gr de masa aproximadamente. Cuando es sometida a una temperatura de 105° C en una estufa cuando la muestra corresponde a la harina de grillo y a los distintos frutos secos o por el contrario fijando una temperatura de 60 ° C cuando la muestra corresponde a (dátiles, pasas y miel) hasta alcanzar de esta manera un peso constante.

#### III.3.2.b. Análisis de cenizas

La determinación del porcentaje de cenizas de las barritas se realizó por medio de la incineración en la mufla. Para llevar a cabo la técnica se pesaron entre 3 y 5 gr de muestra de las barritas por triplicado y se agregaron a los crisoles previamente pesados. A continuación, se introdujeron en la estufa a 105° C para desecar la muestra durante dos horas. Una vez pasado este tiempo, se retiró la muestra de la estufa y se llevó a un desecador para bajar la temperatura durante 1 hora. Finalmente, se introdujeron los crisoles con la muestra en la mufla a una temperatura de 550 ° durante cinco horas, para que se calcine la muestra. Después de este tiempo se retiró la muestra de la mufla y se dispuso en un desecador durante dos horas para, posteriormente, pesar los crisoles para determinar la cantidad de cenizas en el alimento.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{P3 - P1}{P2 - P1} \times 100 \quad (\text{ec. 3})$$

**P1:** *Peso crisol vacío (g)*

**P2:** *Peso crisol + muestra antes de calcinar (g)*

**P3:** *Peso crisol + muestra después de calcinar (g)*

#### III.3.2.c. Peso

El peso de cada barrita se determinó después de la etapa de refrigeración, empleando una balanza de precisión 0,001g modelo PFB 300-3 (Ken & Sohn GmbH, Balingen). La medida se realizó por triplicado para cada formulación.

#### III.3.2.d. Dimensiones

Las dimensiones de las barritas en cuanto altura (h), anchura (a) y longitud (l) se obtuvieron usando un pie de rey modelo PCE-DCP 200N (PCE ibérica S.L. Tobarra, Albacete) con una sensibilidad de 0,02 mm. La medición se realizó después de la etapa de refrigeración. La medida se realizó por triplicado para cada formulación.

#### III.3.3 Análisis de la textura

La textura se analizó con el Texturometro Analizador Universal de Textura TA.XT2 (Stable Micro Systems, Godalming, UK) equipado con un ordenador provisto del software Texture Exponent Versión 1.22 (Stable MicroSystems) para poder visualizar los resultados obtenidos. Se realizó un test (prueba) de compresión de acuerdo al método 74-09 (AACC, 2009) mediante una sonda de 2,5 cm de diámetro bajo las siguientes condiciones de medición: celda de compresión de 500 N y velocidad del cabezal 1,66 mm/s; con una deformación del 40%. Por último, se registraron los valores de fuerza (N) requerida para comprimir la muestra hasta el 40% de su espesor original. Este ensayo se realizó por triplicado.

#### III.3.4 Análisis de color

Para el análisis de color de las barritas post enfriamiento se utilizó un espectrocolorímetro (modelo MINOLTA, CM 3600D, Tokio, Japón) previamente calibrado con un negro y un blanco estándar, utilizando como referencia el observador 10º y el iluminante D65, realizando medidas por triplicado de las muestras tanto por delante como por detrás. A partir de estos espectros de reflexión, se recogieron los datos de coordenadas de color CIE L\*a\*b\*, que representa un sistema cartesiano formado por tres ejes. L\* hace referencia al eje vertical, que representa la medida de la luminosidad, a\* es uno de los dos ejes horizontales (-a\*= verde; y +a\*= rojo) y b\* (-b\*= azul; y +b\*=amarillo) es el otro eje horizontal. A partir de los valores de L\*, a\* y b\* se obtienen los atributos de color, croma (C\*) y tono (h). La medida se realizó por sextuplicado para cada formulación.

$$C^* = (a^* + b^{*2})^{1/2} \quad (\text{ec } 1)$$

$$h = \text{arc tan } (b^* / a^*) \quad (\text{ec. } 2)$$

#### III.3.5. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados obtenidos en las distintas formulaciones, se lleva a cabo un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 95% y empleando para las comparaciones el test LSD. Los datos se analizaron por medio del Software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI Versión 16.1.17. (Statpoint Technologies, Inc., 2011).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### IV.1 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA HARINA DE *Achaeta Domesticus* Y DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DE LOS COMPONENTES

Según lo descrito en el apartado de materiales y métodos III.3.1, en la tabla 8 se muestran las medias y las desviaciones típicas de los parámetros analizados, en cuanto a la composición de la harina de grillo empleada en la formulación de las barritas proteicas.

