



**FACULTAD DE ESTUDIOS EN AMBIENTES VIRTUALES  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS**

**SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN – ESPECIALIZACIÓN**

**MODELO DE PRODUCCIÓN DE HARINA DE GRILLOS COMO  
ALTERNATIVA PROTEICA ALIMENTARIA PARA EL MUNICIPIO DEL  
PEÑON CUNDINAMARCA**

**AUTORES:**

**Angie Vanessa Trujillo Imbachi  
German Camilo Ferrucho Bayona  
Yizel Andrea Barrera Ruiz**

**TUTOR ACADÉMICO:  
LEIDY NATALIA ZAPATA  
RESTREPO**

**BOGOTÁ D.C., 25 DE NOVIEMBRE DEL 2024**

## **RESUMEN**

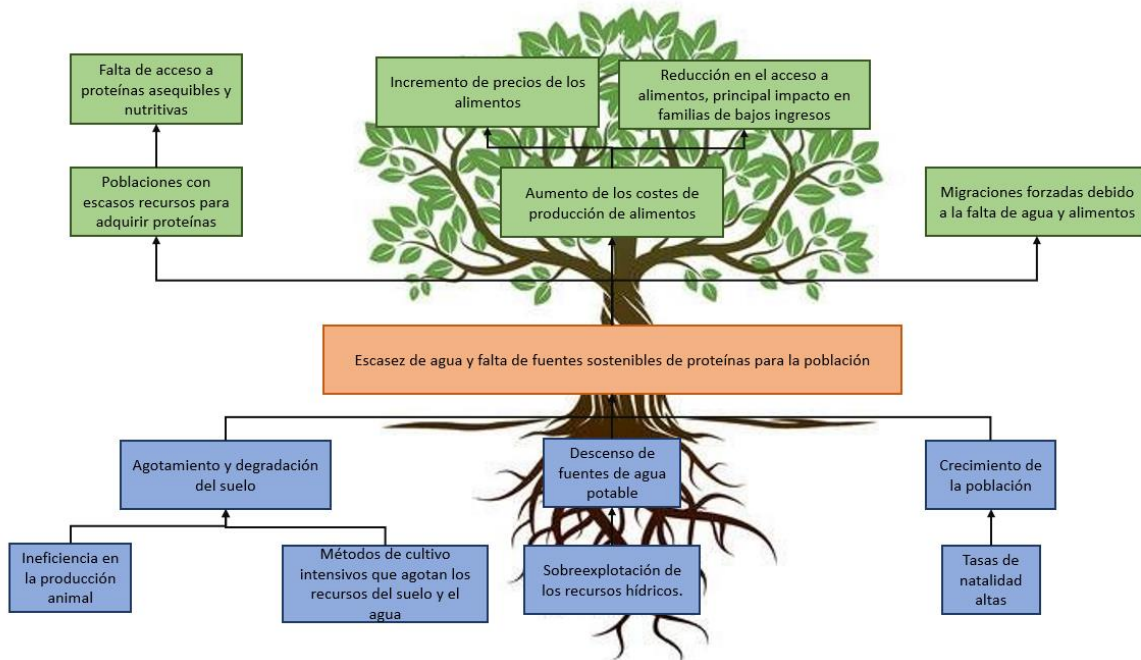
Este trabajo propone un modelo de producción de harina de grillos (*Acheta domesticus*) como una alternativa proteica sostenible para el municipio de El Peñón, Cundinamarca, ante la creciente demanda global de fuentes proteicas y los desafíos ambientales asociados con la producción convencional de carne; la cría y procesamiento de grillos se presentan como una solución viable y amigable con el medio ambiente, se analizan las condiciones técnicas, económicas y sociales necesarias para implementar esta alternativa, destacando sus beneficios nutricionales y su bajo impacto ambiental, además, se evalúa la viabilidad del proyecto, considerando los costos de producción, la aceptación del producto en el mercado local y su potencial contribución a la seguridad alimentaria en la región.

**PALABRAS CLAVES:** Modelo, Diseño, Producción sostenible, Harina de grillos, Alternativa proteica, Seguridad alimentaria.

# PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## ÁRBOL DE PROBLEMAS

Figura 1. Árbol de problemas.



Fuente: Elaboración propia

## ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La creciente demanda mundial de proteínas ha planteado desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria, la producción convencional de carne, que ha sido la fuente predominante de proteína animal, ha resultado en un agotamiento considerable de recursos naturales, incluyendo la deforestación, el uso intensivo de agua y la emisión de gases de efecto invernadero, estos efectos negativos han impulsado la búsqueda de alternativas más sostenibles que puedan satisfacer las necesidades nutricionales sin dañar el medio ambiente.

En este contexto, los insectos comestibles, y en particular los grillos (*Acheta domesticus*), han sido identificados como una fuente proteica viable y eficiente; los grillos se destacan por su capacidad para convertir alimento en proteína de manera más eficiente que la ganadería tradicional, utilizan menos recursos como agua y espacio, y generan emisiones mínimas de gases de efecto invernadero, lo que los convierte en una opción más ecológica

para la producción de alimentos, además, los grillos pueden ser criados en granjas verticales, lo que permite un uso optimizado del espacio disponible, una característica que es especialmente ventajosa en áreas con limitaciones de tierra (Guzmán-Mendoza, Calzontzi-Marin, & Martínez-Yañez, 2016).

La harina de grillos es una de las formas más prometedoras de incorporar esta fuente proteica en la dieta humana, esta harina es rica en proteínas de alta calidad, con un contenido proteico que puede llegar hasta el 76% en peso seco, además, ofrece un perfil nutricional robusto, incluyendo vitaminas como la B12 y minerales esenciales como el hierro, zinc y calcio, estos nutrientes son fundamentales para el desarrollo y mantenimiento de la salud, lo que hace que la harina de grillos sea una opción atractiva tanto para complementos alimenticios como para ingredientes en productos elaborados (Berkelaar, 2017).

El consumo de insectos, conocido como entomofagia, es una práctica bien establecida en muchas culturas alrededor del mundo, especialmente en Asia, África y América Latina, sin embargo, su adopción en otras regiones, particularmente en Occidente, ha sido más lenta debido a barreras culturales y la falta de familiaridad con los insectos como alimento, a pesar de ello, los estudios han demostrado que los insectos pueden ser integrados de manera efectiva en dietas occidentales, especialmente cuando se presentan en formas menos visibles, como harina o polvo, lo que facilita su aceptación (Delgado & González Vélez, 2019).

El interés por la harina de grillos ha ido en aumento, tanto en la investigación académica como en la industria alimentaria, debido a su potencial para abordar los desafíos globales de seguridad alimentaria y sostenibilidad, su producción no solo es viable desde el punto de vista técnico, sino que también ofrece una alternativa económica a las fuentes proteicas convencionales, contribuyendo a la diversificación de las dietas y a la reducción de la huella ambiental generada de la producción alimentaria convencional (Proteinsecta, 2020).

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El Peñón - Cundinamarca es un municipio colombiano caracterizado por su extensa zona rural destinada al cultivo, sin embargo, no cuenta con la infraestructura necesaria para el comercio de estos, además, las actividades agrícolas se han visto retrasadas por las actividades mineras en la zona las cuales destruyen la vegetación y suelos fértiles. Debido a esto, la población busca alternativas que en primera medida permitan satisfacer las necesidades alimentarias, así como también la defensa de la economía campesina (Gaona, 2022). De acuerdo con (Delgado & Ritz, 2016) la sustentabilidad alimentaria involucra factores sociales, económicos, políticos y ecológicos, por lo cual la ejecución de modelos de producción innovadores aportará al desarrollo regional permitiendo obtener materia prima que supla las necesidades alimentarias del municipio (Mendez, 2019).

## **PREGUNTA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN**

¿De qué forma proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria para el municipio del peñón Cundinamarca?

