



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica  
i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, ETSIAMN  
Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos  
Curso académico 2020/2021

# **Caracterización fisicoquímica de chucula con incorporación de harina de insectos**

Ariadna Montoro Curado  
Valencia, julio 2021

Tutores académicos: D. Javier Martínez Monzó  
Dña. Purificación García Segovia  
Cotutora externa: Dña. Luz Indira Sotelo Díaz  
Directora experimental: Dña. Marta Igual Ramo

## CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE CHUCULA CON INCORPORACIÓN DE HARINA DE INSECTOS

**Autora:** Dña. Ariadna Montoro Curado

**Tutores académicos:** D. Javier Martínez Monzó, Dña. Purificación García Segovia

**Cotutora externa:** Dña. Luz Indira Sotelo Díaz

**Directora experimental:** Dña. Marta Igual Ramo

**Valencia, julio 2021**

### Resumen

El objetivo de este trabajo consiste en la formulación de una nueva variedad de chucula mediante la adición de harina de insectos a la receta original, aumentando así el valor proteico del producto. Posteriormente, se pretende contribuir al desarrollo y subsistencia de las poblaciones más desfavorecidas productoras de chucula, situadas en la Selva Amazónica Colombiana, transfiriéndoles el conocimiento del proyecto para su posterior comercialización.

La puesta en valor de la utilización de insectos como fuente de proteínas supone una parte imprescindible del proyecto, pero existen otros dos factores de vital importancia para la obtención de un producto estable: la solubilidad y la aceptabilidad.

Para la realización del trabajo experimental se han analizado un total de 27 muestras de chucula con harina de grillo añadida, cada una de las cuales presenta una proporción de ingredientes diferente obtenida en base al diseño de mezclas utilizado.

Se ha procedido a estudiar la humedad y la solubilidad con el fin de obtener datos sobre la composición y las características físicas del producto. Posteriormente, se ha analizado el contenido en proteína cruda y se han realizado diferentes pruebas fisicoquímicas tales como color y tamaño de partícula, las cuales han contribuido a la obtención de las características estructurales. Los valores de humedad se han situado en un rango de 0,94-3,04%, mientras que los de WAI y WSI han sido de 2,20-2,70 y 12,4-13,77%, respectivamente. Además, la adición de harina de grillo en el producto ha aumentado el contenido en proteína cruda y el tamaño de partícula de éste, por lo que se recomienda aumentar los tiempos de molienda en la elaboración de harinas de insectos si se desea aumentar su velocidad de disolución.

Por último, en Colombia se ha llevado a cabo un estudio de la imagen de la microestructura, conociendo así que la adición de harina de grillo en la chucula produce un aumento del contenido lipídico. La evaluación sensorial realizada con un panel de jueces semientrenados ha permitido conocer el grado de aceptabilidad del producto en una receta originaria de la región, el cual fue favorable a pesar de la diferencia visual presentada en las muestras.

**Palabras clave:** Cooperación, chucula, cacao, harina de grillo, proteína, sostenibilidad

## CARACTERITZACIÓ FÍSICOQUÍMICA DE CHUCULA AMB INCORPORACIÓ DE FARINA D'INSECTES

### Resum

L'objectiu d'aquest treball consisteix en la formulació d'una nova varietat de chucula mitjançant l'addició de farina d'insectes a la recepta original, augmentat així el valor proteic del producte. Posteriorment, es pretén contribuir al desenvolupament i la subsistència de les poblacions més desfavorides productores de chucula, situades a la Selva Amazònica Colombiana, transferint el coneixement del projecte per a la seua posterior comercialització.

La posada en valor de la utilització d'insectes com a font de proteïnes suposa una part imprescindible del projecte, però hi ha altres dos factors de vital importància per a l'obtenció d'un producte estable: la solubilitat i l'acceptabilitat.

Per a la realització de la feina experimental s'han analitzat un total de 27 mostres de chucula amb farina de grill afegida, cadascuna de les quals presenta una proporció d'ingredients diferent obtinguda basant-se en el disseny de mescles utilitzat.

S'ha procedit a estudiar la humitat i la solubilitat amb la finalitat d'obtenir dades sobre la composició i les característiques físiques del producte. Posteriorment, s'ha analitzat el contingut en proteïna crua i s'han realitzat diferents proves fisicoquímiques com color i mida de partícula, les quals han contribuït a l'obtenció de les característiques estructurals. Els valors d'humitat s'han situat en un rang de 0,94-3,04%, mentre que el de WAI i WSI han sigut de 2,20-2,70 i 12,4-13,77%, respectivament. A més, l'addició de farina de grill en el producte ha augmentat el contingut en proteïna crua i la grandària de partícula d'aquest, per la qual cosa es recomana augmentar els tems de molta en l'elaboració de farines d'insectes si es desitja augmentar la seua velocitat de dissolució.

Finalment, en Colòmbia s'ha dut a terme un estudi de la imatge de la microestructura, coneixent així que l'addició de farina de grill en la chucula produeix un augment del contingut lipídic. L'avaluació sensorial realitzada amb un panell de jutges semientrenats ha permès conèixer el grau d'acceptabilitat del producte en una recepta originària de la regió, el qual va ser favorable malgrat la diferència visual presentada en les mostres.

**Paraules clau:** Cooperació, chucula, cacau, farina de grill, proteïna, sostenibilitat

## PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CHUCULA WITH INCORPORATION OF INSECT FLOUR

### **Abstract:**

The target of this work is to formulate a new variety of chucula through adding insect flour to the original recipe, so increasing the protein value of the product. Afterwards, it is intended to contribute to the development and subsistence of the most disadvantaged populations who are chucula producers, located in the Colombian Amazon Rainforest, transferring the knowledge of the project for its subsequent commercialization.

The enhancement of the use of insects as a source of protein is an essential part of the project, but there are two other factors of vital importance to obtaining a stable product: solubility and acceptability.

To carry out the experimental work, a total of 27 chucula samples with added cricket flour have been analysed, each of which presents a different proportion of ingredients obtained based on the design of mixtures used.

Moisture and solubility have been studied in order to obtain data on the composition and physical characteristics of the product. Subsequently, the crude protein content has been analysed and different physicochemical tests such as colour and particle size have been carried out, which have contributed to obtaining the structural characteristics. The moisture values have been in a range of 0.94-3.04%, while those of WAI and WSI have been 2.20-2.70 and 12.4-13.77%, respectively. Furthermore, the addition of cricket flour in the product has increased the crude protein content and its particle size, so it is recommended to increase the grinding times in the production of insect flours if the target is to increase its speed of dissolution.

Finally, in Colombia a study of the image of the microstructure has been carried out, thus knowing that the addition of cricket flour in the chucula produces an increase in lipid content. The sensory evaluation carried out with a panel of semi-trainees has allowed to know the degree of acceptability of the product in an original recipe of the region, which was favourable despite the visual difference presented in the samples.

**Key words:** Cooperation, chucula, cocoa, cricket flour, protein, sustainability

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Marta por ser mi guía en este proyecto, por la dedicación y el compromiso, pero sobre todo por animarme y motivarme a seguir en los momentos más duros del proceso.

A Javi y Puri, por haber confiado en mí para desarrollar este trabajo.

A Indira y Annamaría, por recibirme con los brazos abiertos, acompañarme y convertirse en mis amigas.

A las amigas que me ha regalado la universidad, por estar siempre en los buenos y malos momentos y por todos los que nos quedan.

A mi familia, por ser mi máximo apoyo y enseñarme a cumplir mis metas. En especial a mi tía, por el sufrimiento que le causó mi partida a Colombia.

Y por supuesto, gracias al Centro de Cooperación al Desarrollo por darme la oportunidad de vivir la mejor experiencia de mi vida, por cuidar de mí a tantos kilómetros de distancia y por el apoyo moral que me habéis dado. Os estaré eternamente agradecida.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Origen del estudio .....	1
1.2. La chucula .....	2
1.2.1. Origen, principales productores y curiosidades .....	2
1.2.2. Ingredientes, proceso de producción y modo de empleo .....	3
1.3. Los insectos en la alimentación .....	4
1.3.1. La entomofagia .....	4
1.3.2. Beneficios de la entomofagia .....	5
1.3.3. Introducción de insectos en la dieta colombiana .....	7
1.3.4. Valor nutricional de la harina de grillo .....	8
1.3.5. Proceso de producción de la harina de grillo .....	9
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
2.1. Objetivo general .....	11
2.2. Objetivos específicos .....	11
<b>3. PLAN DE TRABAJO</b> .....	<b>12</b>
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
4.1. Materia prima .....	13
4.2. Elaboración de muestras .....	13
4.3. Determinación de la humedad .....	14
4.4. Determinación del índice de absorción de agua y del índice de solubilidad de agua... 14	
4.5. Determinación de la proteína cruda .....	15
4.6. Determinación de las propiedades ópticas .....	15
4.7. Determinación de la distribución del tamaño de partícula .....	15
4.8. Caracterización de la chucula elaborada en Colombia .....	16
4.8.1. Estudio de imagen de la microestructura .....	16
4.8.2. Análisis sensorial: Comment Analysis .....	16
4.9. Diseño experimental y análisis estadístico .....	17
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>18</b>
5.1. Contenido en agua y proteína cruda .....	18
5.2. Tamaño de partícula .....	19
5.3. Índices de absorción y solubilidad del agua .....	21
5.4. Propiedades ópticas .....	23
5.5. Caracterización de la chucula elaborada en Colombia .....	24
5.5.1. Imagen de la microestructura .....	24

5.5.2. Análisis sensorial: Comment analysis .....	26
6. CONCLUSIONES.....	28
7. BIBLIOGRAFÍA.....	29

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Digestibilidad y aporte proteico de las especies de grillos (Santamaria e Inga, 2019). ..	8
<b>Tabla 2.</b> Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de diversos animales (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).....	9
<b>Tabla 3.</b> Porcentajes (%) de los ingredientes utilizados en la elaboración de cada una de las muestras de chucula. Harina de insecto (HI), Harina de trigo (HT), Harina de garbanzo (HG), Harina de arveja (HA), Harina de cebada (HC), Harina de lenteja (HL), Harina de lenteja (HL), Harina de maíz (HM). .....	13
<b>Tabla 4.</b> Proporción de los ingredientes (gramos) utilizados en la elaboración de cada una de las muestras de mantecada. Mantecada tradicional (P1), Mantecada de harina de grillo (P2), Mantecada de chucula con harina de grillo añadida (P3), Mantecada de chucula tradicional (P4). .....	17
<b>Tabla 5.</b> Valores medios $\pm$ desviación estándar del porcentaje de humedad y cantidad de proteína cruda (CP) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).....	19
<b>Tabla 6.</b> Valores medios $\pm$ desviación estándar del diámetro medio volumétrico ( $\mu\text{m}$ ) $D[4,3]$ y de los percentiles estándar ( $\mu\text{m}$ ) $d(0,01)$ , $d(0,05)$ y $d(0,09)$ de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ). .....	21
<b>Tabla 7.</b> Valores medios $\pm$ desviación estándar del índice de absorción (WAI) y del índice de solubilidad (WSI) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ). .....	22
<b>Tabla 8.</b> Valores medios $\pm$ y desviación estándar de las coordenadas de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $h^*ab$ y $C^*ab$ ) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).....	23
<b>Tabla 9.</b> Atributos y descriptores obtenidos mediante Comment Analysis de las muestras de mantecada.....	27



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Chucula en bolas (HUERTASHOP, 2020) .....	2
<b>Figura 2.</b> Proceso de producción industrial de la chucula .....	4
<b>Figura 3.</b> Registro de especies de insectos que se consumen por país (Van Lammeren, 2015)...	4
<b>Figura 4.</b> Proceso de producción de harina de grillo .....	10
<b>Figura 5.</b> Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 .....	20
<b>Figura 6.</b> Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 .....	20
<b>Figura 7.</b> Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 19, 20 ,21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27 .....	20
<b>Figura 8.</b> Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Lugol. Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH) .....	25
<b>Figura 9.</b> Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Azul de metileno. Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH) .....	25
<b>Figura 10.</b> Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Rojo sudán (III). Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH) .....	26
<b>Figura 11.</b> Muestras de mantecada con diferentes concentraciones de chucula y harina de grillo. Mantecada tradicional (P1); Mantecada de harina de grillo (P2); Mantecada de chucula con harina de grillo añadida (P3); Mantecada de chucula tradicional (P4) .....	27

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Origen del estudio

El siguiente trabajo parte del proyecto de cooperación internacional ADSIDEO 2018, impulsado por los investigadores del grupo CUINA (Universitat Politècnica de València) con la colaboración del equipo de UniSabana (Universidad de la Sabana) y el interés de ArthroFood (empresa especializada en la producción industrial de insectos para su posterior transformación en harinas para la industria alimentaria).

El ámbito geográfico del estudio está establecido en Colombia. Concretamente en la región de La Sabana Centro, provincia del departamento de Cundinamarca. Esta región está constituida por once municipios y está ubicada en el altiplano Cundiboyacense, conformado por depósitos fluviales y un conjunto de colinas suaves y cerros aislados, lo que hace que predomine un clima frío y un rango de condiciones de humedad variable. La provincia es determinante en las actividades productivas de la región central debido a la importancia que presenta el recurso hídrico de la zona - pues tiene como principal cauce fluvial el río Bogotá -, las condiciones ambientales y las actividades extractivas. Aunque cabe destacar que la estructura ambiental y la capacidad de desarrollo está desfavorablemente comprometida por la problemática ambiental, por ello es de vital importancia la conservación de los recursos naturales de los once municipios y el deber de gestionarlos de manera integral y equitativa.

Colombia es uno de los países más ricos en biodiversidad de flora y fauna, por esto, el rescatar ese conocimiento que muchas comunidades indígenas tiene acerca de la alimentación por medio de especies nativas y llevarlos a otras comunidades, resaltar el valor de la búsqueda de alimentos que sean seguros para el consumo y que enriquezcan el carácter cultural del país (Rivas et al., 2010)

Como demuestran numerosos trabajos llevados a cabo en los últimos 50 años, la progresiva adaptación de las poblaciones - sobre todo los jóvenes - a modelos de dietas occidentalizadas, abandonando las prácticas alimentarias del entorno cultural, ha dado como resultado un aumento en las cifras de obesidad a nivel mundial. Asociados a estos cambios alimentarios se han ido extendiendo numerosas patologías relacionadas directamente con los inadecuados estilos de vida (alimentación y actividad física a la cabeza). En el caso de Colombia, según la Encuesta Nacional de Salud de 2015 (últimos datos disponibles) realizada en Colombia más de la mitad de los adultos colombianos entre 18 y 64 años padecía sobrepeso u obesidad, mientras que la desnutrición crónica en niños entre 0 y 4 años suponía el 10% debido a que carecían de acceso suficiente y de calidad a los alimentos necesarios para llevar una vida saludable. Además, existe una inequidad claramente marcada entre las poblaciones urbanas e indígenas, ya que la desnutrición infantil se duplica en esta última (García-Segovia, 2018).

Es por este motivo, que surgió la idea de desarrollar una estrategia para mejorar el estado nutricional de la población de La Sabana Centro (Colombia) sin cambiar sus costumbres alimentarias. Para conseguirlo añadimos una fuente proteica sostenible a base de insectos y sus derivados a la chucula, lo cual no causará una alteración en la cultura alimentaria de la región ya que se trata de un producto étnico.

Por otra parte, se pretende contribuir a la disminución de la pobreza en las poblaciones más vulnerables, transfiriéndoles los conocimientos adquiridos sobre el desarrollo de nuevos sistemas de producción de la chucula para que puedan llegar a subsistir gracias a su comercialización. Cabe destacar que este microemprendimiento podría ser un gran paso en la búsqueda del empoderamiento femenino puesto que, por otras experiencias en este tipo de comunidades y por ser la base de la producción de chucula, serán las mujeres las que se verán más favorecidas con este proyecto.