*Tabla 8. Composición de harina de grillo empleada en la formulación de barritas proteicas.*

<b>Componente</b>	<b>%</b>
Nitrógeno Total	7,7 (0,3)
Proteína (%)	57,8 (1,7)
Grasa (%)	20,8 (2,2)
Fibra Total (%)	9,3 (0,3)
Cenizas (%)	5,7 (-)
Humedad (%)	8,7 (-)

*\* Para la conversión de nitrógeno en proteína se empleó el factor 6.2*

Se puede observar que la harina de grillo contiene un alto porcentaje de proteína, seguido de la grasa y en menor porcentaje del contenido de fibra total. Por lo que corresponde a las cenizas y al extracto de nitrógeno total, el cual este último comprende en su mayoría a los carbohidratos que son digeribles, son porcentajes relativamente bajos en relación con el de la proteína. En relación a otras harinas de origen animal, la harina de grillo tiende a permanecer estable a humedades más bajas en comparación con la harina de pescado, ya que esta última únicamente puede deshidratarse hasta alcanzar un 10 % de humedad (Windsor,2001). La harina de pescado por debajo del 10 % de humedad presenta inestabilidad, es proclive a la oxidación y tiene cierta facilidad a incendiarse espontáneamente (Windsor,2001).

En cuanto a los carbohidratos de la harina de grillo, su principal componente es la quitina, el cual constituye el exoesqueleto del insecto. Investigaciones llevadas a cabo han llegado a la conclusión que la quitina se puede unir a los lípidos de la dieta, reduciendo de esta manera el colesterol y los triglicéridos en la sangre, con el objetivo de que se aprecie una disminución de los lípidos en el intestino (Koide, 1998). Por el contrario, en la actualidad no se han realizado estudios determinantes sobre el consumo de quitina en forma de insectos comestibles, no obstante, sí que han hallado quitinasa en estómagos de humanos (Koide,1998). Cabe mencionar que la harina de grillo presenta ventajas sobre la de pescado, debido a que los grillos solamente necesitan consumir 19 % de proteína para obtener de ellos el 68 % de la proteína que generan (Caparros et al,2013), entretanto el pescado únicamente alcanza esa cifra cuando su dieta en proteína es del 39 % (Windsor,2001).

En la tabla 9, se muestran los porcentajes de humedad de las distintas materias primas empleadas para la elaboración de las barritas. En el etiquetado de las materias primas no consta, en la mayoría de los casos el valor de humedad, si bien está puede obtenerse por balance de materia como diferencia con el resto de componentes indicados. No obstante, esto añade un error importante al balance realizado para conocer la composición de las barritas formuladas en base solo a la de los componentes declarados en su etiquetado.

Tabla 9. Humedad de las materias primas que constituyen las barritas.

Ingrediente	Humedad Experimental (%)
Almendras	3,7 (0,8)**
Cacahuetes	3,3 (0,4)**
Cacao	4,92(0,11)**
Dátiles	10,5 (0,2)*
Harina de grillo	8,7 **
Miel	5,9 (0,3)*
Pasas	7,8 (0,5)*
Pistachos	3,7 (0,8)**
Semillas de calabaza	5,8 (0,5)**

\* Determinada experimentalmente en laboratorio (60°C, AOAC, 2002).

\*\* Determinada experimentalmente en laboratorio (105°C, AOAC, 2002).

Las humedades experimentales de las materias primas se mostraron próximas a las obtenidas por el balance con el resto de componentes declarados. Se encontraron discrepancias importantes en algunas de ellas y se optó por emplear la humedad experimental en el cálculo de la composición de las barritas elaboradas.