## **OBJETIVO GENERAL**

Proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria para el municipio del peñón Cundinamarca.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria
- Analizar las condiciones ambientales y sociales para la producción y consumo de harina de grillos.
- Determinar la factibilidad técnica de la producción de harina de grillo en el municipio del peñón Cundinamarca

## **JUSTIFICACIÓN**

La seguridad alimentaria es un desafío creciente a medida que la población mundial aumenta y los recursos naturales se agotan, la producción masiva de carne ha generado graves impactos ambientales, como la deforestación, el uso excesivo de agua y la emisión de gases de efecto invernadero, en este contexto, los insectos comestibles, como los grillos, han emergido como una fuente proteica alternativa con múltiples beneficios, países de Asia, África y América Latina ya practican la entomofagia, que consiste en la ingesta de insectos como alimento. Estudios recientes en diversas universidades han demostrado que los grillos pueden ser criados de manera eficiente, ocupando menos espacio, consumiendo menos recursos y emitiendo menos gases que la ganadería tradicional.

El desarrollo de un modelo de producción de harina de grillos en El Peñón, Cundinamarca, se justifica por varias razones, en primer lugar, responde a la necesidad urgente de encontrar fuentes proteicas sostenibles que no agraven los problemas ambientales actuales; los grillos ofrecen una alternativa altamente nutritiva, rica en proteínas, vitaminas y minerales esenciales, además, la cría de grillos requiere significativamente menos agua y espacio que la ganadería tradicional, lo que la convierte en una opción ideal para regiones rurales con recursos limitados.

Un aspecto adicional a considerar es la resistencia de la producción de grillos frente a las variaciones climáticas y económicas, dado que los grillos pueden criarse en espacios

controlados y con recursos limitados, este modelo de producción se adapta bien a las condiciones rurales de El Peñón, ofreciendo una fuente estable de proteína en situaciones adversas fortaleciendo la seguridad alimentaria de la región.

### **Relación del proyecto con el programa de formación al que pertenece**

Este proyecto nos permite aplicar los conocimientos y herramientas que nos brinda la especialización en gerencia de proyectos para gestionar y liderar eficientemente un proyecto innovador que tiene objetivos sociales impactantes. A nivel gerencial se evalúan y gestionan los riesgos para garantizar la ejecución exitosa del alcance de este y se evalúa por medio de la investigación la factibilidad del mismo.

## MARCO TEÓRICO

El crecimiento poblacional, el cambio climático y la degradación ambiental han generado una serie de retos para la seguridad alimentaria global, según proyecciones de la Organización de las Naciones Unidas, la población mundial alcanzará los 9.700 millones de personas para el año 2050, lo que demandará un aumento significativo en la producción de alimentos (FAO, 2018). A medida que la demanda de alimentos crece, también lo hacen los efectos negativos de los sistemas agrícolas tradicionales sobre el medio ambiente, especialmente la producción de proteínas de origen animal, la ganadería es responsable de alrededor del 14.5% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (FAO, 2013), consume grandes cantidades de recursos naturales y contribuye a la deforestación y la pérdida de biodiversidad.

En respuesta a estos desafíos, ha surgido un enfoque centrado en la sostenibilidad alimentaria, que busca identificar fuentes alternativas de nutrientes que puedan mitigar los impactos ambientales, al tiempo que satisfacen las necesidades nutricionales de una población en constante crecimiento; las proteínas alternativas, particularmente las derivadas de insectos han sido señaladas como una de las soluciones más prometedoras para la alimentación futura.

### **Proteínas: Función biológica y desafíos de producción**

Las proteínas son macronutrientes esenciales en la dieta humana, encargadas de la construcción y reparación de tejidos, la producción de enzimas y hormonas, y el mantenimiento de la estructura y función de las células, están compuestas por cadenas de aminoácidos, de los cuales nueve son considerados esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el organismo y deben obtenerse a través de la dieta (Hoffman & Falvo, 2004).

Las fuentes tradicionales de proteínas incluyen alimentos de origen animal (carne, lácteos, huevos) y vegetal (legumbres, cereales, frutos secos); las proteínas animales son consideradas "completas" porque contienen todos los aminoácidos esenciales en cantidades suficientes, sin embargo, su producción presenta varios inconvenientes, tanto a nivel de salud pública como ambiental, el consumo excesivo de carne roja y procesada ha sido vinculado a enfermedades crónicas como las cardiovasculares, diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer (OMS, 2015). A nivel ambiental, la producción ganadera es masiva en consumo de recursos, requiere grandes extensiones de tierra y utiliza aproximadamente el 70% del agua dulce del planeta (Mekonnen

& Hoekstra, 2012).