## 1.2. La chucula

### 1.2.1. Origen, principales productores y curiosidades

El término chucula puede denotar varios significados y objetos a los cuales se refiere. En Colombia, se trata de un alimento tradicional cuya historia se inicia antes de la época de la conquista española. La llegada de los españoles a Cundinamarca supuso, además de la transformación política y administrativa del territorio y el sincretismo religioso, una modificación del régimen alimenticio de los pobladores del territorio. Nuevos alimentos y técnicas de preparación se conjugaron con los productos nativos como el cacao (Bustos, 2019).

Históricamente el cacao se ha mezclado con los productos disponibles en un contexto geográfico específico. Es así como existen bebidas de cacao combinadas con especias, leche, plátano o yuca. Con maíz y otros granos, la bebida es conocida como chucula de siete granos, la cual se caracteriza por ser una preparación alimenticia que hace parte de las tradiciones aborígenes e hispánicas (Bustos, 2019).

Por lo tanto, podríamos considerar la chucula como un alimento mestizo puesto que se compone de alimentos de la época precolombiana -antes del siglo XV- y de alimentos traídos por españoles durante la conquista -posterior al siglo XV-.

Un caso singular resulta ser la preparación de la bebida por los indígenas gunadule en el Urabá Antioqueño. Allí la chucula tiene la función de proveerle fuerza a un/a bebé a quien se le da de beber cuando cumple un año. Su elaboración consiste en mezclarle cacao al maíz o plátano que previamente se ha sembrado con el cordón umbilical del bebé, en ocasiones se le agregan trozos de carne de monte (Vásquez, 2013).

La chucula difundida a lo largo del departamento, tanto en las zonas bajas como en el altiplano, es una de las preparaciones más extendidas a lo largo del territorio de Cundinamarca, principalmente en veredas, más que en cabeceras municipales y ciudades, pero así mismo, una de las que más ha sufrido cambios sustanciales en su elaboración (Rincón, 2012).

El cacao y el maíz constituyen la materia prima base de la chucula. Al hablar de cacao se hace referencia al cacao en grano que puede ser fino y de aroma y al cacao convencional (Ríos et al., 2017). Esta combinación de cacao con cereales y leguminosas está orientada a brindar un alimento completo. Su presentación es en forma de unas bolitas alargadas de tamaño de un huevo, aunque no tan ovaladas (Rubio et al., 2018). Igual que el chocolate, se prepara en leche o agua caliente, y se acompaña con pan, especialmente mogolla, colaciones y queso (Sánchez y Sánchez, 2012) (Figura 1).



**Figura 1.** Chucula en bolas (HUERTASHOP, 2020)

Hoy por hoy la chucula ha ido ganando posicionamiento en la mente de los consumidores por ser un alimento fácil de preparación y por la variedad de vitaminas que contiene (Rubio et al., 2018).

En la actualidad, algunos platos y bebidas tradicionales de Cundinamarca, entre los que se encuentra la chucula, están en riesgo de desaparecer a causa de la falta de transmisión generacional y debido a los cambios de la dinámica sociocultural. La chucula puede constituir un intento por rescatar los conocimientos tradicionales, al tiempo que fomenta una dieta saludable en contextos en que haya desnutrición (Bustos, 2019).

A la elaboración y consumo de un producto tradicional como la chucula le corresponden valores y prácticas que definen las relaciones de poder y los espacios sociales que ocupan los individuos. Así, la chucula no sería solo un objeto físico disponible en la dieta colombiana, es un dispositivo cultural que define el ligar de los consumidores en la sociedad y sus relaciones con los demás, aportando a la construcción de la identidad nacional. En sentido estricto, la chucula ha pasado por ser un producto de consumo reservado para ciertas escalas de la sociedad a uno en vía de extinción en donde afloran iniciativas para recuperar y reconocer su aporte al acervo del país (Bustos, 2019).

### 1.2.2. Ingredientes, proceso de producción y modo de empleo

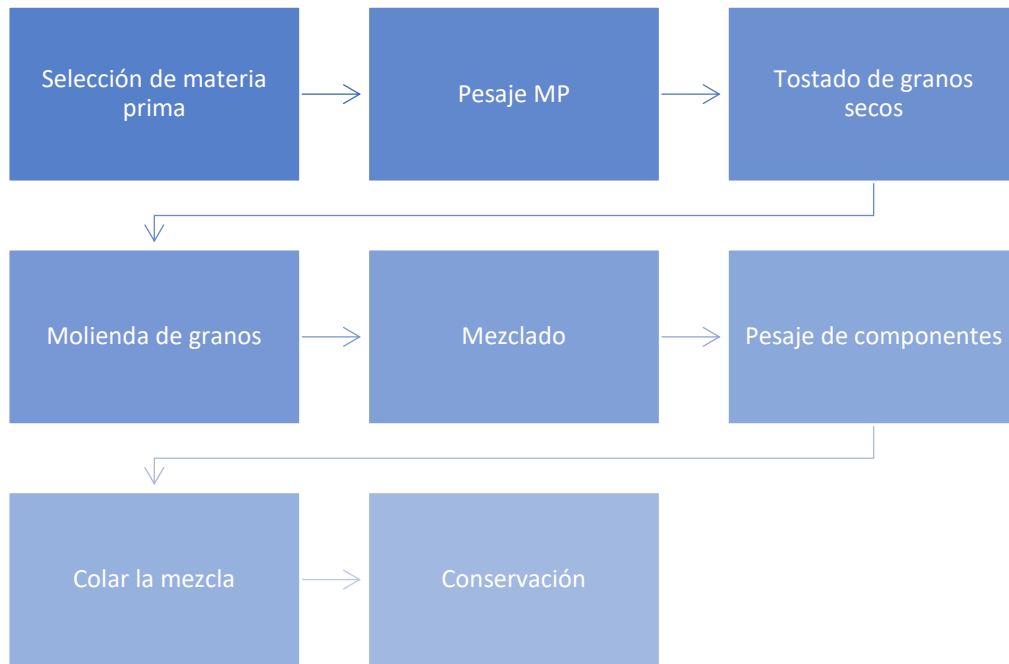
Originalmente se preparaba con harina de maíz, siendo el porcentaje de cacao una revelación de la condición social de quien lo consumiera (Bustos, 2019). Sin embargo, la elaboración más común en Cundinamarca recurre al uso de 7 u 8 granos diferentes, algunos de origen europeo o asiático (Rincón, 2012).

Así, la chucula resulta del cacao molido al que se le ha agregado a lo largo de los años habas, cebada, avena, trigo, maíz, garbanzo, cacao, canela, clavos y lentejas, cuya presentación tradicional es en forma de bola (Bustos, 2019).

Uno de los cambios más contundentes en la elaboración de la chucula es su producción industrializada, que permite en general que el producto sea muy homogéneo. La posibilidad de conseguir la harina de chucula industrializada elimina el proceso casero de tostar y moler cada grano, y así no sólo un procedimiento sino el uso de utensilios como el molino, cuyo uso en la cocina se reduce también (Rincón, 2012).

El proceso de producción industrial (Figura 2) de la chucula se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Selección de los granos y los productos en polvo. Se realiza una inspección de éstos.
- Pesaje de la materia prima. Se pesan los ingredientes para añadir las proporciones exactas de cada uno.
- Tostado de los granos secos. Se colocan los granos previamente pesados en un horno industrial, a 130°C durante 15 minutos.
- Molienda. Se muelen los granos tostados hasta obtener una harina homogénea, utilizando un procesador de alimentos, una licuadora o un molino corona.
- Mezclado. A la mezcla de harinas se le adiciona cacao en polvo, canela en polvo, panela en polvo y clavo en polvo.
- Se vuelven a pesar todos los componentes para obtener el valor de cantidad final.
- Se pasa la mezcla de harinas por un colador.
- Conservación. Se conserva la mezcla (InstaChucula) en un recipiente hermético y alejado de la luz solar.



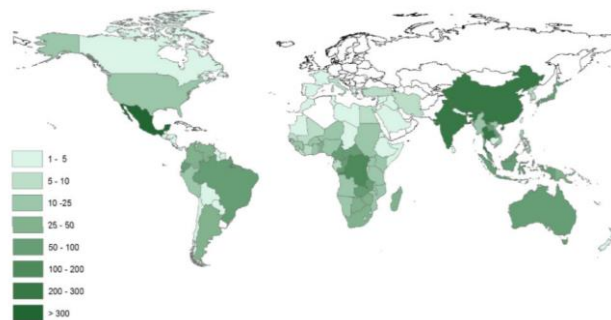
**Figura 2.** Proceso de producción industrial de la chucula

Una vez el consumidor adquiere el producto, debe disolver dos cucharadas de mezcla por vaso de leche o agua caliente y mezclarlo durante 5 minutos para obtener la bebida caliente.

### 1.3. Los insectos en la alimentación

#### 1.3.1. La entomofagia

La entomofagia es el consumo de insectos por los seres humanos, la misma que se ha vuelto una práctica en muchos países del mundo siendo los continentes de Asia, África y América Latina los que lideran el consumo de estos animales (Figura 3). Esta conducta de consumir insectos no es nueva ya desde hace mucho tiempo atrás existía esta práctica, pero no hasta hace poco comenzó a llamar la atención la entomofagia por muchos medios sean estos de investigación como de innovación alimentaria (Van Huis et al., 2013).



**Figura 3.** Registro de especies de insectos que se consumen por país (Van Lammeren, 2015)

Los insectos han jugado un papel transcendental tanto en las sociedades primitivas, como en las preindustriales e industriales por las funciones transcendentales que realizan. La entomofagia data de la época de Aristóteles y llega hasta nuestros días (Ramos-Elorduy, 1999). Es importante señalar que los insectos comestibles constituyeron también tributos para los emperadores

aztecas, como por ejemplo los escamoles, el gusano de maguey, y también ciertas mariposas (Durán, 1867).

Podemos decir que en la antigüedad las mujeres eran las que realizaban la recolección de los insectos comestibles lo cual sucede también hoy en día, por lo tanto, hacían y hacen un uso intensivo de éstos, mientras que los hombres procuraban la proteína de los vertebrados, a las que las mujeres tenían poco acceso (Dhalbert, 1981).

El tipo de vida de la gente asentada en las áreas rurales de sociedades no industrializadas, generalmente con una economía natural o de subsistencia, unido a la imperiosa necesidad de buscar alimento para su supervivencia, incrementó su observación intuitiva y el análisis empírico que de la naturaleza hacían, lo que dio una continuidad a la explotación del recurso, haciéndolo sustentable (Ramos-Elorduy, 1999).

Los insectos son consumidos por seres humanos de todas las razas, creencias, edades o sexos de diferentes maneras. Esto está relacionado con su bagaje cultural, existiendo en muchos casos verdaderas peregrinaciones, agrupamientos que se reúnen para ir en su búsqueda y ésta incluso puede abarcar caminatas de varios días (Carbajal, 2000). Los insectos se consumen en diversos países del mundo, ya sean “desarrollados” o no. Pero la mayor parte de las especies se consumen en los segundos en donde se hace más grande acopio de este recurso alimenticio, el cual se ingiere en mayor o menor proporción dependiendo de la región biogeográfica en donde esta gente vive (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

La entomofagia constituye una alternativa alimenticia prometedora para el hombre, como lo comprueban diferentes investigaciones sobre insectos comestibles referentes a aspectos biogeográficos, a su biodiversidad en el mundo, a su sustentabilidad, a su importancia en la alimentación de los núcleos rurales, a su valor nutritivo habiéndose demostrado que son una buena fuente de proteínas, aunada a su calidad proteínica y a que son altamente digestibles (Van Huis et al., 2013).

### 1.3.2. Beneficios de la entomofagia

El crecimiento demográfico, la urbanización y el crecimiento de la clase media han aumentado la demanda de alimentos a escala mundial, especialmente de las fuentes de proteínas de origen animal (FAO, 2014).

En 2030 tendremos que alimentar a más de 9000 millones de personas, además de a los miles de millones de animales que se crían anualmente con fines alimentarios o recreativos y como mascotas (FAO, 2014).

Una de las muchas vías para abordar la seguridad de alimentos y piensos es a través de la cría de insectos (FAO, 2014). Los insectos están en todas partes, se reproducen rápidamente, poseen tasas elevadas de crecimiento y conversión de piensos, y un reducido impacto ambiental durante su ciclo de vida. Además, pueden criarse aprovechando diversos flujos de residuos de alimentos (Steinfeld et al., 2006).

El uso de insectos como alimento y para la fabricación de piensos comporta un buen número de beneficios de carácter ambiental, sanitario y para los medios social y de vida. Por ejemplo (FAO, 2014):

#### Ventajas ambientales

- Los insectos son muy eficientes en la conversión de alimentos por ser especies de sangre fría. Las tasas de conversión alimento-carne (la cantidad de alimento que se necesita para producir un incremento de 1 kg en el peso) puede oscilar ampliamente en función de la clase de animal y las prácticas de producción utilizadas pero, en cualquier caso, los insectos son extremadamente eficientes. Por término medio los insectos pueden

convertir 2 kg de alimento en 1 kg de masa de insecto, mientras que el ganado requiere 8 kg de alimento para producir 1 kg aumento de peso corporal.

- Los gases de efecto invernadero producidos por la mayoría de los insectos son probablemente inferiores a los del ganado convencional. Los cerdos, por ejemplo, producen entre 10 y 100 veces más gases de efecto invernadero por kilogramo de peso.
- Los insectos pueden alimentarse de residuos biológicos como residuos alimentarios o de origen humano, abono y estiércol, y pueden transformar estos residuos en proteínas de alta calidad, que a su vez pueden utilizarse como piensos.
- Los insectos utilizan mucha menos agua que el ganado tradicional. Los gusanos de la harina, por ejemplo, son más resistentes a las sequías que el ganado.
- La cría de insectos depende menos de la tierra que la actividad ganadera convencional.

#### Beneficios para la salud

El contenido nutricional de los insectos depende de su etapa de vida (etapa metamórfica), su hábitat y su dieta. No obstante, se acepta ampliamente que:

- Los insectos proporcionan proteínas y nutrientes de alta calidad en comparación con la carne y el pescado. Los insectos son especialmente importantes como complemento alimenticio para los niños desnutridos porque la mayor parte de las especies de insectos contienen niveles elevados de ácidos grasos (comparables con el pescado). También son ricos en fibra y micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y cinc.
- Los insectos plantean un riesgo reducido de transmisión de enfermedades zoonóticas (enfermedades que se transmiten de los animales a los humanos) con la H1N1 (gripe aviar) y la EEB (enfermedad de las vacas locas).

#### Beneficios para el medio social y los medios de vida

- La cría y la recolección de insectos pueden ofrecer importantes estrategias de diversificación de los medios de vida. Los insectos pueden recogerse directamente del medio de manera sencilla. Apenas se necesitan medios técnicos o inversiones importantes para adquirir equipos básicos de cría y recolección.
- Los miembros más pobres de la sociedad, como las mujeres y las personas sin tierra de las zonas urbanas y rurales pueden encargarse de recoger los insectos directamente del medio, de cultivarlos, procesarlos y venderlos. Estas actividades pueden comportar una mejora directa de la dieta y aportar unos ingresos derivados de la venta del exceso de producción como alimentos de venta callejera.
- La recolección y la cría de insectos pueden generar oportunidades empresariales en las economías desarrolladas, en fase de transición y en desarrollo.
- Los insectos pueden procesarse para servir como alimento humano y animal con relativa facilidad. Algunas especies pueden consumirse enteras. Los insectos también pueden convertirse en pasta o molerse para hacer harina, y también pueden extraerse sus proteínas.