## IV.2 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS BARRITAS

En la tabla 10, se muestra la composición nutricional de las barritas proteicas según el balance de materia de los ingredientes incorporados en su elaboración. Podemos observar que a medida que aumenta el porcentaje de 10, 15, 20 de harina de grillo en la composición nutricional de las diferentes barritas, su contenido en proteína va aumentando paulatinamente, así como las kilocalorías. En cuanto a los carbohidratos, se mantienen prácticamente estables, mayoritariamente debido a que en las composiciones nutricionales de las diferentes barritas se mantuvo invariable el contenido en las principales fuentes de carbohidratos como son los dátiles, las pasas y la miel. Por el contrario, las grasas, el segundo nutriente más importante en la harina de grillo, en este caso en concreto, fue disminuyendo a medida que aumentamos la cantidad de harina de grillo en las barritas, esto es como consecuencia de la sustitución de otros ingredientes que tienen un alto contenido en grasa como son los frutos secos por harina de grillo.

En cuanto a los cacahuetes y semillas de calabaza, si los hubiéramos mantenido constantes en contraposición de los dátiles, las pasas y la miel los resultados hubieran sido distintos. No obstante, aunque la harina de grillo contenga un buen porcentaje de grasa, el hecho de que disminuyamos las cantidades de frutos secos afecta ligeramente en la disminución del contenido final de grasa de las barritas.

Además del alto contenido proteico cabe destacar el alto contenido en fibra conseguido en las barras formuladas, otra propiedad interesante para este nuevo producto. El valor calórico es del orden de otras barras proteicas comerciales, tal y como se refleja en la Tabla 5 del apartado I.7.4 (Carranza, et. al.2017.).

*Tabla 10. Composición nutricional de las barras proteicas según balance de materia de los ingredientes incorporados en su elaboración (g/100g).*

<b>Formulación</b>	<b>Energía (kcal)</b>	<b>Proteína</b>	<b>HC</b>	<b>Grasa</b>	<b>Fibra Total</b>	<b>Agua</b>
<b>F 10</b>	415	20,2	42,0	20,9	6,1	6,9
<b>F 15</b>	417	20,7	42,0	19,7	6,0	7,2
<b>F 20</b>	420	22,1	41,9	18,6	5,9	7,4

En la tabla 11, se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica en cuanto a contenido en agua y cenizas, así como la caracterización de las dimensiones características y el peso de las barras formuladas.

*Tabla 11. Media y desviación del contenido en humedad, cenizas, dimensiones y peso de las barras.*

	<b>Humedad (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>	<b>Alto (mm)</b>	<b>Longitud (mm)</b>	<b>Anchura (mm)</b>	<b>Peso (g)</b>
<b>F 10</b>	12 (1)	4,04 (0,4)	11,0 (0,9)	74,1 (13,3)	25,2 (2,2)	28,8 (5,9)
<b>F 15</b>	13 (0)	4,5 (0,4)	10,9 (1,0)	80,3 (1,4)	25,3 (8,4)	30,3 (2,8)
<b>F 20</b>	14 (1)	5 (0,3)	10,7 (1,6)	81,1 (0,9)	25,9 (1,6)	33,2 (0,9)

Las dimensiones de las barras no fue uniforme en gran medida debido a la dificultad del proceso de laminado por la dureza de la masa. Sería conveniente hacerlo mediante una laminadora. El peso de las piezas se encuentra entorno a los 30 gramos.

La humedad de las barras se encuentra en torno al 12-14 % para todas las formulaciones obtenidas, este valor es cercano al exigido por la Reglamentación Técnico-Sanitaria Real Decreto de 26 de junio (RD 1094/1987) en relación a los productos con cereales para el desayuno, la cual indica que ésta debe ser menor al 12%. En cuanto a las cenizas, se ha observado una tendencia a aumentar su contenido al aumentar la incorporación de harina de grillo en la formulación. Esto puede explicarse por el alto contenido en minerales de esta harina, esta variación ha sido observada por otros autores (Blanco et al. 2016).