### **Alternativas a las proteínas convencionales: Enfoques hacia la sostenibilidad**

Ante los desafíos mencionados, la búsqueda de proteínas alternativas ha cobrado relevancia en la investigación científica y en el desarrollo de nuevas políticas alimentarias, las proteínas vegetales y las fuentes de proteínas cultivadas en laboratorio son opciones que han ganado popularidad, pero recientemente, los insectos han sido reconocidos como una fuente alternativa viable debido a su alto valor nutricional y bajo impacto ambiental.

#### **Proteínas vegetales**

Las proteínas de origen vegetal, como las legumbres (soja, lentejas, garbanzos) y los cereales (quinoa, arroz, trigo), presentan una opción sostenible al requerir menos recursos para su producción que la carne, sin embargo, la mayoría de las proteínas vegetales son incompletas, lo que significa que deben ser combinadas adecuadamente para proporcionar todos los aminoácidos esenciales (Millward, 1999). A pesar de su creciente aceptación, la producción intensiva de ciertos cultivos, como la soja, también tiene implicaciones ambientales debido a la deforestación y la degradación de suelos en regiones como el Amazonas (Gollnow et al., 2018).

#### **Carne cultivada en laboratorio**

La carne cultivada en laboratorio, también conocida como carne in vitro, se presenta como una tecnología disruptiva que podría transformar el sector alimentario, se produce mediante la extracción de células madre de animales que luego se cultivan en biorreactores, aunque su potencial para reducir el impacto ambiental es considerable, los altos costos de producción y las barreras tecnológicas siguen siendo un obstáculo para su comercialización masiva (Post, 2012).

#### **Insectos comestibles: Una alternativa viable y sostenible**

Los insectos han formado parte de la dieta de muchas culturas alrededor del mundo durante milenios, actualmente, se consumen en al menos 113 países, principalmente en regiones de Asia, África y América Latina (Van Huis, 2013). La entomofagia, o consumo de insectos, ha sido reconocida por organismos internacionales como la FAO por su capacidad para abordar

varios de los desafíos asociados a la producción de proteínas tradicionales.

### **Perfil nutricional de los insectos**

Los insectos comestibles ofrecen un perfil nutricional excepcional, son ricos en proteínas de alta calidad, grasas saludables, vitaminas y minerales esenciales, como el hierro, el calcio y el zinc (Rumpold & Schlüter, 2013)., además, su contenido de ácidos grasos omega-3 y omega-6 es comparable al de fuentes animales como el pescado; entre las especies más consumidas se encuentran los grillos, saltamontes, escarabajos y gusanos de la harina, destacándose los grillos (*Acheta domestica*) por su alta concentración proteica, que puede oscilar entre el 60% y 70% de su peso seco (Halloran et al., 2016).

### **Impacto ambiental y sostenibilidad**

La producción de insectos es significativamente más eficiente desde el punto de vista ambiental en comparación con la ganadería tradicional, los insectos requieren menos alimento, agua y espacio para crecer, y emiten una fracción de los gases de efecto invernadero producidos por el ganado (Ooninx et al., 2010)., además, pueden ser alimentados con residuos orgánicos, lo que contribuye a la economía circular al reutilizar subproductos de la industria agroalimentaria (Van Huis et al., 2013).