Para poder sobrellevar la falta de soberanía alimentaria que cada país debería contar se han buscado nuevas alternativas alimentarias que sean sostenibles para que toda la población pueda contar con alimentos con altos contenidos de nutrientes. Por ello para disminuir las consecuencias de una mala alimentación se buscan nuevas fuentes de alimentación, las mismas que se ha visto que en países donde tradicionalmente se consumen insectos las tasas de malnutrición han bajado en comparación de países que no realizan la actividad de entomofagia (Henry, 2020). No cabe duda de que los sistemas de producción de insectos y sus derivados para alimentación humana mejoraría la dieta en poblaciones con elevados índices de desnutrición,

además de tratarse de sistemas eficientes en el consumo de recursos, contribuyendo en la sostenibilidad ambiental (García-Segovia, 2018).

Un aspecto positivo que se puede rescatar de la pandemia es que ahora las personas buscan cuidar aún más su salud y la harina de grillo es un producto esencial para el bienestar de las personas. Por otro lado, muchas personas se preocupan por el medio ambiente y es por ello que deciden evitar el consumo de animales ya que genera una contaminación al entorno (Arana et al., 2020).

En resumen, la harina de grillo es un producto exótico, que escapa de lo tradicional y ofrece beneficios que ninguno de sus sustitutos satisface. Cubre cualquier aspecto de la demanda de harinas tradicionales, gracias a su gran versatilidad de uso, y ofrece valores agregados como su gran contenido proteico, el ser 100% orgánico y ser libre de gluten, entre otros (Arana et al., 2020).

### 1.3.3. Introducción de insectos en la dieta colombiana

Los insectos se consumen como alimento principalmente en los países tropicales, donde las especies son de mayor tamaño, su diversidad es abundante y la disponibilidad es constante a lo largo de todo el año (Vantomme, 2010).

La Amazonia es un hábitat rico en insectos, particularmente en especies de gran tamaño que forman enjambres (Sancho et al., 2015). Si existen estas particularidades y simultáneamente el área es pobre en vertebrados de gran tamaño, salvajes o domesticados, como sucede en las regiones de bosques tropicales, las dietas de sus pobladores tendrán tendencia a ser altamente insectívoras (Viesca y Romero, 2009).

Los pobladores amazónicos a través de sus conocimientos ancestrales han incluido las larvas del picudo o gorgojo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* en su alimentación. Las larvas de este insecto tienen un papel importante como fuente de proteínas para los indígenas amazónicos, quienes la consideran como muy apetitosas (Trujillo-González et al., 2011). Un estudio realizado con 100 personas de la Amazonía colombiana obtuvo como resultado que el consumo anual per cápita de estas larvas es de 6 kg, las que en estado fresco pesan entre 8 – 12 kg cada una (Paoletti et al., 2000). En Colombia y Venezuela se consumen alrededor de 2000 ejemplares del gusano de la palma por hora; datos que reflejan la importancia del consumo de larvas de para los habitantes de esta región (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

A través de los tiempos, los insectos consumidos por el hombre han ido recolectados casi siempre en el medio silvestre, a menudo en bosques. Los recolectores son generalmente mujeres y niños, los que conocen dónde y cómo recoger los individuos que se alimentan de plantas no perjudiciales y que no han sido contaminadas por insecticidas. Los insectos se recogen con fines de subsistencia o para su venta en mercados locales y a veces para ser exportados con fines alimenticios a lugares donde existen asentamientos con hábitos entomófagos (Vantomme, 2010).

Es común que culturalmente se reconozca la comercialización de insectos hacia el norte del país colombiano, como el caso de la hormiga culona *Atta laevigata*, que es ampliamente conocida a nivel internacional, sin embargo, se desconocen otras especies que también se han comercializado dentro de la práctica alimentaria denominada entomofagia (González, 2018). Los insectos no solo han sido utilizados como alimentos, sino que existen evidencias de su uso con fines terapéuticos, biotecnológicos, cosméticos e industriales (Sancho et al., 2015).

Se reconoce que existe la posibilidad de mejoramiento de alimentos a partir de sus propiedades químicas, para esto se desea explorar nuevas alternativas como los alimentos ancestrales rescatando el valor cultural de las regiones (González, 2018). Se destaca que en los valores culturales existen concepciones encontradas. En algunas regiones los insectos son considerados



plaga, principalmente por el sector campesino, mientras que varias comunidades indígenas y ancestrales de México y Colombia, consideran a estos insectos como alimento nutritivo, encontrando un valor agregado en la comercialización a visitantes y turistas (Sancho et al., 2015).

#### 1.3.4. Valor nutricional de la harina de grillo

El valor nutritivo de los insectos es elevado, y su componente más importante son las proteínas que, en general, forman la mayor parte de su cuerpo y que se pueden calificar como de buena calidad (Raubenheimer y Rothman, 2013).

Los insectos poseen muchas cualidades nutritivas, por lo que se debe considerar su rol potencial como alimento humano; estas cualidades no son fáciles de igualar por otros grupos animales, entre los que se encuentran los llamados “alimentos convencionales” (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

#### Proteínas

El intervalo que cubren expresado en porcentaje es muy amplio, pues va de 9,45% que alberga la hormiga mielera *Myrmecosistus melliger* a 81% que contiene una avispa adulta del género *Polybia* de la Sierra Mixteca de Oaxaca, pero en promedio podemos notar que la mayoría de las especies estudiadas se encuentra en una proporción que va de 55% a 70% (Ramos-Elorduy et al., 1984). Aproximadamente el 93% del nitrógeno que albergan los insectos es sin ligaduras y teóricamente aprovechable de degradación enzimática (Redford y Dorea, 1984).

Saltamontes y grillos: estos son de los mejores insectos comestibles. Si se tienen saltamontes con un peso aproximado de 100 g, estos pueden proporcionar entre 14 y 28 gramos de proteína. Si consideramos que el 30-60% de las mujeres necesitan diariamente unos 46 g de proteína y el 25-50% de los hombres unos 56 g, con unos pocos saltamontes se cubrirán esas necesidades diarias. Además, grillos y saltamontes contienen grasas insaturadas, las cuales son fundamentales para reducir el riesgo de enfermedades del corazón. Los grillos también tienen una cantidad importante de omega 3 (García, 2018).

**Tabla 1.** Digestibilidad y aporte proteico de las especies de grillos (Santamaria e Inga, 2019).

Nombre común	Nombre científico	Rango de aporte proteico en 100 g	Rango de digestibilidad (%)
Grillo común	<i>Acheta domesticus</i>	60,6 – 70,0	65,0 – 91,0
Grillo de bicolor	<i>Gryllus assimilis</i>	66,9 – 75,0	81,8 – 88,0
Grillo de campo	<i>Gryllus bimaculatus</i>	57,0 – 58,0	77,0 – 81,2

Los insectos aportan no solo una gran cantidad de proteínas, sino que incluso pueden llegar a superar la calidad de las que proporcionan el pescado, el pollo y cualquier otra fuente proteínica, presentando un balance en la composición de aminoácidos (Belluco et al., 2013).

#### Lípidos

En general, los insectos tienen un contenido en proteína mayor que el de grasa; por término medio, se encuentra el doble de proteína que de grasa, aunque la proteína puede llegar a ser alrededor de siete veces más (Viejo-Montesino, 2011).

Los insectos en general contienen ácidos grasos, que albergan vitaminas del grupo B, sales minerales, algunos son muy ricos en calcio, y son una fuente importante de magnesio (Hidalgo, 2005).

La proporción de ácidos grasos de tipo saturado e insaturado contenidos en diversos productos usados para la alimentación humana, entre ellos los insectos, se muestran en la tabla 2 y

podemos observar que tanto las carnes como el pescado contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados que los insectos y que el ácido esteárico es muy bajo en los insectos. La mayor parte de las grasas en los insectos es de monoinsaturados y poliinsaturados y son los que albergan la mayor cantidad de ellas y con ello no dañinas al organismo (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

**Tabla 2.** Proporción de ácidos grasos saturados e insaturados de diversos animales (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

Organismo	Ácidos grasos saturados	Ácidos grasos monoinsaturados	Ácidos grasos poliinsaturados
Res	52,0 (28,1)	44,2	3,2
Puerco	44,1 (24,3)	44,3	11,6
Pollo	35,5 (20,2)	40,8	22,7
Pescado	29,6 (22,6)	39,6	30,8
Insectos	11,0-43,4 (0,1-9,1)	55,9	40-45 a 100

### Sales minerales

Se demostró que la mayoría de los insectos comestibles poseen una proporción adecuada de cenizas totales y una proporción muy elevada en lo que se refiere a los elementos K, Ca, Fe y Mg. En ninguno de ellos se encontró litio. Generalmente los datos obtenidos en los insectos comestibles fueron superiores a los datos reportados para algunos de los alimentos de consumo convencional, concluyéndose que los insectos comestibles pueden cubrir de manera práctica el aporte necesario de nutrimentos minerales diarios que necesita cada individuo dependiendo de su edad, sexo, actividad y estado fisiológico (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

### Vitaminas

En referencia a las necesidades de vitaminas en la nutrición humana de adultos, 100 g de insectos son generalmente ricos en riboflavina, ácido pantoténico y biotina. Los insectos del orden *Orthoptera* (saltamontes, grillos y langostas) y *Coleoptera* (escarabajos) también son ricos en ácido fólico. Por otro lado, 100 g de insectos no son una fuente eficiente de vitamina A, vitamina C, niacina y, en la mayoría de los casos, tiamina. Por el contrario, se determinó que un té de insectos elaborado a partir de excrementos de éstos contenía hasta 15,04 mg de vitamina C por cada 100 g (Rumpold y Schlüter, 2013). Dado que la FAO recomienda una ingesta diaria de 45 mg de vitamina C en adultos, un consumo diario de 300 ml de este té de insectos cubre la cantidad diaria recomendada de vitamina C en la nutrición de los adultos (Rumpold y Schlüter, 2013).

En resumen, los insectos comestibles pueden ser ricos en vitaminas, pero las especies deben seleccionarse específicamente para el suministro de las vitaminas deseadas. Además, se sugirió que el contenido de vitaminas en insectos comestibles se puede controlar a través del pienso (Rumpold y Schlüter, 2013).

En virtud de los resultados y comparaciones anteriores, podemos concluir que los insectos comestibles aportan cantidades significativas de vitaminas que contribuyen al equilibrio de la dieta indígena o campesina (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesino, 2007).

#### 1.3.5. Proceso de producción de la harina de grillo

La crianza y consumo masiva del grillo común *Gryllus assimilis*, es una alternativa para alimento de animales de granja, utilizado para consumo humano, aprovechado por su alto valor nutricional, por su bajo costo de producción y bajo impacto al ambiente. En la actualidad se

cultiva comercialmente para la alimentación del ser humano, para alimentos de animales de granja y como cebo para la pesca deportiva. (Apolo-Arévalo y Lannacone, 1993).

Existen diversas formas de obtención de los insectos comestibles, que son mediante colecta manual o con instrumentos diversos (Ramos-Elorduy y Conconi, 1993). La crianza y el sacrificio de grillos es un proceso sencillo:

- Se colocan los grillos dentro de unas cajas de cartón con medidas de 60x40x40 cm, como una jaula para la reproducción y crianza. Dentro de las cajas contienen siete cartones para los huevos posicionados de manera vertical lo cual sirve como refugio para las crías y para mantener el calor (Arana et al., 2020).
- El rango de temperaturas que debe haber dentro de las jaulas para grillos es entre un mínimo de 20°C y un máximo de 35°C. Las jaulas para grillos dependen de generadores de temperatura ambientales puestos en lugares estratégicos dentro de la locación (Erens et al., 2012).
- Se hace uso de dos recipientes de plásticos, uno para proveerles agua y el otro para depositar los vegetales cortados en rodajas pequeñas para poder alimentarlos. Luego de obtener una gran cantidad de grillos, se realiza el sacrificio con agua a 60°C. (Arana et al., 2020).

El proceso de elaboración de la harina de grillo es relativamente fácil (Santamaria e Inga, 2019) y consta de seis fases (Figura 4):

- Selección de la materia prima, que deben ser los grillos completos.
- Congelación de la materia prima a 8°C durante una hora.
- Secado de la materia prima previamente congelada, se mantiene a una temperatura de 80°C durante 24 horas.
- Molienda, ya sea por un molino de mano o industrial.
- Secado a 80°C durante ocho horas.
- Envasado de la harina en bolsas de polietileno.



**Figura 4.** Proceso de producción de harina de grillo

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

El objetivo del presente trabajo consiste en añadir harina de insectos a la receta original de la chucula, aumentando así el valor proteico del alimento. El presente trabajo pretende obtener un producto a partir de la chucula, con mayor contenido proteico mediante la adición de harina de insectos. Se pretende hacer de éste un alimento completo sin perder sus características originales, siendo por tanto igual de aceptado por la población y haciendo posible su comercialización por parte de las mujeres que realizan este producto.

### 2.2. Objetivos específicos

- Seleccionar las materias primas y elaboración de muestras.
- Determinar los parámetros fisicoquímicos de las muestras desarrolladas: humedad, índices de absorción y solubilidad de agua, contenido en proteína, color, tamaño de partícula e imagen de microestructura.
- Evaluar la aceptación del producto por parte del consumidor mediante un análisis sensorial.

### 3. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo seguido para conseguir los objetivos planteados se ha desarrollado en la Universitat Politècnica de València y en la Universidad de La Sabana (Colombia). En primer lugar, en la Universitat Politècnica de València se ha llevado a cabo:

- Revisión bibliográfica.
- Identificación y selección de las materias primas.
- Diseño y realización de las muestras de chucula a escala de laboratorio
  - Estandarización del proceso teniendo en cuenta la cantidad de cacao, panela y harinas.
- Determinación de la humedad y proteína cruda.
- Determinación de los índices de absorción y solubilidad de agua.
- Determinación de las propiedades ópticas.
- Determinación de la distribución del tamaño de partícula.
- Análisis de los resultados y discusión.
- Propuesta de conclusiones y recomendaciones.

Por último, el plan de trabajo seguido en la Universidad de la Sabana ha sido:

- Revisión bibliográfica.
- Identificación y selección de las materias primas, realizando ajustes de acuerdo con las materias primas que podían adquirirse en Colombia.
- Diseño y realización de las muestras de chucula con diferentes concentraciones de harina de grillo
  - Estudio de la imagen de la microestructura.
- Diseño y realización de las muestras de mantecada a escala de laboratorio
  - Estandarización del proceso teniendo en cuenta la cantidad de chucula y harina de grillo.
  - Medida del grado de aceptación de la chucula por parte del posible consumidor mediante la realización de una cata.
- Análisis de los resultados y discusión.
- Propuestas de conclusiones y recomendaciones.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materia prima

Las materias primas utilizadas para la elaboración de la chucula consistieron en harina de grillo suministrada por la empresa ArthroFood S.A.S. (Bogotá, Colombia); cacao puro en polvo desgrasado obtenido a través de Chocolates Valor S.A. (Alicante, España); panela en polvo por la corporación panelera Doña Panela LTDA (Bogotá, Colombia); y granos de trigo, garbanzo, arveja, cebada, lenteja y maíz, los cuales fueron adquiridos en un mercado local de Bogotá.

### 4.2. Elaboración de muestras

Se elaboraron 27 muestras de chuculas a partir del diseño experimental obtenido mediante la utilización del software de estadística Minitab 18 (Minitab Inc., EE. UU.). Se tuvieron en cuenta tres factores: harina de grillo, cacao en polvo y harina total (la cual engloba las harinas de trigo, garbanzo, arveja, cebada, lenteja, maíz y la canela en polvo). En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos mediante Minitab de cada ingrediente, cada uno de los datos representados se multiplicó por 0,3 para obtener muestras de chucula con un peso de 30 g.