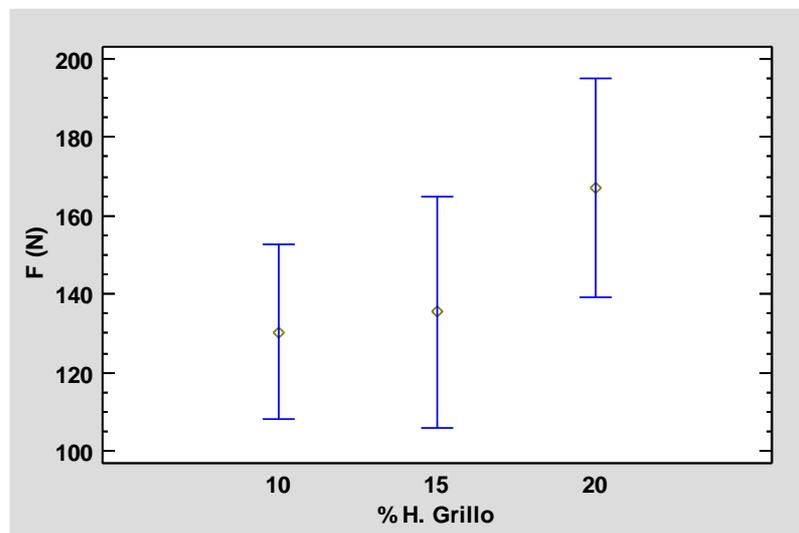
### IV.3 ANÁLISIS TEXTURA

En la tabla 12, se muestran los resultados de los ensayos de compresión en las barras formuladas de los ensayos realizados según el método descrito en el apartado III.3.3, en cuanto a la media y desviación estándar de la Fuerza máxima. En la figura 8, se muestra el gráfico de las medias e intervalos LSD al 95% de confianza para dicho parámetro.

Tabla 12. Media y desviación estándar de la Fuerza máxima en el ensayo de compresión.

	Fuerza (N)	d(mm)
<b>F 10</b>	130 ± 44 <sup>a</sup>	6,95 ± 0,84
<b>F 15</b>	135 ± 77 <sup>a</sup>	7,04 ± 2,39
<b>F 20</b>	167 ± 74 <sup>a</sup>	7,69 ± 0,46

Figura 7. Medias e intervalos LSD de la dureza de la masa de las barras frente al % de harina de grillo.



Se ha observado un incremento en la dureza de las barras al aumentar la concentración de harina de grillo, si bien esta tendencia no mostró diferencias significativas debido a la gran variabilidad en las piezas. Esto puede deberse a la gran dificultad en realizar una buena homogeneización en la fase de formado y laminado, unido a la estructura de la matriz de la barra por la distribución aleatoria de los fragmentos de frutos secos.

#### IV.4 ANÁLISIS COLOR

En la tabla 13, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de las coordenadas CIE en las barras formuladas, llevados a cabo tal y como se describe en el apartado III.3.4 de materiales y métodos. Se ha observado una disminución en la luminosidad de las barras al aumentar la concentración de harina de insecto (Figura 9), si bien este efecto si bien no fue significativo estadísticamente si es evidenciado ante la observación del producto (Figura 10).

Tabla 13. Media y desviación estándar de las coordenadas CIE de las barras.

	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>C</b>	<b>h</b>
<b>F 10</b>	29 (4) <sup>a</sup>	7 (2) <sup>a</sup>	11 (4) <sup>a</sup>	13 (4) <sup>a</sup>	56 (6) <sup>a</sup>
<b>F 15</b>	28 (11) <sup>a</sup>	6,3 (1,0) <sup>a</sup>	11 (3) <sup>a</sup>	13 (3) <sup>a</sup>	59 (6) <sup>a</sup>
<b>F 20</b>	27 (3) <sup>a</sup>	6 (2) <sup>a</sup>	10 (5) <sup>a</sup>	12 (5) <sup>a</sup>	56 (6) <sup>a</sup>

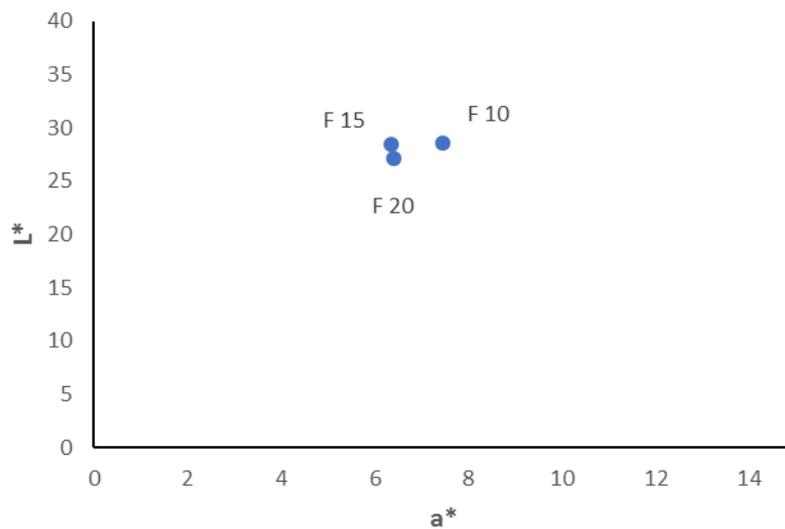


Figura 8. Diagrama cromático L\* a\* de las barras elaboradas.