### **Comparativa con la producción de proteínas animales**

La siguiente tabla compara el impacto ambiental y los recursos utilizados en la producción de grillos y ganado tradicional:

*Tabla 1. Comparativa de la producción de harina de grillos con la de las proteínas animales.*

<b>Factor de producción</b>	<b>Grillos</b>	<b>Ganadería (Res)</b>
Emisiones de CO2	Muy bajas	Altas
Uso de agua	Muy bajo	Muy alto
Requerimiento de alimento	Bajo	Muy alto
Espacio necesario	Muy bajo	Alto

<b>Factor de producción</b>	<b>Grillos</b>	<b>Ganadería (Res)</b>
Conversión alimenticia	1.7 kg de alimento por 1 kg de grillo	10 kg de alimento por 1 kg de carne

Fuente: Elaboración propia

## **Producción de harina de grillos**

La harina de grillos es un producto derivado que ha ganado popularidad en la industria alimentaria debido a su versatilidad y perfil nutricional, se obtiene mediante la deshidratación y molienda de los grillos, lo que permite concentrar sus nutrientes y facilitar su incorporación en diversos productos alimenticios.

### **1. Proceso de cría**

La cría de grillos es relativamente sencilla y puede realizarse en instalaciones controladas que simulen su hábitat natural, factores como la temperatura, la humedad y la alimentación son fundamentales para asegurar un ciclo de vida saludable y una producción eficiente. Los grillos tienen un ciclo de vida corto y una alta tasa de reproducción, lo que permite obtener resultados en pocos meses (Van Huis, 2013). Además, debido a que son animales de sangre fría, su eficiencia en la conversión de alimento en proteína es mayor que la de los animales de granja.

### **2. Proceso de procesamiento**

Una vez alcanzada la madurez, los grillos son cosechados, deshidratados y molidos para obtener la harina. Este proceso de deshidratación es crucial para garantizar la conservación de los nutrientes y la seguridad alimentaria del producto final. La harina de grillos tiene un contenido proteico que varía entre el 60% y el 70%, y puede ser utilizada en la producción de barras energéticas, pastas, panes, e incluso como suplemento proteico en dietas deportivas (Rumpold & Schlüter, 2013).

### **3. Potencial de comercialización**

El mercado de la harina de grillos está en pleno crecimiento, impulsado por la demanda de alimentos sostenibles y el interés por productos altos en proteínas. Países como Estados Unidos y algunas naciones europeas han comenzado a integrar la harina de grillos en productos alimenticios de consumo masivo, y se espera que la tendencia continúe creciendo a medida que los consumidores se vuelvan más conscientes de los beneficios nutricionales y ambientales de los insectos comestibles (Halloran et al., 2016).

#### **Factibilidad técnica y económica de la producción de harina de grillos**

##### **1. Tecnología y escalabilidad**

La tecnología para la cría y procesamiento de grillos es relativamente sencilla y no requiere de grandes inversiones iniciales. Los productores pueden comenzar a pequeña escala y expandirse gradualmente a medida que adquieren experiencia y encuentran mercados para su producto. La escalabilidad es un factor clave, ya que la demanda de proteínas alternativas sigue en aumento, especialmente en sectores como el de los alimentos funcionales y los suplementos nutricionales (Makkar et al., 2014).

##### **2. Barreras culturales y aceptación del mercado**

Uno de los mayores desafíos para la comercialización de la harina de grillos en algunos mercados es la barrera cultural asociada al consumo de insectos. A pesar de los beneficios nutricionales y ambientales, muchas sociedades, especialmente en Occidente, aún ven con escepticismo la idea de consumir insectos. Sin embargo, iniciativas de marketing que destaquen los aspectos sostenibles y los valores nutricionales, junto con la incorporación de la harina en productos familiares como galletas o panes, han demostrado ser efectivas para mejorar la aceptación (La Barbera et al., 2018).

##### **3. Regulaciones y seguridad alimentaria**

El marco regulatorio para la producción y comercialización de insectos comestibles varía entre regiones. En la Unión Europea, por ejemplo, los insectos fueron aprobados como "nuevos alimentos" en 2021, lo que abre la puerta a una mayor aceptación en el mercado (EFSA, 2021).

Es importante que los productores cumplan con las normativas de seguridad alimentaria, tanto en términos de higiene en la cría como en el procesamiento de los grillos.

## MARCO METODOLOGICO

### **Descripción metodológica.**

Para el marco metodológico se tendrán en cuenta variables cuantitativas y cualitativas por lo cual el enfoque será mixto y asegurará la integridad en el desarrollo de la metodología. Este enfoque permite evaluar datos numéricos y también comprender las percepciones, actitudes y dinámicas sociales en torno a esta nueva fuente de proteína, lo que es vital para asegurar la aceptación y viabilidad de este modelo.