Los granos se tostaron en un horno industrial (Rational Selfcookingcenter, México) a 130°C durante 15 minutos y, tras ello, se molieron utilizando un procesador de alimentos (Thermomix TM5, Vorwerk) hasta obtener una harina homogénea. A la mezcla de harinas se le adicionó gradualmente cacao en polvo, canela en polvo, panela en polvo, clavo en polvo y harina de grillo en sus respectivas concentraciones. Se mezclaron todos los ingredientes de nuevo hasta conseguir que la chucula fuera homogénea y se pasó la mezcla de harinas por un colador. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente y alejadas de la luz solar.

**Tabla 3.** Porcentajes (%) de los ingredientes utilizados en la elaboración de cada una de las muestras de chucula. Harina de insecto (HI), Harina de trigo (HT), Harina de garbanzo (HG), Harina de arveja (HA), Harina de cebada (HC), Harina de lenteja (HL), Harina de lenteja (HL), Harina de maíz (HM).

Muestra	HI	Cacao	Panela	HT	HG	HA	HC	HL	HM
1	1,13	26,25	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38
2	0,00	30,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
3	2,13	28,75	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88
4	2,25	27,50	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04
5	7,00	25,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
6	0,00	25,00	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71
7	4,62	26,25	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88
8	0,00	25,00	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71
9	0,00	25,00	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71	10,71
10	7,00	25,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
11	2,25	27,50	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04
12	1,13	28,75	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02
13	0,00	30,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
14	1,13	28,75	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02
15	2,13	28,75	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88
16	2,13	28,75	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88
17	4,62	26,25	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88
18	2,25	27,50	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04

19	1,13	26,25	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38
20	1,13	28,75	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02	10,02
21	2,00	30,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
22	1,13	26,25	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38	10,38
23	2,00	30,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
24	0,00	30,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
25	7,00	25,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
26	2,00	30,00	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71	9,71
27	4,62	26,25	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88	9,88

#### 4.3. Determinación de la humedad

Para la determinación de la humedad ( $x_w$ ) se utilizó el método oficial 20.013 (AOAC, 1980). Este método se basa en la determinación de la pérdida de peso de una muestra previamente homogeneizada (Ultraturrax T25, Janke & Kunkel) al colocarse en una estufa de vacío (50 mmHg) a temperatura constante de 70°C, hasta alcanzar un peso constante. La humedad de la muestra (g agua/g muestra) se obtiene calculando la variación de peso después del secado en la estufa referida al peso inicial de la muestra.

$$H_2O = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

$m_0$  = g cápsula vacía

$m_1$  = g cápsula + muestra antes del secado

$m_2$  = g cápsula + muestra después del secado

#### 4.4. Determinación del índice de absorción de agua y del índice de solubilidad de agua

El índice de absorción (WAI) y el índice de solubilidad (WSI) fueron determinados mediante el método Singh and Smith. Para ello se diluyeron 2,5 g de muestra en 25 g de agua destilada. Tras agitar la disolución durante 30 minutos en un agitador magnético (500 rpm), se traspasaron 32,5 g de cada disolución a tubos centrífugos de 50 mL y se centrifugó a 3000 xg durante 10 min (Eppendorf Centrifuge 5804R, Hamburgo, Alemania). El sobrenadante fue decantado para determinar los sólidos solubles, mediante la medida del índice de refracción de la fase líquida (PortableLabTM, METTLER TOLEDO, termostatado a 20°C), y el sedimento fue pesado. El WAI y el WSI se calcularon teniendo en cuenta, respectivamente, las siguientes ecuaciones:

$$\%WAI = \frac{m_s}{m_{ss}} \quad (2)$$

Donde:

$m_s$  = g sedimentos

$m_{ss}$  = g sólidos secos

$$\%WSI = \frac{m_{sd}}{m_{ss}} \times 100 \quad (3)$$

Donde:

$m_{sd}$  = g sólidos disueltos en sobrenadante

$m_{ss}$  = g sólidos secos

#### 4.5. Determinación de la proteína cruda

Para determinar el contenido en nitrógeno se utilizó el método de Dumas mediante un analizador elemental LECO CN628 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA), según el método oficial 990.03 (AOAC, 2002). El método de Dumas se aplica usualmente a productos lácteos, cárnicos, cereales y oleaginosas e industria cervecera. La proteína cruda (CP) fue calculada multiplicando el contenido en nitrógeno por el factor de conversión 5,83 correspondiente a la harina (Müller et al., 2017).

#### 4.6. Determinación de las propiedades ópticas

Para la determinación del color se realizaron cuatro medidas a cada una de las muestras, empleando un espectrocolorímetro (Minolta, CM 3600D, Spain). El equipo fue previamente calibrado y se midió el espectro de reflexión de las muestras homogeneizadas bajo las condiciones iluminante D65 y observador 10°.

Las muestras fueron colocadas sobre un soporte circular de 11 mm de diámetro y 5,5 mm de altura y se comprimieron, obteniendo así superficies uniformes y con menor porosidad manteniendo el espesor original, lo cual garantizó unos resultados reproducibles. Para realizar la medición, se colocó un vidrio óptico (Minolta, CR A51, Japón) de 6 mm de diámetro entre la muestra y la lente del espectrocolorímetro.

Se utilizó el espacio de color CIEL\*a\*b\*, donde la coordenada L\* es la luminosidad, la a\* engloba los valores rojo-verde y la coordenada b\* los componentes amarillo-azul. A partir de estas coordenadas se pudo obtener el tono (ecuación 3) y el croma (ecuación 4).

$$h_{ab}^* = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad (4)$$

$$C_{ab}^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

#### 4.7. Determinación de la distribución del tamaño de partícula

El tamaño de partícula de las chuculas formuladas se determinó mediante el método de difracción láser y la teoría de Mie. Para ello se siguió la normativa ISO 13320 y se hizo uso de un analizador de tamaño de partícula (Malvern Instruments Ltd., Mastersizer 2000, UK) equipado con una unidad de dispersión para muestra seca. Se realizaron seis repeticiones por muestra.

La difracción láser se basa en la proporcionalidad entre la energía luminosa captada por el detector y el volumen de material presente para calcular el volumen de material de un tamaño determinado. Así, se pudo estimar el volumen (%) frente al tamaño de partícula ( $\mu\text{m}$ ). La distribución del tamaño se caracterizó a partir del diámetro medio volumétrico (D[4,3]) y de los percentiles estándar d(0,1), d(0,5) y d(0,9) o el tamaño de partícula por debajo del cual se



encuentra el 10%, 50% y 90% de la muestra. Estos parámetros se obtuvieron utilizando el software Mastersizer 2000 (versión 5.6) considerando el diámetro de partícula.

#### 4.8. Caracterización de la chucula elaborada en Colombia

Tal como se explicó en la introducción del presente trabajo, uno de los objetivos del estudio consiste en disminuir la pobreza en las poblaciones más vulnerables de la población de La Sabana Centro (Colombia). El día 29 de abril llegamos a Bogotá, para poder transferir a las comunidades los conocimientos adquiridos sobre el desarrollo de este nuevo sistema de producción de chucula con harina de grillo añadida. Se procedió a estudiar la imagen de la microestructura para la obtención de las características estructurales de las muestras y se realizó un análisis sensorial con jueces semientrenados en un producto local al que se le añadió chucula con harina de grillo, con la finalidad de conocer el grado de aceptabilidad de la incorporación de este producto en la cultura alimentaria de la zona.

##### 4.8.1. Estudio de imagen de la microestructura

Para el análisis de la morfología y las microestructuras superficiales de las chuculas se elaboraron tres tipos de muestras diferentes a las estudiadas anteriormente, utilizando las mismas materias primas descritas para los análisis realizados en la Universitat Politècnica de Valencia:

- Chucula tradicional. Elaborada siguiendo el proceso de producción industrial, anteriormente descrito en la Figura 2.
- Chucula tradicional con harina de grillo añadida. Realizada siguiendo el mismo proceso de producción de elaboración de formulaciones de chucula con harina de grillo a escala de laboratorio. Tras los estudios realizados por la Unisabana, se decidió que el porcentaje de harina de grillo añadido a la muestra fuera 4,27%.
- Chucula de harinas. Elaborada mediante harinas comerciales ya preparadas.
- Harina de grillo. La cual fue proporcionada por la empresa ArthroFood S.A.S (Bogotá, Colombia).

Las muestras se examinaron mediante un microscopio óptico (Leica DM500), cortesía de La Universidad de La Sabana. Se tomaron imágenes de tres áreas representativas con tres tipos de colorantes (Lugol, Azul de metileno y Rojo Sudán III) para cada una de las muestras y se obtuvieron al menos 12 imágenes utilizando los aumentos 4x, 10x y 40x, para asegurar que los resultados fueran representativos.

##### 4.8.2. Análisis sensorial: Comment Analysis

Se realizó una recopilación de recetas y productos tradicionales de la gastronomía del departamento de Cundinamarca. Tras un análisis prospectivo de las preferencias de la población, se seleccionó la mantecada para llevar a cabo el estudio de la aceptabilidad de la chucula en un producto nacional colombiano. Se realizó, de nuevo, un diseño experimental para conocer las proporciones a añadir de cada ingrediente y se elaboraron cuatro tipos de muestra.

- Mantecada tradicional.
- Mantecada de harina de grillo.
- Mantecada de chucula con harina de grillo añadida.
- Mantecada de chucula tradicional.

**Tabla 4.** Proporción de los ingredientes (gramos) utilizados en la elaboración de cada una de las muestras de mantecada. Mantecada tradicional (P1), Mantecada de harina de grillo (P2), Mantecada de chucula con harina de grillo añadida (P3), Mantecada de chucula tradicional (P4).

Ingrediente	P1	P2	P3	P4
Harina de maíz	275	233,8	233,8	233,8
Harina de grillo	0	41,5	0	0
Chucula	0	0	0	41,5
Chucula y h. grillo	0	0	41,5	0
Mantequilla	125	125	125	125
Huevos	192	192	192	192
Leche	100	100	100	100
Polvo hornear	4	4	4	4
Aguardiente	1	1	1	1
Azúcar	125	125	125	125
Sal	2	2	2	2

La mantequilla y el azúcar se mezclaron hasta obtener una textura cremosa y sin grumos, utilizando un procesador de alimentos con una varilla incorporada. A continuación, se añadieron gradualmente los ingredientes líquidos y secos, en sus respectivas concentraciones, y se mezcló hasta conseguir una masa homogénea. Mediante una manga pastelera, se colocó la mezcla en moldes aptos para horno y se hornearon en un horno industrial (Rational Selfcookingcenter, México) a 165°C en calor seco durante 16 minutos. Se obtuvieron 10 repeticiones de cada muestra.

Para el estudio de la aceptabilidad del producto se siguió el método Comment Analysis, teniendo en cuenta los parámetros: visual, tacto, sonido, olfativo y gustativo. Se conformó un panel de seis catadores semientrenados, los cuales redactaron comentarios voluntarios sobre cada muestra, sin señalar si la palabra utilizada era una cualidad positiva o negativa. El análisis de preguntas abiertas requirió un tratamiento particular, ya que algunos consumidores escribieron solo palabras mientras que otros redactaron oraciones cortas. Por tanto, los comentarios se transformaron en modalidades precisas siguiendo el método presentado por Galmarini et al. (2013), obteniendo así numerosos adjetivos para cada una de las muestras y parámetros.

#### 4.9. Diseño experimental y análisis estadístico

Se realizó un diseño de mezclas de tres componentes a través de un diseño axial que generó 27 experiencias. Para ello, se hizo uso de Minitab 18 Statistical Software (Minitab Inc., EE. UU.). Los componentes considerados en el proceso fueron la harina de grillo (HI), la cantidad cacao y la mezcla de harinas de granos con panela (harina total: HT, HG, HA, HC, HL y HM).

Para el estudio estadístico de los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA simple para evaluar la significación de los factores en estudio. Para ello, se utilizó el paquete estadístico Statgraphics Centurión XVII (StatisticalGraphics Corp., Orkille, USA). Se utilizó un nivel de confianza del 95% y cuando se observaron diferencias significativas, se analizaron las diferencias entre los niveles mediante el análisis de contraste múltiple de rango LSD.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Contenido en agua y proteína cruda

La chucula es un alimento higroscópico. Un contenido relativamente bajo de agua y la higroscopicidad son importantes características de los alimentos en polvo, ya que los productos con estructura porosa, productos muy fragmentados y todas las sustancias secas son higroscópicos en entornos de humedad relativa baja y media, lo que causa rigidez y apelmazamiento del producto (Agama, 2018).

Los valores obtenidos de humedad en el producto son similares a los reportados por otros estudios realizados en cacao en polvo, donde los valores de humedad no superan el 4,7% (Durá, 2016). En la Tabla 5 se muestran los valores medios y la desviación estándar del contenido en agua de las muestras analizadas. Al realizar el ANOVA simple se puede observar que existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las diferentes chuculas formuladas, siendo las muestras número 26 y 27 las que presentan un menor porcentaje de humedad y la número 24 la única que sobrepasa el 3% de humedad. El contenido en agua no parece estar relacionado con la cantidad de harina de insectos añadida a las muestras, puesto que los valores de humedad observados son independientes del contenido en este tipo de harina. Por otro lado, se puede apreciar una disminución del contenido de agua en aquellas muestras que contenían una menor cantidad de cacao en polvo. Por tanto, podemos indicar que las muestras con menor cantidad de cacao en polvo, como la número 27, presentan valores más bajos de humedad.

Dentro de los nutrientes esenciales para el desarrollo de la vida humana se encuentran las proteínas. Éstas son el componente principal de células y tejidos, además de ser utilizadas para diversas funciones del organismo, tales como crecimiento, desarrollo corporal, reparación y mantenimiento de tejidos, suministro de energía y otras actividades metabólicas (Gertrudis, 2020). También poseen ciertas funciones de vital importancia dentro de los alimentos, pues contribuyen al sabor, son precursoras de componentes aromáticos y sustancias coloreadas y contribuyen a la estructura física del producto formando y estabilizando geles, espumas y emulsiones. Las proteínas pueden encontrarse en altas concentraciones en alimentos como el huevo, el pescado, la carne, las legumbres y la harina, aunque en estas dos últimas su valor nutritivo no es tan elevado debido a su composición en aminoácidos. El contenido proteico de los insectos puede variar de acuerdo con la especie, etapa de metamorfosis, hábitat y dieta, sin embargo, muchos de los insectos comestibles proporcionan cantidades satisfactorias de energía y proteínas, cumpliendo con los requisitos de aminoácidos para los humanos (Van Huis et al, 2013).

La Tabla 5 muestra los valores medios y la desviación estándar del contenido en proteína cruda de cada una de las muestras obtenidas. Al realizar el ANOVA simple se puede observar que existe una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las muestras con bajas concentraciones de harina de grillo y las muestras con altas concentraciones de ésta. Así pues, la cantidad media de proteína cruda es mayor en muestras con mayor cantidad de harina de grillo, como son las muestras número 5 y 10, mientras que el porcentaje en proteína cruda disminuye en muestras con menor cantidad de esta harina. En este sentido, podemos observar que las muestras a las que no se le adicionó harina de grillo, como son las número 7, 8 y 9, presentan los valores más bajos de cantidad de proteína cruda. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre el porcentaje de proteína cruda y la concentración de cacao o de harina total. Estos valores coinciden con los obtenidos en otros estudios donde se determinó que el contenido de proteína en la harina de grillo es de aproximadamente un 60%, lo que contrasta con los valores obtenidos

para otro tipo de harinas, como por ejemplo la de maíz, la cual solo contiene un 6,54% de proteína (Barrios, 2017).

**Tabla 5.** Valores medios  $\pm$  desviación estándar del porcentaje de humedad y cantidad de proteína cruda (CP) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).