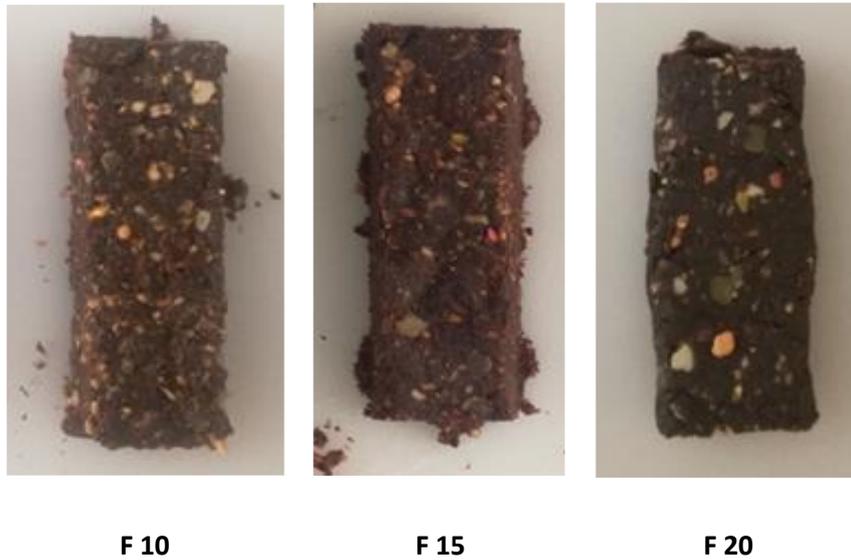


Figura 9. Imagen de las barras proteicas con 10, 15 y 20% de harina de grillo.

En la figura 11 se muestra el diagrama cromático a, b donde puede apreciarse que al aumentar la cantidad de harina de grillo el producto tiende hacia los marrones. En cuanto a la pureza de color y el tono no se encontraron diferencias significativas por efecto de la incorporación de harina de grillo.

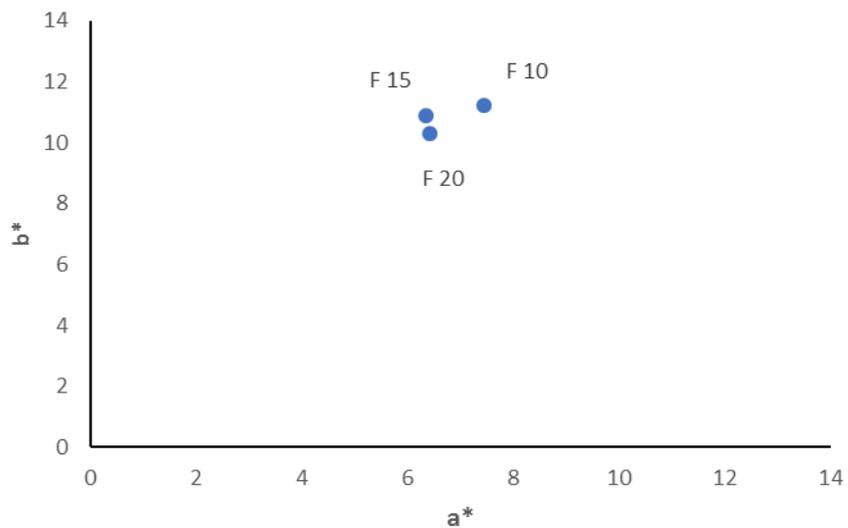


Figura 10. Diagrama cromático a\* b\* de las barras elaboradas.

## V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han diseñado tres formulaciones de barras proteicas con harina de grillo las cuales se han desarrollado con éxito a nivel de laboratorio. Se ha optimizado un proceso de elaboración dentro de la tecnología disponible.