Las variables cualitativas proporcionan una amplia visión sobre la aceptación social y los impactos ambientales que se perciben, por otro lado, las variables cuantitativas brindan datos técnicos y ambientales que son muy importantes para evaluar la factibilidad del proyecto. Danelly Salas en su artículo titulado El enfoque mixto de investigación, menciona que “La riqueza de la investigación mixta consiste en aprovechar las bondades y fortalezas de cada enfoque” (Salas, 2019), aunque inicialmente los análisis cualitativos y cuantitativos se consideraban incompatibles, hoy en día se reconoce que pueden complementarse de una manera efectiva, logrando un equilibrio desde múltiples perspectivas.

El proyecto es de naturaleza transversal, ya que abarca diferentes dimensiones del conocimiento, por lo que no se limita únicamente a un análisis lineal o a una única metodología pura, más bien se tiene como objetivo integrar múltiples enfoques en las diferentes fases del proyecto. Esto permite examinar como las variables cambian o interactúan durante las etapas de desarrollo y aplicación.

Esta investigación se clasifica como descriptiva ya que se basa en la observación de las condiciones actuales del clima, ecosistema y percepciones sociales del municipio del Peñón Cundinamarca. Pero por otro lado también incluye un enfoque analítico, ya que busca no solo describir, sino también explorar la viabilidad técnica y social de la producción de harina de grillos. Se examina la capacidad de la región para sostener este tipo de producción y se analizan las percepciones de los consumidores teniendo en cuenta su aceptación cultural y económica, siempre buscando evaluar el potencial éxito del proyecto.

Esta investigación también se clasifica como no experimental ya que no se realizan experimentos controlados. El enfoque está en observar y analizar las condiciones existentes,

teniendo en cuenta la recolección de datos sobre factores sociales, ambientales y técnicos que son necesarios para diseñar un modelo viable de producción de harina de grillos en el municipio del Peñón Cundinamarca.

### **Diseño metodológico.**

El diseño metodológico para proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria para el municipio del Peñón Cundinamarca, se organiza en varias etapas que están interconectadas para que el enfoque de este sea integral y sistémico. Se iniciará estableciendo los objetivos generales y específicos del proyecto. El valor proteico y nutricional de los insectos es comparable al de la carne, por lo cual incluir esta opción dentro del día a día de la población aportaría positivamente a solucionar problemas de desnutrición en Colombia. (Rincón, 2017).

Se llevará a cabo una revisión documental relacionada a la producción de harina de grillos, teniendo en cuenta condiciones ambientales y factores sociales, para identificar el contexto y la relevancia de la investigación, fundamentando principalmente su importancia en la diversificación de fuentes proteicas en Colombia. Posteriormente se analizarán las actividades necesarias para cumplir cada uno de los objetivos y se elegirán las técnicas adecuadas de recolección de datos tanto cualitativos como cuantitativos, esto asegurando la validez y confiabilidad de la investigación y propuesta.

Adicionalmente a la recolección de datos es importante evaluar, analizar e interpretar los datos recolectados para identificar patrones y generar conclusiones significativas basados en información confiable y de calidad.