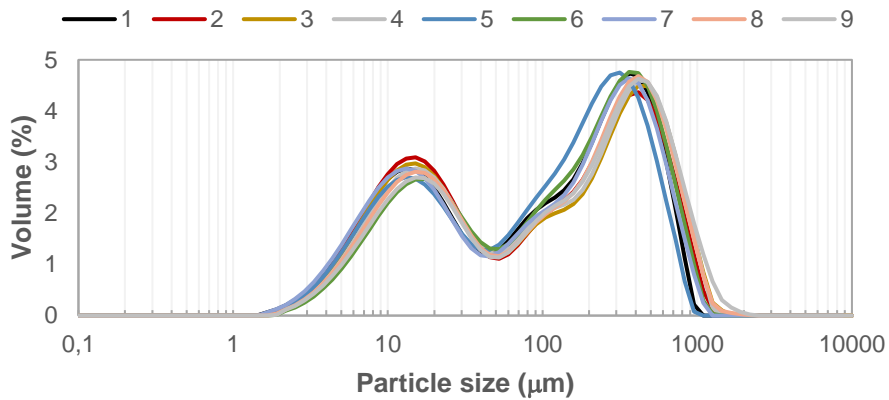
Muestra	Humedad (%)	CP (%)
1	2,962 $\pm$ 0,004 <sup>b</sup>	16,55 $\pm$ 0,16 <sup>ihg</sup>
2	2,96 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>	16,4 $\pm$ 0,2 <sup>ih</sup>
3	2,888 $\pm$ 0,002 <sup>bcd</sup>	17,4 $\pm$ 0,2 <sup>fe</sup>
4	2,70 $\pm$ 0,03 <sup>fg</sup>	17,23 $\pm$ 0,07 <sup>gfe</sup>
5	2,43 $\pm$ 0,02 <sup>k</sup>	19,6 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>
6	2,288 $\pm$ 0,003 <sup>lm</sup>	17,9 $\pm$ 0,3 <sup>ed</sup>
7	2,316 $\pm$ 0,106 <sup>l</sup>	16,110 $\pm$ 0,014 <sup>i</sup>
8	2,21 $\pm$ 0,02 <sup>m</sup>	15,94 $\pm$ 0,12 <sup>i</sup>
9	2,21 $\pm$ 0,02 <sup>m</sup>	15,9 $\pm$ 0,4 <sup>i</sup>
10	2,62 $\pm$ 0,02 <sup>h</sup>	19,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>
11	2,8709 $\pm$ 0,0003 <sup>cd</sup>	17,5 $\pm$ 0,3 <sup>fe</sup>
12	2,719 $\pm$ 0,017 <sup>f</sup>	16,3 $\pm$ 0,7 <sup>ih</sup>
13	2,861 $\pm$ 0,017 <sup>cd</sup>	16,9 $\pm$ 0,3 <sup>hgf</sup>
14	2,53 $\pm$ 0,05 <sup>ij</sup>	16,943 $\pm$ 0,019 <sup>hgf</sup>
15	2,61 $\pm$ 0,06 <sup>hi</sup>	17,36 $\pm$ 0,05 <sup>fe</sup>
16	2,83 $\pm$ 0,05 <sup>de</sup>	17,34 $\pm$ 0,06 <sup>fe</sup>
17	2,51 $\pm$ 0,03 <sup>jk</sup>	17,462 $\pm$ 0,002 <sup>fe</sup>
18	2,64 $\pm$ 0,02 <sup>gh</sup>	17,5 $\pm$ 0,3 <sup>fe</sup>
19	2,74 $\pm$ 0,06 <sup>f</sup>	17,72 $\pm$ 0,14 <sup>ed</sup>
20	2,87 $\pm$ 0,07 <sup>cd</sup>	17,6 $\pm$ 0,2 <sup>fed</sup>
21	2,82 $\pm$ 0,05 <sup>de</sup>	17,544 $\pm$ 0,119 <sup>fe</sup>
22	2,761 $\pm$ 0,013 <sup>ef</sup>	16,5 $\pm$ 0,5 <sup>ih</sup>
23	2,96 $\pm$ 0,02 <sup>b</sup>	17,6 $\pm$ 0,6 <sup>fed</sup>
24	3,043 $\pm$ 0,019 <sup>a</sup>	16,5 $\pm$ 0,4 <sup>ih</sup>
25	2,938 $\pm$ 0,015 <sup>bc</sup>	19,5 $\pm$ 0,2 <sup>ba</sup>
26	1,33 $\pm$ 0,05 <sup>n</sup>	18,3 $\pm$ 0,9 <sup>dc</sup>
27	0,941 $\pm$ 0,003 <sup>ñ</sup>	18,74 $\pm$ 0,14 <sup>cb</sup>

## 5.2. Tamaño de partícula

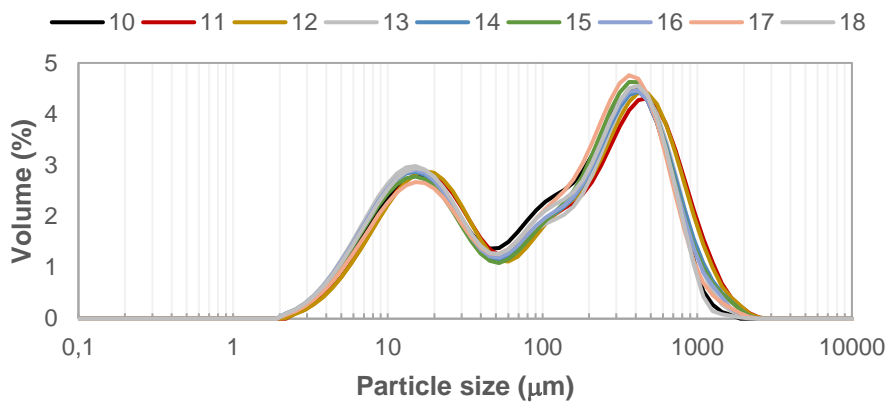
Dependiendo del proceso de molienda y las condiciones, los ingredientes en polvo pueden ser diferentes en tamaño de partícula (García-Segovia et al., 2020). Los cambios de tamaño de partícula pueden implicar asimismo cambios en otras características, como por ejemplo en la capacidad de absorción de aceite (IAA) o en la capacidad de retención de agua (CRA), siendo estos parámetros tecnológicos de gran interés de cara al uso de harinas en el desarrollo de alimentos funcionales (Vela, 2020). Otro dato importante para este tipo de producto es el hecho de que al disminuir el tamaño de partícula aumenta la superficie interfacial y disminuye la longitud de los poros, aumentando así la velocidad de disolución (Ramírez et al., 2016).

Las Figuras 5, 6 y 7 muestran las distribuciones de tamaño de partícula en volumen de las muestras de chucula. La Figura 5 evidencia que las muestras de la 1 a la 9 presentan un tamaño de partícula entre 1,66  $\mu\text{m}$  y 1659,59  $\mu\text{m}$ , mientras que las Figuras 6 y 7 presentan un rango entre 2,19  $\mu\text{m}$  y 2187,76  $\mu\text{m}$ , aproximadamente. Las curvas de distribución del tamaño de partícula muestran una tendencia muy similar, lo que representa que son mezclas con una distribución de tamaños prácticamente iguales. Sin embargo, en la Figura 5 se puede apreciar como la curva de distribución de la muestra número 5 tiene un leve desplazamiento hacia la

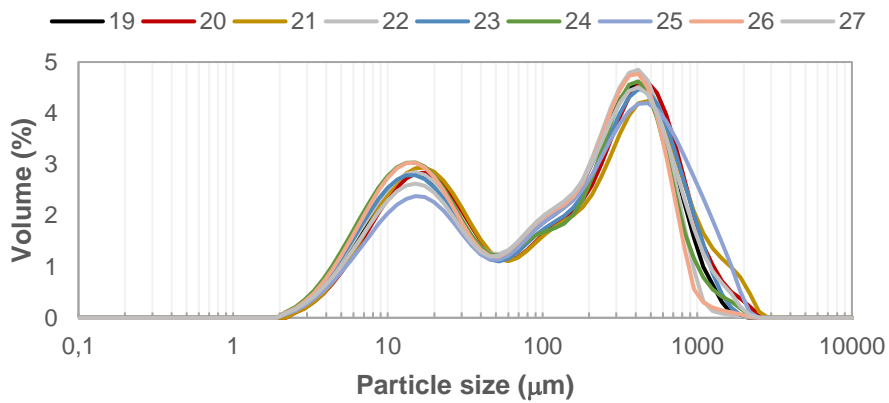
izquierda, lo que indica que tiene menores tamaños de partícula. El caso contrario ocurre en la Figura 7, donde la curva de distribución de la muestra 25 presenta un leve desplazamiento hacia la derecha, indicando que se han aumentado los tamaños de las partículas.



**Figura 5.** Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9



**Figura 6.** Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18



**Figura 7.** Distribución del tamaño de partícula en volumen (curvas representativas) de las muestras número 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27

En la Tabla 6 se muestra el tamaño de partícula obtenido de las chuculas formuladas, caracterizado por el diámetro medio volumétrico y los valores de percentiles estándar. Al realizar un ANOVA simple, los valores de  $D[4,3]$  mostraron que al disminuir la concentración de cacao en polvo de las muestras, el tamaño de partícula aumenta significativamente ( $p < 0,05$ ), obteniéndose los menores tamaños de partícula para la muestra 5, la cual presenta un mayor contenido de cacao. Lo mismo ocurre, aunque no de forma tan marcada, en las muestras con bajas concentraciones en harina de insectos, las cuales presentan los valores de  $D[4,3]$  más bajos, obteniéndose por tanto tamaños de partícula menores. El percentil  $d(0,9)$  es significativamente ( $p < 0,05$ ) diferente entre todas las muestras; el 90% de las partículas de las muestras de chucula que no contenían harina de insectos, como las muestras 6 y 24 presentaron un tamaño de partícula menor a  $530,35 \mu\text{m}$  y  $575,83 \mu\text{m}$ , respectivamente. Los resultados obtenidos son similares a los reportados por otros estudios donde también se añadió harina de grillo a un producto tradicional. Por ejemplo, en el caso de tortillas de maíz con harina de grillo añadida se obtuvieron partículas de mayor tamaño para las muestras con mayores concentraciones de harina de grillo (Barrios, 2017).

**Tabla 6.** Valores medios  $\pm$  desviación estándar del diámetro medio volumétrico ( $\mu\text{m}$ )  $D[4,3]$  y de los percentiles estándar ( $\mu\text{m}$ )  $d(0,01)$ ,  $d(0,05)$  y  $d(0,09)$  de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Muestra	$D(4,3)$	$d(0,1)$	$d(0,5)$	$d(0,9)$
1	209 $\pm$ 8 <sup>ghij</sup>	8,32 $\pm$ 0,09 <sup>ef</sup>	119 $\pm$ 8 <sup>efgh</sup>	552 $\pm$ 22 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>
2	200 $\pm$ 13 <sup>hij</sup>	7,58 $\pm$ 0,16 <sup>k</sup>	105 $\pm$ ) <sup>h</sup>	543 $\pm$ 37 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>
3	220 $\pm$ 27 <sup>defghij</sup>	7,8 $\pm$ 0,4 <sup>ijk</sup>	117 $\pm$ 21 <sup>efgh</sup>	593 $\pm$ 69 <sup>cdefgh</sup>
4	220 $\pm$ 20 <sup>defghij</sup>	8,24 $\pm$ 0,17 <sup>efg</sup>	124 $\pm$ 18 <sup>cdefgh</sup>	584 $\pm$ 47 <sup>cdefgh</sup>
5	195,7 $\pm$ 10,2 <sup>i</sup>	8,8 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	127 $\pm$ 17 <sup>bcdefg</sup>	500 $\pm$ 20 <sup>i</sup>
6	207 $\pm$ 14 <sup>efghij</sup>	9,2 $\pm$ 0,4 <sup>ab</sup>	133,1 $\pm$ 11,3 <sup>bcdef</sup>	530 $\pm$ 36 <sup>ghi</sup>
7	219 $\pm$ 7 <sup>defghij</sup>	8,15 $\pm$ 0,13 <sup>efgh</sup>	126 $\pm$ 6 <sup>bcdefgh</sup>	578 $\pm$ 21 <sup>defghi</sup>
8	223 $\pm$ 17 <sup>cdefghij</sup>	8,4 $\pm$ 0,3 <sup>de</sup>	132 $\pm$ 16 <sup>bcdef</sup>	581 $\pm$ 39 <sup>cdefgh</sup>
9	243 $\pm$ 25 <sup>bcd</sup>	8,8 $\pm$ 0,3 <sup>c</sup>	146 $\pm$ 12 <sup>bc</sup>	628 $\pm$ 66 <sup>bcde</sup>
10	208 $\pm$ 32 <sup>efghij</sup>	8,8 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>	119 $\pm$ 22 <sup>defgh</sup>	547 $\pm$ 81 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>
11	230 $\pm$ 26 <sup>bcdefgh</sup>	8,4 $\pm$ 0,2 <sup>ef</sup>	124 $\pm$ 14 <sup>cdefgh</sup>	605 $\pm$ 69 <sup>bcdefg</sup>
12	228 $\pm$ 31 <sup>bcdefghi</sup>	8,4 $\pm$ 0,4 <sup>de</sup>	129 $\pm$ 22 <sup>bcdefg</sup>	591 $\pm$ 79 <sup>cdefgh</sup>
13	224 $\pm$ 32 <sup>cdefghij</sup>	8,0 $\pm$ 0,3 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>	119 $\pm$ 28 <sup>defgh</sup>	593 $\pm$ 70 <sup>cdefgh</sup>
14	237 $\pm$ 13 <sup>bcdef</sup>	8,25 $\pm$ 0,13 <sup>efg</sup>	129 $\pm$ 7 <sup>bcdefg</sup>	614 $\pm$ 33 <sup>bcdef</sup>
15	236 $\pm$ 27 <sup>bcdef</sup>	8,4 $\pm$ 0,3 <sup>de</sup>	140 $\pm$ 19 <sup>bcd</sup>	601 $\pm$ 70 <sup>bcdefg</sup>
16	224 $\pm$ 29 <sup>cdefghij</sup>	8,2 $\pm$ 0,3 <sup>efgh</sup>	125 $\pm$ 29 <sup>bcdefgh</sup>	581 $\pm$ 75 <sup>cdefgh</sup>
17	222 $\pm$ 30 <sup>defghij</sup>	8,9 $\pm$ 0,5 <sup>bc</sup>	138 $\pm$ 25 <sup>bcde</sup>	558 $\pm$ 63 <sup>efghi</sup>
18	204 $\pm$ 28 <sup>ghij</sup>	8,3 $\pm$ 0,3 <sup>efg</sup>	114 $\pm$ 16 <sup>fgh</sup>	540 $\pm$ 70 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>
19	230 $\pm$ 37 <sup>bcdefg</sup>	8,3 $\pm$ 0,2 <sup>ef</sup>	136 $\pm$ 24 <sup>bcde</sup>	600 $\pm$ 102 <sup>bcdefg</sup>
20	237 $\pm$ 36 <sup>bcde</sup>	8,05 $\pm$ 0,18 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>	135 $\pm$ 12 <sup>bcdef</sup>	612 $\pm$ 98 <sup>bcdef</sup>
21	256 $\pm$ 23 <sup>b</sup>	7,9 $\pm$ 0,2 <sup>hij</sup>	126 $\pm$ 13 <sup>bcdefgh</sup>	672 $\pm$ 78 <sup>b</sup>
22	209 $\pm$ 23 <sup>efghij</sup>	8,1 $\pm$ 0,2 <sup>efgh</sup>	125 $\pm$ 17 <sup>cdefgh</sup>	542 $\pm$ 52 <sup>fg</sup> <sub>hi</sub>
23	248 $\pm$ 39 <sup>bcd</sup>	8,0 $\pm$ 0,3 <sup>ghi</sup>	143 $\pm$ 31 <sup>bc</sup>	655 $\pm$ 100 <sup>bcd</sup>
24	219 $\pm$ 40 <sup>defghij</sup>	7,5 $\pm$ 0,2 <sup>k</sup>	109 $\pm$ 25 <sup>gh</sup>	576 $\pm$ 99 <sup>defghi</sup>
25	315 $\pm$ 34 <sup>a</sup>	9,5 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	187 $\pm$ 32 <sup>a</sup>	833 $\pm$ 91 <sup>a</sup>
26	198 $\pm$ 27 <sup>ij</sup>	7,80 $\pm$ 0,14 <sup>ijk</sup>	109 $\pm$ 14 <sup>gh</sup>	519 $\pm$ 61 <sup>hi</sup>
27	253 $\pm$ 35 <sup>bc</sup>	8,7 $\pm$ 0,2 <sup>cd</sup>	147 $\pm$ 17 <sup>b</sup>	658 $\pm$ 103 <sup>bc</sup>

### 5.3. Índices de absorción y solubilidad del agua

Los índices de absorción de agua (WAI) y de solubilidad de agua (WSI) constituyen una propiedad física importante puesto que, como se ha explicado, la harina podría apelmazarse y formar aglomerados dando paso a un producto más rígido. La Tabla 7 muestra los valores medios y la

desviación estándar del WAI y del WSI. El WAI indica la cantidad de agua inmovilizada en cada muestra, mientras que el WSI está relacionado con la cantidad de sólidos solubles presentes en el producto en función de la solubilización de almidones, azúcares, proteínas y fibras (Igal et al., 2021). El WAI y WSI pueden estimar las características funcionales de los alimentos y predecir cómo pueden comportarse los materiales con el posterior procesamiento (García-Segovia et al., 2020).