Todas las formulaciones de barras proteicas a base de harina de grillo pueden denominarse en base al reglamento (CE) Nº 1924/2006 como “alto contenido proteico” y también “alto contenido en fibra”.

Se ha llevado a cabo la caracterización de la harina de grillo y las barras obtenidas. En cuanto al resultado obtenido en los ensayos de compresión puede afirmarse que si bien se ha observado un incremento en la dureza de las barras al aumentar la concentración de harina de grillo, esta tendencia no mostró diferencias significativas debido a la gran variabilidad en las piezas.

El análisis del color realizado a través de la medida de las coordenadas de color CIE  $L^*a^*b^*$  no se han encontrado diferencias significativas en dichas coordenadas, si bien se ha observado una disminución en la luminosidad y un cambio de color hacia marrón de las barras al aumentar la concentración de harina de insecto.

La variabilidad encontrada en los análisis se debe en gran medida por la dificultad en realizar una buena homogeneización en la fase de formado y laminado, unido a la estructura de la matriz de la barra por la distribución aleatoria de los fragmentos de frutos secos.

### **Propuestas de mejora:**

Durante el desarrollo del presente estudio se ha concluido que puede obtenerse el desarrollo de este tipo de barras reformulando el balance de materia, sustituyendo la fuente de carbohidratos por la harina de grillos. Además sería conveniente mejorar el proceso de laminado mediante algún sistema no manual y un mejor sistema de refrigeración.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

AACC. (2009). Approved Methods of Analysis 11<sup>th</sup> Ed. Método 44-40; 10-50.05. American Association of Cereal Chemists International Approved Methods of Analysis.

AGR (2014, February). *Consumer Trends – Snack Bars in the United Kingdom*. Global Analysis Report, Market Access Secretariat. Canada.

<http://www.agr.gc.ca/eng/industry-markets-and-trade/international-agri-food-market-intelligence/europe/market-intelligence/consumer-trends-snack-bars-in-the-united-kingdom/?id=1410083148653> [Consulta: 17 de Octubre de 2018]

Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2003). World agriculture: Towards 2015/2030: *An FAO perspective*. *Land Use Policy*, Vol 20, no 4, p. 1-147.

Alston, J.M., Beddow, J.M., & Pardey, P. G. (2009). Agricultural research, productivity, and food prices in the long run. *Science*, no 325, p. 1209- 1210.

*Amix Nutrition*. <https://www.amix.es/13-barritas-amix> [ Consulta: 5 de Noviembre de 2018]

Aragao, F.J.L. et al.(1999) Expression of a methionine- rich storage albumin from the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H.B.K., Lecythidaceae) in transgenic bean plants ( *Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). Brasilia, Brasil. *Genetics and Molecular Biology*. Vol. 22, no 3,p. 445-449.

Heras,A.R., (2015). “Barritas energéticas”. *WebConsultas*.  
<http://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/nutricion-deportiva/barritas-energeticas12142>

Heras,A.R., (2015). “Composición y tipo de barritas energéticas”  
<http://www.webconsultas.com/ejercicio-y-deporte/nutricion-deportiva/barritas-energeticas12142>

Bazurto,G.J.C.et al.(2017). Estudio de las preferencias del consumidor de barras energéticas de producción ecuatoriana, en el mercado de los angeles (EEUU).En *congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales.: CIANI 2017*.Universidad Pontificia Bolivariana, 2017.P.249-256.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review.

Bitty (2016). About Crickets. Unites States.  
<http://bittyfoods.com/collections/frontpage/products/>

Black, R. E.,Allen, L. H., Bhutta, Z. A., Caulfield, L. E., De Onis, M., Ezzati, M. (2008). Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. *The lancet*. Vol. 371, no 9608,p. 243-260.

Blanco, M., Dayana, A. y Carrillo D.F. (2016). "Desarrollo de una barra tipo granola a base de harina de grillo *Acheta domesticus* como principal fuente proteica." TFG. Universidad de Bogotá, Colombia.

Blásquez, J. R-E., Moreno, J. M. P., & Camacho, V. H. M. (2012). Could grasshoppers Be a nutritive meal? *Food and Nutrition Sciences*, Vol.3,no 2,p. 164-175.

Caparros Megido, R.,Alabi, T., Nieus, C., Blecker, C., Danthine,S., (2014). Optimization of cricket breeding production system for human food in Ratanakiri province (Cambodia).

Chávez y Ubidia (2015). *Elaboración y evaluación de la harina de grillo (Acheta domesticus) como sustituto de harina de pescado en dos líneas de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) durante la etapa de alevinaje*. Ecuador.p.23.

Chen, X., Feng, Y., & Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Research*, Vol.39, p.299-303.

Christensen, D.L., Orech, F. O., Mungai, M. N., Larsen, T., Friis, H., & Aagaard- Hansen, J. (2006). Entomophagy among the Luo of Kenya: A potential mineral source? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, Vol.57, p. 198-203.

D.A. Tzompa- Sosa, L. Y. Yi, H. J. F. Van Valenberg, M.A.J.S. Van Boekel, C. M. M. Lakemond (2014). Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent- based extraction methods. *Food Res. Int.*, Vol.62, p. 1087-1094.

Defoliart, G. ( 1991). Insect fatty acids: Similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. *The food Insects Newsletter*, Vol. 4, p. 1-4.

DeFoliart, G. (1992). Insects as human food. *Crop Protection*, Vol.11,p. 395- 399.

Del Carmen Iñarritu, M.,& Franco,L.V. (2001). Las barras de cereales como alimento funcional en los niños. *Revista mexicana de Pediatría* , Vol. 68, no 1.p.8-12.  
<https://es.scribd.com/doc/60747844/barras-energeticas/>

Dossey, A, T., Morales-Ramos, J. A., & Rojas, M. G. (Eds.) (2016). *Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications*. Academic Press.

España. Real Decreto 1094/1987, de 26 de junio, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración, fabricación, circulación y comercio de Cereales en Copos o Expandidos. *BOE*, 8 de septiembre de 1987, núm. 215, p 4.

Estévez, A., Escobar,A., Ugarte, A. (2000). *Utilización de cotiledones de algarrobo (Prosopis chilensis (Mol) Stuntz) en la elaboración de barras de cereales*.Dpto de Agroindustria y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. U. De Chile, Santiago, Chile

Fagua, Diego Cruz, 2017. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria. *PATROCINADOR OFICIAL*.P.64.

FAO (2013), *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. Rome. <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>

FAO. 2015. <http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/>. Fecha de acceso (20 junio 2017).

Finke, M.D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, Vol.21,no 3,p. 269-285.

Finke, M. D.,Defoliart, G., & Benevenga, N. J. (1989). Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. *The journal of Nutrition*, no. 119,p. 864-871.

Gracer, D. (2010). Filling the plates: Serving insects to the public in the United States. In P.B. Durst, D. V. . Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds.),*Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand, 19–21 February, 2008*,(p. 217-220).

*Global Cereal Bars Market* (2016). Núm. 00, enero 2016. London: TechNavio.

Indira, D., Srividya,G. Reducing the livestock related greenhouse gases emission. *Veterinary World*, 2012, Vol. 5, no 4, p 244.

Jongema, Y. (2012). List of edible insect species of the world. Wageningen, Laboratory of Entomology, Wageningen University.

Jongema, Y. Worldwide list of recorded edible insects. *Department of Entomology, Wageningen University & Research, The Netherlands*,2017.

Kim, H. W., Setyabrata, D., Lee, Y., Jones, O. G., & Kim, Y. H. B. (2017). Effect of house cricket (*Acheta domesticus*) flour addition on physicochemical and textural properties of meat emulsion under various formulations. *Journal of Food Science*, Vol. 82,no.12, p.2787–2793.

Koide,S.S. (1998). Chitin- chitosan: properties, benefits and risks. *Nutrition research*, 1998,vol.18, no 6, p. 1091-1101.

Kourimska, L., & Adamkova, A.(2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, Vol.4, p.22-26.

Klunder, H. C., Wolkers-Rooijackers, J., Korpela, J. M., & Nout, M. J. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*, Vol. 26,no 2. p. 628-631.

Manco (2006) *Cultivo de Sacha Inchi*. San Martin, Perú. <http://incainchi.es/pdf/1358.pdf>

Martínez Egeas, A. J. (2012). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de una barra energética a base de frutos secos con soya para el mercado de la ciudad de Quito*. 2012. Tesis de Licenciatura.

Marwaan. M. Thai farmers find more money to be made in edible bugs. *Asian review. Thailand*, 2015.