**Tabla 7.** Valores medios  $\pm$  desviación estándar del índice de absorción (WAI) y del índice de solubilidad (WSI) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Muestra	WAI	WSI (%)
1	2,37 $\pm$ 0,18 <sup>dcb</sup>	13,3 $\pm$ 0,4 <sup>abcde</sup>
2	2,51 $\pm$ 0,07 <sup>cba</sup>	12,7 $\pm$ 0,9 <sup>efg</sup>
3	2,7 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	13,4 $\pm$ 0,5 <sup>abc</sup>
4	2,25 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	13,3 $\pm$ 0,2 <sup>abcde</sup>
5	2,31 $\pm$ 0,03 <sup>dcb</sup>	13,17 $\pm$ 0,08 <sup>abcdef</sup>
6	2,206 $\pm$ 0,006 <sup>d</sup>	13,29 $\pm$ 0,13 <sup>abcde</sup>
7	2,520 $\pm$ 0,006 <sup>ba</sup>	12,72 $\pm$ 0,05 <sup>defg</sup>
8	2,485 $\pm$ 0,015 <sup>cba</sup>	12,554 $\pm$ 0,004 <sup>fg</sup>
9	2,2 $\pm$ 0,2 <sup>d</sup>	12,4 $\pm$ 0,5 <sup>g</sup>
10	2,26 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>	13,04 $\pm$ 0,13 <sup>bcdef</sup>
11	2,292 $\pm$ 0,015 <sup>dc</sup>	13,3 $\pm$ 0,3 <sup>abcde</sup>
12	2,33 $\pm$ 0,03 <sup>dcb</sup>	12,9 $\pm$ 0,2 <sup>bcdefg</sup>
13	2,42 $\pm$ 0,03 <sup>dcb</sup>	12,9 $\pm$ 0,4 <sup>cdefg</sup>
14	2,2612 $\pm$ 0,0105 <sup>d</sup>	13,25 $\pm$ 0,09 <sup>abcde</sup>
15	2,30 $\pm$ 0,05 <sup>dcb</sup>	13,011 $\pm$ 0,118 <sup>bcdefg</sup>
16	2,34 $\pm$ 0,05 <sup>dcb</sup>	13,56 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>
17	2,36 $\pm$ 0,18 <sup>dcb</sup>	13,1 $\pm$ 0,7 <sup>abcdef</sup>
18	2,31 $\pm$ 0,07 <sup>dcb</sup>	13,1 $\pm$ 0,3 <sup>bcdef</sup>
19	2,29 $\pm$ 0,09 <sup>dc</sup>	13,10 $\pm$ 0,18 <sup>bcdef</sup>
20	2,331 $\pm$ 0,019 <sup>dcb</sup>	13,41 $\pm$ 0,06 <sup>abc</sup>
21	2,32 $\pm$ 0,05 <sup>dcb</sup>	13,38 $\pm$ 0,04 <sup>abcd</sup>
22	2,213 $\pm$ 0,006 <sup>d</sup>	13,77 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
23	2,41 $\pm$ 0,02 <sup>dcb</sup>	12,95 $\pm$ 0,19 <sup>bcdefg</sup>
24	2,34 $\pm$ 0,07 <sup>dcb</sup>	12,9 $\pm$ 0,9 <sup>bcdefg</sup>
25	2,31 $\pm$ 0,06 <sup>dcb</sup>	13,2 $\pm$ 0,9 <sup>abcdef</sup>
26	2,35 $\pm$ 0,03 <sup>dcb</sup>	12,8 $\pm$ 0,2 <sup>cdefg</sup>
27	2,32 $\pm$ 0,02 <sup>dcb</sup>	12,7 $\pm$ 0,2 <sup>efg</sup>

Al realizar un ANOVA simple se pudo observar una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en los valores de WSI de las diferentes chuculas formuladas. En la mayoría de los casos, la presencia de harina de grillo no influyó en la solubilización de los componentes, así como tampoco lo hicieron el cacao en polvo ni la harina de granos, puesto que las diferencias en los valores de WSI de cada muestra no estaban relacionadas con el contenido de ninguno de estos ingredientes. Por otro lado, aunque no se observaron cambios significativos ( $p < 0,05$ ) en los valores de WAI, analizando los datos se puede apreciar un leve descenso de los valores de WAI al disminuir el contenido de cacao en polvo de las muestras de chucula. Además, el índice de WAI y el índice de WSI fueron satisfactorios porque la mayoría de los elementos sólidos del polvo obtenido en las condiciones experimentales eran fácilmente solubles en agua. Resultados similares se observaron en otros estudios, donde los valores de WAI y WSI obtenidos fueron  $2,87 \pm 0,05$  para harinas (Meza, 2011) y  $16,00 \pm 0,07$  para cacao en polvo (Margalef, 1998).

#### 5.4. Propiedades ópticas

El color es un importante atributo de los productos alimenticios. Los consumidores frecuentemente miran un producto y toman una decisión basada ampliamente en el aspecto total, incluyendo el color. El color puede estar influenciado y relacionado a muchas otras propiedades (Good, 2002). En la Tabla 8 se muestran las coordenadas de color Luminosidad ( $L^*$ ),  $a^*$ ,  $b^*$ , Tono ( $h^*_{ab}$ ) y Cromo ( $C^*_{ab}$ ) de las diferentes muestras de chucula.

**Tabla 8.** Valores medios  $\pm$  y desviación estándar de las coordenadas de color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $h^*_{ab}$  y  $C^*_{ab}$ ) de cada una de las muestras obtenidas. Las letras en superíndice dentro de las columnas indican grupos homogéneos según la ANOVA ( $p < 0,05$ ).

Muestra	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$h^*_{ab}$	$C^*_{ab}$
1	50,375 $\pm$ 0,107 <sup>g</sup>	10,94 $\pm$ 0,04 <sup>mn</sup>	16,10 $\pm$ 0,03 <sup>q</sup>	55,80 $\pm$ 0,08 <sup>ijkl</sup>	19,46 $\pm$ 0,04 <sup>p</sup>
2	48,3 $\pm$ 0,3 <sup>ñ</sup>	12,28 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	17,91 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup>	55,58 $\pm$ 0,12 <sup>n</sup>	21,71 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>
3	44,24 $\pm$ 0,15 <sup>o</sup>	13,47 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	18,675 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	54,20 $\pm$ 0,06 <sup>ñ</sup>	23,03 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>
4	50,65 $\pm$ 0,13 <sup>f</sup>	11,37 $\pm$ 0,04 <sup>i</sup>	17,32 $\pm$ 0,02 <sup>jk</sup>	56,72 $\pm$ 0,09 <sup>cd</sup>	20,72 $\pm$ 0,03 <sup>jk</sup>
5	49,97 $\pm$ 0,05 <sup>i</sup>	11,22 $\pm$ 0,04 <sup>jk</sup>	17,13 $\pm$ 0,08 <sup>m</sup>	56,77 $\pm$ 0,19 <sup>c</sup>	20,48 $\pm$ 0,05 <sup>m</sup>
6	50,793 $\pm$ 0,019 <sup>ef</sup>	11,348 $\pm$ 0,005 <sup>i</sup>	17,195 $\pm$ 0,010 <sup>lm</sup>	56,58 $\pm$ 0,02 <sup>e</sup>	20,602 $\pm$ 0,008 <sup>l</sup>
7	51,73 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	11,01 $\pm$ 0,04 <sup>m</sup>	16,460 $\pm$ 0,016 <sup>p</sup>	56,23 $\pm$ 0,08 <sup>gh</sup>	19,80 $\pm$ 0,03 <sup>o</sup>
8	51,5 $\pm$ 0,4 <sup>c</sup>	10,88 $\pm$ 0,09 <sup>n</sup>	16,57 $\pm$ 0,14 <sup>o</sup>	56,71 $\pm$ 0,04 <sup>cde</sup>	19,83 $\pm$ 0,17 <sup>o</sup>
9	51,46 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>	11,080 $\pm$ 0,008 <sup>l</sup>	16,90 $\pm$ 0,05 <sup>ñ</sup>	56,74 $\pm$ 0,08 <sup>cd</sup>	20,20 $\pm$ 0,04 <sup>n</sup>
10	49,76 $\pm$ 0,03 <sup>jk</sup>	11,615 $\pm$ 0,013 <sup>h</sup>	17,643 $\pm$ 0,013 <sup>ef</sup>	56,64 $\pm$ 0,03 <sup>cde</sup>	21,122 $\pm$ 0,015 <sup>fg</sup>
11	49,95 $\pm$ 0,03 <sup>i</sup>	11,68 $\pm$ 0,02 <sup>gh</sup>	17,387 $\pm$ 0,006 <sup>ij</sup>	56,10 $\pm$ 0,05 <sup>hi</sup>	20,947 $\pm$ 0,009 <sup>i</sup>
12	49,62 $\pm$ 0,06 <sup>kl</sup>	11,820 $\pm$ 0,008 <sup>ef</sup>	17,31 $\pm$ 0,02 <sup>jk</sup>	55,68 $\pm$ 0,03 <sup>lmn</sup>	20,96 $\pm$ 0,02 <sup>hi</sup>
13	49,428 $\pm$ 0,013 <sup>m</sup>	11,9500 $\pm$ 0,0115 <sup>c</sup>	17,45 $\pm$ 0,08 <sup>i</sup>	55,60 $\pm$ 0,10 <sup>mn</sup>	21,15 $\pm$ 0,07 <sup>efg</sup>
14	49,588 $\pm$ 0,102 <sup>klm</sup>	11,958 $\pm$ 0,019 <sup>c</sup>	17,55 $\pm$ 0,04 <sup>gh</sup>	55,724 $\pm$ 0,018 <sup>klm</sup>	21,23 $\pm$ 0,04 <sup>cde</sup>
15	49,50 $\pm$ 0,10 <sup>lm</sup>	11,89 $\pm$ 0,04 <sup>cde</sup>	17,390 $\pm$ 0,010 <sup>ij</sup>	55,638 $\pm$ 0,112 <sup>mn</sup>	21,066 $\pm$ 0,017 <sup>gh</sup>
16	49,93 $\pm$ 0,05 <sup>ij</sup>	11,69 $\pm$ 0,07 <sup>gh</sup>	17,81 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>	56,728 $\pm$ 0,105 <sup>cd</sup>	21,30 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>
17	51,12 $\pm$ 0,15 <sup>d</sup>	11,17 $\pm$ 0,04 <sup>k</sup>	17,56 $\pm$ 0,03 <sup>fgh</sup>	57,55 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	20,81 $\pm$ 0,02 <sup>i</sup>
18	50,19 $\pm$ 0,16 <sup>h</sup>	11,72 $\pm$ 0,07 <sup>g</sup>	17,62 $\pm$ 0,05 <sup>efgh</sup>	56,36 $\pm$ 0,08 <sup>fg</sup>	21,16 $\pm$ 0,08 <sup>efg</sup>
19	50,39 $\pm$ 0,02 <sup>g</sup>	11,795 $\pm$ 0,013 <sup>f</sup>	17,628 $\pm$ 0,017 <sup>efg</sup>	56,21 $\pm$ 0,03 <sup>hi</sup>	21,209 $\pm$ 0,019 <sup>cdef</sup>
20	50,42 $\pm$ 0,08 <sup>g</sup>	11,635 $\pm$ 0,018 <sup>h</sup>	17,17 $\pm$ 0,07 <sup>lm</sup>	55,88 $\pm$ 0,10 <sup>j</sup>	20,74 $\pm$ 0,06 <sup>jk</sup>
21	49,11 $\pm$ 0,05 <sup>n</sup>	11,89 $\pm$ 0,02 <sup>cd</sup>	17,54 $\pm$ 0,14 <sup>h</sup>	55,86 $\pm$ 0,25 <sup>jk</sup>	21,189 $\pm$ 0,104 <sup>def</sup>
22	50,82 $\pm$ 0,06 <sup>ef</sup>	11,37 $\pm$ 0,09 <sup>i</sup>	17,24 $\pm$ 0,07 <sup>kl</sup>	56,610 $\pm$ 0,115 <sup>de</sup>	20,651 $\pm$ 0,105 <sup>kl</sup>
23	49,76 $\pm$ 0,08 <sup>jk</sup>	11,95 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>	18,010 $\pm$ 0,014 <sup>b</sup>	56,44 $\pm$ 0,13 <sup>f</sup>	21,61 $\pm$ 0,04 <sup>b</sup>
24	50,4000 $\pm$ 0,1003 <sup>g</sup>	11,870 $\pm$ 0,014 <sup>de</sup>	17,65 $\pm$ 0,04 <sup>e</sup>	56,08 $\pm$ 0,04 <sup>i</sup>	21,27 $\pm$ 0,04 <sup>cd</sup>
25	50,93 $\pm$ 0,08 <sup>e</sup>	11,24 $\pm$ 0,03 <sup>i</sup>	17,39 $\pm$ 0,03 <sup>ij</sup>	57,12 $\pm$ 0,07 <sup>b</sup>	20,70 $\pm$ 0,04 <sup>kl</sup>
26	50,258 $\pm$ 0,013 <sup>gh</sup>	11,325 $\pm$ 0,006 <sup>i</sup>	17 $\pm$ 0 <sup>n</sup>	56,360 $\pm$ 0,013 <sup>fg</sup>	20,443 $\pm$ 0,004 <sup>m</sup>
27	51,938 $\pm$ 0,010 <sup>a</sup>	10,768 $\pm$ 0,010 <sup>ñ</sup>	16,873 $\pm$ 0,005 <sup>ñ</sup>	57,455 $\pm$ 0,017 <sup>a</sup>	20,015 $\pm$ 0,009 <sup>ñ</sup>

La Luminosidad ( $L^*$ ) de las chuculas obtenidas presenta valores entre 44,24 y 51,94. Al realizar un ANOVA simple se observan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las muestras con mayores concentraciones de harina total y las muestras con menores concentraciones de ésta, siendo las que contienen más cantidad de harina total las que presentan una mayor luminosidad y, por tanto, dando lugar a un aspecto menos oscuro. Estos valores coinciden con los reportados por otros estudios, donde al reducir la harina de maíz y sustituirla por harina de grillo los valores de luminosidad se redujeron significativamente (Barrios, 2017).