My Protein. <https://m.myprotein.es/nutrition/healthy-food-drinks.list> [ Consulta: 5 de Noviembre de 2018]

Nutrisport. <https://nutrisport.es/36-barritas> [ Consulta: 5 de Noviembre de 2018]

Olivera, et al. (2015). *Composición y perfil nutricional de barras de cereales comerciales*. Cátedra de Bromatología, Facultad de Farmacia y Bioquímica. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

[https://www.researchgate.net/publication/255366249\\_COMPOSICION\\_Y\\_PERFIL\\_NUTR\\_ICIONAL\\_DE\\_BARRAS\\_DE\\_CEREALES\\_COMERCIALES](https://www.researchgate.net/publication/255366249_COMPOSICION_Y_PERFIL_NUTR_ICIONAL_DE_BARRAS_DE_CEREALES_COMERCIALES) [Consulta: 10 de noviembre de 2018]

Oonincx D.; Van itterbeeck, J.; Heetkamp W.; Van Den Brand, H.; Van loon, A.; Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE* Vol. 5, no.12, p.144-145

Prozis. <https://www.prozis.com/es/es/categoria/nutricion-deportiva/barritas-proteicas-aperitivos-y-bebidas> [ Consulta: 5 de Noviembre de 2018]

Ramos Elorduy, J., Gonzalez, E.A., Hernández, A.R. & Pino, J.M. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, Vol.95, no 1, p. 214–220.

Romo, S., Rosero, A., Forero, C., Cerón E., y Pérez D. (2007). Potencial Nutricional de Harinas de Quínoa (*Chenopodium quinoa W*) Variedad Piartal en los Andes Colombianos Segunda Parte. *Bioteología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad del Cauca. Vol. 5, no.2, p. 44-53.

Rostagno et al. (2005), *Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 2 (Eds), p. 46.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, Vol. 57, no 5, p. 802-823.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 17, p. 1-11.

Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T., & Nattongkham, A (2010). Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds), *Forest insects as food: Humans bite back*. Bangkok, Thailand: FAO. p 189-200.

Sogari, G (2015). Entomophagy and Italian consumers: An exploratory analysis. *Progress in Nutrition*, Vol. 17 no 4, p. 311-316.

Sutton, M (1995). Archaeological aspects of insect use. Bakersfield, USA. *Journal of Archaeological Method and Theory* Vol.3, p. 253-298.

Schabel, H. G. (2010). Forest insects as food: A global review. In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: Humans bite back*. Bangkok, Thailand: FAO. p. 37-64.

Srivastava, S. K., Babu, N., & Pandey, H. (2009). Traditional insect bioprospecting – As human food and medicine. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, Vol 8, p. 485-494.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & Haan, C. D. (2006). *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*.

Unión Europea. Reglamento (CE) N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006, relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea, de 30 de diciembre de 2006, p L12/3-L12/18.

Unión Europea. Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, sobre nuevos alimentos, que modifica el Reglamento (UE) n°1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y deroga el Reglamento (CE) n° 258/97. Reglamento (CE) n° 1852/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y de la Comisión.

Van Broekhoven, S., Oonincx, D., van Huis, A., & van Loon, J. J. A. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (*Coleoptera: Tenebrionidae*) on diets composed of organic by-products. *Journal of Insect Physiology*, no.73,p. 1–10.

Van Huis, A (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, Vol. 58, no 1, p 563-583.

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects. Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Vol.171. Rome: Food and agriculture organization of the United nations (FAO).

Van Zanten, H. H. E., Mollenhorst, H., Oonincx, D., Bikker, P., Meerburg, B. G., & de Boer, I. J. M. (2015). From environmental nuisance to environmental opportunity: Housefly larvae convert waste to livestock feed. *Journal of Cleaner Production*, no.102, p.362–369

Verkerk, M. C., Tramper, J., Van Trijp, J. C. M., & Martens, D. E. (2007). Insect cells for human food. *Biotechnology Advances*, Vol 25, no 2, p. 198-202.

Weider. <https://www.weider.es/productos/catid/44/barritas> [ Consulta: 5 de Noviembre de 2018]

Windsor, M.L. (2001) Fish Meal. *Department of Trade and Industry, Torry Research Station*. Torry advisory note, 2001.