La muestra 3 fue la que presentó los valores más altos para las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  y Cromo ( $C^*_{ab}$ ) en comparación con el resto de chuculas formuladas. La coordenada  $a^*$  indica una medida del contenido de verde o de rojo de un color y la coordenada  $b^*$  indica una medida del contenido de azul o de amarillo de un color, mientras que  $C^*_{ab}$  indica la pureza o saturación del producto. Es por ello que la muestra número 3 presentó un color más anaranjado y saturado que el resto de chuculas, lo cual se puede relacionar con su mayor contenido en cacao. El caso contrario



ocurrió con muestras con un menor porcentaje de este ingrediente, como la muestra 1, la cual presentó los valores más bajos para las coordenadas  $a^*$ ,  $b^*$  y Croma ( $C^*_{ab}$ ), dando lugar a una chucula de un color más azulado y menos saturado que la muestra 3. Aunque la muestra número 1 poseía una concentración de harina de insectos menor que la muestra 3, este dato no fue representativo en el estudio puesto que la cantidad de harina de grillo resultó ser un factor independiente a los valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y  $C^*_{ab}$ .

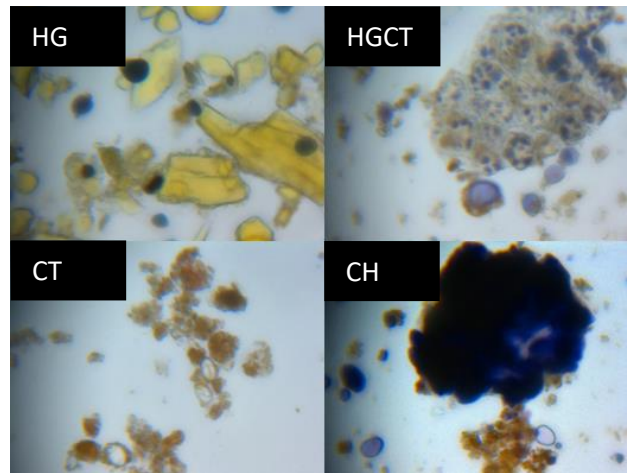
El Tono ( $h^*_{ab}$ ) indica la orientación relativa del color respecto al origen  $0^\circ$  (Talens, 2017). Al realizar un ANOVA simple se puede observar una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las muestras con diferentes concentraciones de cacao y harina de insectos. Las formulaciones de chucula con un menor contenido en harina de grillo presentaron valores más bajos de tono que las que tenían mayor contenido en harina de insectos. También el cacao resultó ser importante en este caso, puesto que se puede observar que al aumentar el contenido de este ingrediente en las muestras disminuían los valores de  $h^*_{ab}$ , dando lugar a chuculas con colores más marcados.

## 5.5. Caracterización de la chucula elaborada en Colombia

### 5.5.1. Imagen de la microestructura

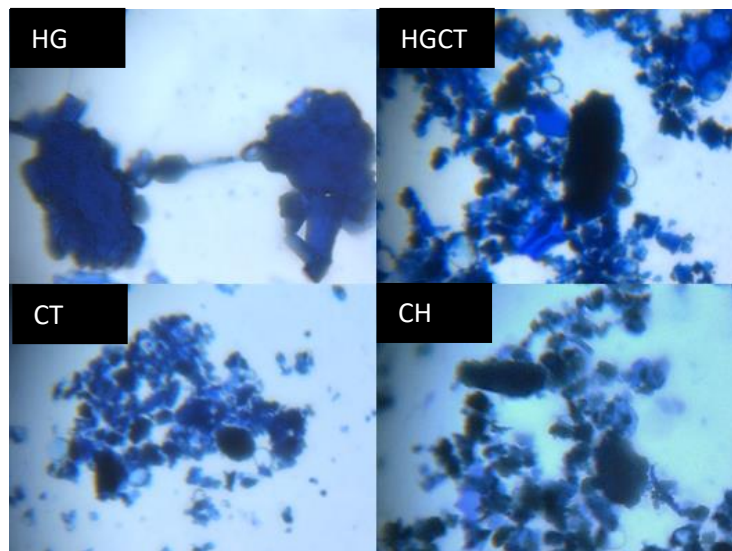
La microestructura de un alimento muestra la organización de sus componentes y la interacción entre ellos a nivel microscópico. Durante el procesado y almacenamiento de un alimento, su microestructura puede verse modificada en función de las condiciones a las que se vea sometido. Así, los alimentos pueden tener similar composición química y manifestar comportamientos totalmente diferentes dependiendo de la forma en la que se hayan organizado sus componentes durante el procesado (Aguilera y Stanley, 1999). El reactivo de Lugol se puede utilizar para reconocer la presencia de almidón, porque esta sustancia adsorbe el yodo produciendo una coloración azul intensa, coloración que desaparece al calentar, porque se rompe la estructura que se ha producido, pero vuelve a aparecer al enfriar (Martín et al., 2013). El Azul de metileno es un colorante catiónico con carga positiva, por lo tanto es muy fácil que penetre en el interior de las células y las tiñan. Este método permite conocer los intercambios superficiales en la lignina y, por tanto, la presencia de celulosa en el alimento. (Albadarin et al., 2017). Por otro lado, el Rojo Sudán III es un colorante soluble en grasa, lo que permite conocer la presencia de triglicéridos en los alimentos. Algunos estudios realizados en quesos han mostrado que este colorante otorga un color naranja brillante a las grasas neutrales, mientras que una coloración roja se asocia a microgramos de gotas de grasa inmersos en interacciones lípido-proteicas (Ermolaev et al., 2021).

En las Figuras 8, 9 y 10 se muestran las fotografías tomadas a 40 aumentos con microscopio óptico de las muestras teñidas con colorante Lugol, Azul de metileno y Rojo Sudán (III), respectivamente. En la Figura 8 se puede observar cómo al realizar una tinción con Lugol en la muestra de chucula de harinas (CH) aparece un color azul intenso sobre algunos orgánulos, lo que indica que el colorante se ha disuelto en el almidón que contienen las harinas. En las muestras de harina de grillo (HG) y harina tradicional (CT) casi no se presentan zonas coloreadas, por lo que estos productos no contienen gran porcentaje de almidón. Por el contrario, en la muestra de chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT) si se pueden observar varias zonas de pequeño tamaño con un azul no tan intenso. La gran diferencia entre la chucula tradicional y la chucula de harinas puede deberse a un diferente procesamiento de los granos y a la adición de estabilizantes en las harinas comerciales.



**Figura 8.** Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Lugol. Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH)

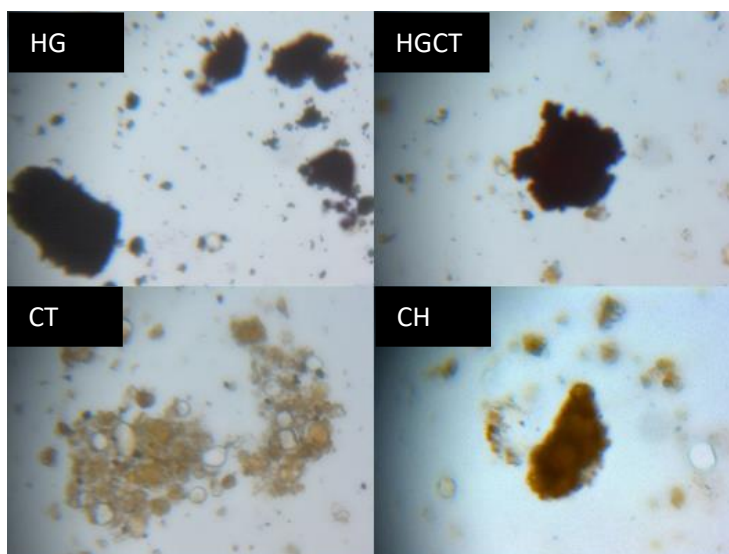
En la Figura 9 podemos observar cómo al realizar una tinción con azul de metileno en la muestra de harina de grillo (HG), aparecen grandes superficies de color azul intenso, lo que es debido a la gran cantidad de polisacáridos complejos que, en este caso, pueden corresponder al exoesqueleto de los grillos contenidos en la chucula. El caso contrario ocurre con la chucula tradicional (CT) y la chucula de harinas (CH), donde las zonas coloreadas de este tono son más dispersas, tenues y de menor tamaño, ya que estos productos contienen un bajo porcentaje de compuestos asociados a polisacáridos complejos tipo celulosa y hemicelulosa, además el contenido de fibra de estas harinas es relativamente bajo, siendo menor al 1%. Es por ello, que en la chucula tradicional con harina de grillo (CTHG) también se observa una zona con este azul oscuro, pues sigue debiéndose a la fibra que contiene la harina de grillo.



**Figura 9.** Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Azul de metileno. Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH)

En la Figura 10 se muestra como al teñir las muestras de chucula tradicional (CT) y chucula de harinas (CH) con el colorante Rojo sudán (III) no aparece el color rojo intenso deseado, ya que el producto contiene un bajo contenido en grasas. Sin embargo, podemos observar como en la muestra de harina de grillo (HG) aparecen varias zonas coloreadas de rojo anaranjado intenso, de un tamaño considerable, proceso que ocurre cuando el colorante se disuelve en los lípidos,

por lo que se puede afirmar que la harina de grillo contiene un mayor porcentaje de grasa que las chuculas. Esta afirmación es totalmente coherente, ya que la harina de grillo contiene un 5,5% de grasa. La muestra de chucula tradicional con harina de grillo (CTHG) también presenta una zona coloreada de rojo, proveniente de la harina de grillo.



**Figura 10.** Fotografía a microscopio óptico 40x de las muestras teñidas con colorante Rojo sudán (III). Harina de grillo (HG); Chucula tradicional con harina de grillo añadida (HGCT); Chucula tradicional (CT); Chucula de harinas (CH)

### 5.5.2. Análisis sensorial: Comment analysis

El análisis sensorial es una técnica objetiva de medida que utiliza como instrumentos de análisis los órganos de los sentidos, con la finalidad de conocer y evaluar las propiedades sensoriales de los alimentos. El método Comment Analysis consiste en permitir a los jueces una escritura de los datos personal y sin orientación para, posteriormente, realizar un análisis de los comentarios calculando la frecuencia de mención de los términos utilizados por los catadores para describir el producto, obteniendo como resultado una tabla de contingencia (Symoneaux et al., 2012).

Las respuestas proporcionadas por los jueces fueron analizadas y, de entre ellas, se seleccionaron las más repetitivas (Tabla 9). Tomando como muestra control la mantecada tradicional (P1), se puede observar que visualmente la muestra que más se asemeja a ésta es la mantecada de harina de grillo. Esto es debido a que el contenido en cacao de las muestras que contenían chucula, como P3 y P4, reemplazan el color amarillo de la mantecada tradicional por un color café. Además, se puede observar que las muestras que no contenían harina de grillo, como la P3, proporcionan un color más uniforme al producto, debido a los gránulos que se forman con la adición de harina de grillo. Estos datos pueden verse representados de forma visual en la Figura 11.



**Figura 11.** Muestras de mantecada con diferentes concentraciones de chucula y harina de grillo. Mantecada tradicional (P1); Mantecada de harina de grillo (P2); Mantecada de chucula con harina de grillo añadida (P3); Mantecada de chucula tradicional (P4)

En la Tabla 9 se muestra como el tacto no pareció estar relacionado con ninguno de los ingredientes añadidos, pues este presentó atributos diferentes independientemente de si la muestra contenía chucula o harina de grillo. El sonido fue determinado como crocante para todas las muestras, por lo que la adición de estos ingredientes no causó diferencias en este parámetro. Por otra parte, las muestras que contenían chucula fueron descritas con un olor cacao, a diferencia de la muestra control, la cual presentó olor a lácteo y maíz. La muestra P2 reveló los valores más negativos, siendo descrita con olor tostado y a tierra. Por último, la muestra con los atributos de sabor más similares a la muestra control fue la mantecada de chucula con harina de grillo añadida (P3), la cual reveló un sabor dulce y a maíz, aunque tanto ésta como la muestra P4, la cual también contenía chucula, presentaron un sabor a cacao ausente en la mantecada tradicional. De nuevo la muestra P2 fue la que presentó los valores más negativos, siendo descrita como seca, grumosa y astringente, aunque conservando el sabor a maíz de la muestra control.

**Tabla 9.** Atributos y descriptores obtenidos mediante Comment Analysis de las muestras de mantecada.

Muestra	Visual	Tacto	Sonido	Olfativo	Gustativo
P1	Amarillo	Arenoso	Crocante	Lácteo	Dulce
	Apetitoso	Grasoso		Maíz	Lácteo
	Esponjoso	Esponjoso		Maíz	Maíz
P2	Amarillo	Arenoso	Crocante	Terroso	Seco
	Café	Compacto		Maíz	Grumoso
	Gránulos	Esponjoso		Tostado	Astringente
	Esponjoso				Maíz
P3	Café	Arenoso	Crocante	Cacao	Cacao
	Compacto	Crujiente		Tostado	Dulce
	Esponjoso	Seco			Maíz
P4		Esponjoso	Crocante		
	Café	Compacto		Cacao	Dulce
	Esponjoso	Esponjoso		Canela	Cacao
	Uniforme			Canela	

## 6. CONCLUSIONES

- La adición de harina de grillo en la receta original de chucula del departamento cundinamarqués ha mostrado un comportamiento adecuado para la obtención de un nuevo producto con mayor aporte proteico.
- La adición de harina de grillo en la chucula ha demostrado tener una pequeña repercusión en la solubilidad del producto, problema que podría solucionarse aumentando los tiempos de molienda de ésta. También se ha observado una disminución de la luminosidad y un aumento del tono debido al reemplazo de harina de maíz por harina de grillo, aunque las diferencias entre los valores han sido mínimas.
- Las demás determinaciones analíticas no han presentado cambios importantes entre la chucula sin harina de grillo y la chucula con harina de grillo. Por tanto, podría considerarse que la adición de este ingrediente no causa alteraciones en el formato original del producto.
- La harina de grillo, además de contener un alto porcentaje en proteína, también es rica en fibra y grasa, mientras que su contenido en hidratos de carbono es menor. Por ello, la adición de ésta a un producto como la chucula, produce la aparición de nuevos alimentos con un valor nutritivo aparentemente alto, con la consecuente mejora del estado nutricional de la población de La Sabana Centro.
- Aunque la adición de chucula con harina de grillo en un producto local de la zona, como es el caso de la mantecada, ha revelado cambios en el aspecto visual de éste, la evaluación sensorial ha mostrado aspectos favorables en cuanto al gusto y al olfato se refiere.

## LIMITACIONES

Debido a la pandemia sufrida durante este período de tiempo y a el paro nacional que tuvo lugar en Colombia durante los meses en los que se generó la estancia, ha sido imposible realizar todas las actividades programadas al inicio del estudio. La principal sugerencia sería realizar un nuevo análisis sensorial para las muestras de chucula realizadas en la Universitat Politècnica de València, con un panel de catadores expertos en el producto. Además, la determinación de la imagen de la microestructura en estas muestras también sería importante para poder observar si existen diferencias notables entre ellas.

## CONTINUIDAD DEL PROYECTO

Actualmente, el presente trabajo continúa con las directrices marcadas para conseguir que las mujeres productoras de chucula puedan aprender a elaborar la chucula con harina de grillo añadida, para así poder comercializarla, contribuyendo al desarrollo y subsistencia de las poblaciones más desfavorecidas.

Por otra parte, se ha proseguido con el análisis de las características fisicoquímicas de la mantecada con chucula y harina de grillo añadida. En este sentido, se están estudiando las propiedades reológicas y estructurales de las diferentes muestras formuladas de este producto, con la finalidad de presentar el proyecto en la edición XII del Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (CIBIA) que tendrá lugar en la Universidad de Antioquia (Medellín) en el mes de marzo de 2022.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

AGAMA, A.R. (2018). *Estudio de las condiciones óptimas de almacenamiento de papilla para niños de 6 a 36 meses a base de harina de papa nativa (Solanum tuberosum ssp.). Variedades Yema de Huevo y Santa Rosa con sabor a mora (Rubus glaucus) y taxo (Passiflora tripartita)*. Trabajo Final de Grado Ingeniería de los Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 65 pp.

AGUILERA, J. M.; STANLEY, D. W. (1999). *Microstructural principles of food processing and engineering*. Ed. Aspen Publishers. Gaithersburg. 432 pp.

ALBADARIN, A.; COLLINS, M.; NAUSHAD, M.; SHIRAZIAN, S.; WALKER, G.; MANGWANDI, C. (2017). Activated lignin-chitosan extruded blends for efficient adsorption of methylene blue. *Chemical Engineering Journal*, 307: 264-272.

ÁLVAREZ, P. J.; MATEO, J.; GIRÁLDEZ, J. (2020). Harina de grillo *Acheta domestica*: composición lipídica y posibilidades sobre su modificación por medio de la dieta. *BISTUA, Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 18: 38-43.

ARANA, R.; BENAVIDES, A.; JIMÉNEZ, R.A.; VÁSQUEZ, W.R.; VITAL, P.C. (2020). *Harina de grillo – Crickie*. Trabajo final de grado en Administración y Finanzas. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú. 151 pp.

ARANGO, G.P.; VERGARA, R.A.; MEJÍA, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia iluscens* L. en Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista de la Facultad Nacional Agronómica de Medellín*, 57: 2491-2499.

APOLO-ARÉVALO L.; LANNACONE, J. (2015). Crianza del grillo *Acheta domestica* como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia Journal*, 17: 161-173.

BARRIOS, K.B. (2017). *Desarrollo de un prototipo de tortilla funcional de maíz (Zea mays) y harina de grillo (Acheta domestica), como fuente de proteína para dieta humana*. Trabajo final de grado en Agroindustria Alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 34 pp.

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. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 296–313.

BUSTOS, J. (2019). *Mezcla de tradición y vanguardia en la sostenibilidad de la cadena de valor de la chucula*. Tesis de máster en Biocomercio y desarrollo sostenible. Universidad Católica de Perú. 109 pp.

BETORNET, E.; BETORNET, N.; CARBONELL, J.V. (2007). *Efecto de la presión de homogeneización sobre el tamaño de partícula y las propiedades funcionales de los zumos de cítricos*. Tesis de máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universitat Politècnica de València. 15 pp.

CAPARROS, R.; SABLON, L.; GEUENS, M.; BROSTAU, Y.; ALABI, T.; BLECKER, C.; DRUGMAND, D.; HAUBRUGE, E.; FRANCIS, F. (2013). Edible insects acceptance by belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies*, 29: 14-20.

CARBAJAL, A. (2000). *Comercialización y conservación del germoplasma de jumiles comestibles en el Estado de Morelos*. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. 98 pp.

- CARTAY, R. (2018). Entre el asombro y el asco: el consumo de insectos en la cuenca amazónica. El caso del *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera Curculionidae). *Revista Colombiana en antropología*, 54(2): 143-169.
- CHOO, J.; ZENT, E.L.; SIMPSON, B.B. (2009). The Importance of Traditional Ecological Knowledge for Palm-weevil Cultivation in the Venezuelan Amazon. *Journal of Ethnobiology*, 29(1): 113-128.
- DHALBERT, F. (1981). *Woman the gathered*. Ed. New Haven Yale University Press. New Haven. 301 pp.
- DURÁ, S. (2016). *Estudio del valor nutricional y funcional de cacao en polvo con diferentes grados de alcanilización*. Máster en Ciencia e Ingeniería de Alimentos. Universitat Politècnica de València. 21 pp.
- DURÁN, D. (1867). *Historia de las Indias de Nueva-España e islas de Tierra Firme*. Ed. José F. Ramírez. México. 344 pp.
- ERENS, J.; ESVAN, S.; HAVERKORT, F.; KAPSOMENOU, E.; LUIJBEN, A. (2012). *A bug's life large-scale insect rearing in relation to animal welfare*. Project commissioner VENIK. Wageningen University. 57 p.
- FAO (2014). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. FAO. Roma. 4 pp.
- GALMARINI, M.V.; SYMONEAUX, R.; CHOLLET, S.; ZAMORA, M.C. (2013). Understanding apple consumers' expectations in terms of likes and dislikes. Use of comment analysis in a cross-cultural study. *Appetite*, 62: 27-36.
- GARCÍA, A. (2018). *Recetario Santafereño: Libro al Viento*. 1ª Ed. ELibros. Bogotá. 84 pp.
- GARCÍA-SEGOVIA P. (2018). *Insectos comestibles y sus derivados, estrategias para el desarrollo sostenible en La Sabana Centro*. Programa ADSIDEO-Cooperación 2018. Universitat Politècnica de València. 23 pp.
- GARCÍA-SEGOVIA, P.; IGUAL, M.; NOGUEROL, A.T.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. (2020). Use of insects and pea powder as alternative protein and mineral sources in extruded snacks. *European Food Research and Technology*, 246: 703-712.
- GERTRUDIS, E.A. (2020). *Desarrollo de nuevos alimentos para consumo humano a base de proteína de insectos*. Trabajo fin de máster en Gestión de la Seguridad y Calidad Alimentaria. Universitat Politècnica de València. 24 pp.
- GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA (2013). *Estadísticas básicas provincia de Sabana Centro*. Secretaría Planeación Cundinamarca, Oficina de Sistemas de Información, Análisis y Estadísticas. Sabana Centro. 19 pp.
- GONZALEZ, A. (2018). *Pensamiento crítico y la enseñanza de la bioquímica, una estrategia con insectos comestibles*. Trabajo final de grado para optar al título de Licenciado en Química. Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá. 152 pp.
- GONZÁLEZ, J. (2017). *Análisis de la distribución de tamaños de partículas mediante difracción láser: Aplicación para la mejora de mezclas de especias y aromas*. Trabajo fin de grado en Ingeniería Química. Universitat Politècnica de València. 92 pp.
- GOOD, H. (2002). Measurement of color in cereal products. *Cereal Foods World*, 47(1): 5-6.

GREGORIO, J.; LANZA, P.; CHURIÓN, C.; GÓMEZ, N. (2016). Comparación entre el método Kjeldahl tradicional y el método Dumas automatizado (n cube) para la determinación de proteínas en distintas clases de alimentos. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, 28(2): 245-249.

HABIT, M.; CONTRERAS D.; GONZÁLEZ, R. (1981). *Prosopis tamarugo: arbusto forrajero para zonas áridas*. FAO. Roma. 25 pp.

HENRY, V.C. (2020). *Caracterización de la composición nutricional de la harina del grillo común Gryllus assimilis*. Trabajo de investigación previo a la obtención del Título de Químico de Alimentos. Universidad Central del Ecuador. Quito. 81 pp.

HIDALGO, J. R. (2015). *Insectos como alimento*. Fundación Eroski, visto el 19 de junio de 2021 <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/insectos-como-alimento.html>

IGUAL, M.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. (2021). Resistant maltodextrin's effect on the physicochemical and structure properties of spray dried orange juice powders. *European Food Research and Technology*, 247: 1125–1132.

LÓPEZ, S.; PRATS, J.M.; TALENS, P. (2013). *Desarrollo de un sistema de automatización no destructivo enfocado a la clasificación de pepino en base a sus propiedades ópticas y mecánicas*. Tesis de máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universitat Politècnica de València. 19 pp.

MARGALEF, A.; BONOMO, A.; GOTTIFREDI, J.C. (1998). *Formulación y desarrollo de mezclas extruidas de maíz y soja*. Instituto de investigaciones para la Industria Química. Universidad Nacional de Salta. 7 pp.

MARTÍN-SÁNCHEZ, M.; MARTÍN-SÁNCHEZ, M.T.; PINTO, G. (2013). Reactivo de Lugol: Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas. *Educación Química*, 24(1): 31-36.

MARTÍNEZ, A. (2012). *Mesa y Cocina del siglo XIX*. 3ª Ed. Planeta. Bogotá. 132 pp

MATAPÍ, U.; VÁSQUEZ, C. A.; MELÉNDEZ, I.; PÉREZ, M.; GARCÍA, C.; RODRÍGUEZ, R.; MARTÍNEZ, G.; RESTREPO S. (2013). *Plantas y territorio en los sistemas tradicionales de salud en Colombia: contribuciones de la biodiversidad al bienestar humano y la autonomía*. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 192pp.

MEJÍA, G.M. (1981). *Algunos "animales" inferiores utilizados como alimento en la Amazonia y en la Orinoquia Colombiana*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 18 pp.

MEZA, C.D. (2011). *Elaboración, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana a partir de harina extruidas maíz/frijol*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. 132 pp.

MULLER, J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHIRALT, A. (2017). Poly (lactic) acid (PLA) and starch bilayer films, containing cinnamaldehyde, obtained by compression moulding. *European Polymer Journal*, 95: 56-70.

OKORE, O.; AVAOJA, D.; NWANA, I. (2014). Edible Insects of the Niger Delta Area in Nigeria. *Journal of Natural Sciences Research*, 4: 1-9.



PAOLETTI, M.G.; DUFOUR, D.L.; CERDA, H.; TORRES, F.; PIZZOFERRATO, L.; PIMENTEL, D. (2000). The importance of leaf- and litter-feeding invertebrates as sources of animal protein for the Amazonian Amerindians. *Proceedings of Royal Society of London B*, 267: 2247-2252.

PASCUAL, M.; IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. (2012). *Aplicación de métodos combinados para la obtención de porciones de pomelos deshidratado y estudio de su funcionalidad*. Tesis de máster Universitario en Gestión y Seguridad Alimentaria. Universitat Politècnica de València. 19 pp.

PÉREZ-MASIÀ, R.; FABRA, M.J.; TALENS, P. (2012). *Influencia del tamaño de partícula en films comestibles a base de caseinato sódico y ácido esteárico o ácido oleico*. Tesis de máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos. Universitat Politècnica de València. 19 pp.

QUIRCE, C.; FILIPPINI, V.; MICÓ, E. (2013). La utilización de los insectos en la gastronomía, un taller nutritivo. *Cuadernos de Biodiversidad*, 43: 11-21.

RAMÍREZ, D.; QUINTERO, M.; CURBELO, C.; CRESPO, L. (2016). Influencia del tamaño de partícula y la velocidad de agitación sobre el rendimiento de pectina. *Revista Cubana de Farmacia*, 50(1): 98-105.

RAMOS-ELORDUY, J. (1999). El consumo de insectos como un hábito ancestral, en: *Chalchihuite. Homenaje a Doris Heyden*. Ed. INAH. México: 275-305.

RAMOS-ELORDUY, J.; CONCONI, M. (1993). *Resemblance of the techniques for exploit some edible insect species in different ethnic groups all over the world*. The International Society of Ethnobiology. Florida. 141 pp.

RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, J.; MÁRQUEZ, C.; RINCÓN, F.; ALVARADO, M.; ESCAMILLA, E.; BOURGES, H. (1984). Protein content of some edible insects in Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 4: 61-72.

RAMOS-ELORDUY, J.; VIEJO-MONTESINO, J.L. (2007). Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1-4(102): 61-84.

RAUBENHEIMER, D.; ROTHMAN, J.M. (2013). Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *The Annual Review of Entomology*, 58:141–160.

REDFORD, K. H.; DOREA J. G. (1984) The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. *Journal of Zoology*, 203: 385-395.

RINCÓN, S. (2012). *Cocinas tradicionales en riesgo del departamento de Cundinamarca*. Fundación Escuela Taller de Bogotá. Bogotá. 126 pp.

RÍOS, F.; RUIZ, A.; LECARO, J.; REHPANI C. (2017). *Estrategias país para la oferta de cacao especiales -Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana*. Fundación Swisscontact Colombia. Bogotá. 140 pp.

RIVAS, X.; PAZOS, S.C.; CASTILLO, S.K.; PACHON, H. (2010). Alimentos autóctonos de las comunidades indígenas y afrodescendientes de Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(3): 211-219

ROJAS DE PERDOMO, L. (2014). *Comentarios a la cocina precolombiana. De la mesa europea al fogón amerindio*. Ed. Voluntad. Bogotá. 422 pp.

- RUBIO G.; PARRA M.; CÁTICA J. R. (2018). Empresarios hechos a pulso: caso emprendimiento chucula la Abuela. *Escuela de Administración de Negocios*, 84: 189-207.
- RUMPOLD, B.; SCHLÜTER, O. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(5): 802-823.
- SÁNCHEZ, E.; SÁNCHEZ, C.E. (2012). *Paseo de Olla. Recetas de las cocinas regionales de Colombia*. Ministerio de cultura. Bogotá. 568 pp.
- SANCHO, D.; ALVAREZ, G.M.J.; FERNÁNDEZ, S.L.R. (2015). Insectos y alimentación. Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L, un alimento de los pobladores de la Amazonía Ecuatoriana. *Entomotropica*, 30: 135-149.
- SANTAMARIA, W.; E INGA, B. (2019). *Determinación de la digestibilidad proteica in vitro de harina de grillo Gryllus assimilis*. Tesis de licenciatura. Universidad Peruana Unión. Perú. 66 pp.
- STEINFELD, H.; GERBER, P.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. (2006). *Livestock's long shadow. Environmental issues and options*. FAO. Roma. 390 pp.
- SYMONEAUX R.; GALMARIN M.V.; MEHINAGIC E. (2012). Comment analysis of consumer's likes and dislikes as an alternative tool to preference mapping: A case study on apples. *Food Quality and Preference*, 24: 59-66.
- TALENS, P. (2017). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. 7 pp.
- TRUJILLO-GONZALEZ, JM.; SANTANA-CASTAÑEDA, E.; TORRES, M.A. (2011). La palma de Moriche (*Mauritia flexuosa* L.F.) un ecosistema estratégico. *Revista ORINOQUIA*, 1(15): 62–70.
- UNIVERSIDAD DE LA SABANA (2013). *Sabana Centro. Una provincia sostenible*. Sabana Centro, visto el 7 de junio de 2021.
- VAN LAMMEREN, R. (2015). *Numbers of recorded insect species eaten, by country. Centre of Geoinformation Science and Remote Sensing*. Wageningen University, visto el 21 de junio de 2021. <http://www.fao.org/edible-insects/84627/en/>
- 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*. Ed. FAO Forestry Paper. Rome. 171 pp.
- VANTOMME, P. (2010). *Los insectos forestales comestibles, una fuente de proteínas que suele pasar por alto*. *Unasylya*, 61(236): 19-21.
- VELA, M.I. (2020). *Desarrollo de un proceso orientado a la mejora del perfil nutricional y digestibilidad de harina de lenteja*. Trabajo final de grado en Ingeniería agroalimentaria y del medio rural. Universitat Politècnica de València. 33 pp.
- VIEJO-MONTESINO, L.J. (2011). Los insectos como alimento humano: ¿por qué no comer insectos?. *Revista MERIDieS*, 15: 9–16.
- VIESCA, F.; ROMERO, A. (2009). La entomofagia en México. Algunos aspectos culturales. *El Perípleo Sustentable*, 16: 57-83.