Diseño Metodológico					Tipo de Variables			
Objetivos específicos	Actividades (Las que nos ayudan a cumplir el objetivo)	Resultados esperados (Elementos tangibles tablas, graficas, matrices..)	Responsable	Fecha	Cualitativa	Cuantitativa	Independiente	Dependiente
Proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria	Revisión de la literatura sobre modelos de producción de insectos comestibles, en especial grillos.	Documento de revisión de literatura con tablas comparativas sobre métodos existentes.	Camilo Ferrucho	01-sep-24	X		X	
	Identificación de las etapas críticas en la cría de grillos: selección de especies, condiciones de crecimiento y alimentación.	Tablas de parámetros óptimos de cría (temperatura, humedad, alimentación).	Camilo Ferrucho	09-sep-24		X	X	
	Diseño del flujo de trabajo para el procesamiento de los grillos en harina, incluyendo etapas como deshidratación y molienda.	Diagramas de flujo del proceso de producción y procesamiento.	Camilo Ferrucho	20-sep-24	X		X	
	Evaluación de tecnologías disponibles para automatización y reducción de costos en la producción	Tablas comparativas de costos de tecnologías.	Camilo Ferrucho	23-sep-24		X	X	
Analizar las condiciones ambientales y sociales para la producción y consumo de harina de grillos.	Recopilación de estudios existentes sobre las condiciones ambientales y sociales que influyen en la producción de harina de grillos,	Tabla de recursos naturales que destaque áreas favorables para la cría de grillos. Matriz DOFA sobre la aceptación social y cultural de los grillos como alternativa alimentaria.	Andrea Barrera	30-sep-24	X		X	
	Evaluación de los factores climáticos, recursos naturales y ecosistemas del peñón cundinamarca.	Informe con graficas que comparen las condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca con los rangos óptimos para la cría de grillos	Andrea Barrera	04-oct-24		X	X	

	Realización de encuestas a la población del Peñón Cundinamarca para entender la percepción social, culturas y económica respecto al consumo de harina de grillos como alternativa proteica.	Informe de los resultados de las encuestas con graficos.	Andrea Barrera	07-oct-24		<b>X</b>	<b>X</b>	
	Recopilar información sobre el impacto ecologico de la cria de grillos en comparación con otras fuentes de proteína.	Tabla comparativa del impacto ambiental entre la producción de grillos y otras fuentes de proteína.	Andrea Barrera	10-oct-24		<b>X</b>		<b>X</b>
Determinar la factibilidad técnica de la producción de harina de grillo en el municipio del peñón Cundinamarca (Angie)	Validar Infraestructura y equipos necesarios y requeridos para el proceso de producción	Listado de equipos y maquinaria Características de las instalaciones de los criaderos de grillos	Angie Trujillo	14-oct-24	<b>X</b>		<b>X</b>	
	Evaluar los procesos involucrados en la producción y elaboración de harina de grillo	Reporte de métodos, condiciones, logística y calidad	Angie Trujillo	16-oct-24	<b>X</b>		<b>X</b>	
	Definir normas de seguridad alimentaria	Listado de regulaciones aplicadas al procesamiento de insectos para consumo humano	Angie Trujillo	18-oct-24	<b>X</b>			<b>X</b>
	Proponer la implementación procesos de automatización y control	Listado de actividades posibles a automatizar en el proceso de producción	Angie Trujillo	20-oct-24			<b>X</b>	

Tabla 2. Diseño metodológico.

### **Definición de variables respuesta: Son las variables dependientes**

Tras la consolidación y análisis de los resultados obtenidos en la fase de diagnóstico, se identificaron tres variables principales que, según el criterio de los investigadores, podrían influir de manera más significativa en el componente ambiental relacionado con la producción de harina de grillo y en su viabilidad económica.

### **Variable 1: El impacto ecológico en términos de agua, energía, uso de tierra y emisión de dióxido de carbono de la cría de grillos en comparación con otras fuentes de proteína.**

#### **Definición conceptual:**

El impacto ecológico hace referencia a los efectos que generan las acciones humanas sobre el medio ambiente (ESNECA, 2022), tiene en cuenta aspectos como lo son el consumo de recursos naturales y las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Estos efectos pueden ser beneficiosos o perjudiciales y se tienen en cuenta los siguientes factores:

1. Huella de carbono: mide la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero, principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se generan por cualquier actividad. Este rubro se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>e).
2. Huella hídrica: Evalúa el consumo de agua, tanto en términos de cantidad de agua utilizada para una actividad como de contaminación a las fuentes hídricas en los procesos de producción.
3. Consumo energético: Mide la cantidad de energía que se utiliza en los procesos de producción y transporte.
4. Uso de suelo: Evalúa la cantidad de tierra necesaria para llevar a cabo una actividad. Entre menor sea el uso del suelo, menor será el impacto sobre los ecosistemas y biodiversidad.

Mediante el análisis de la variable 1, se espera que el modelo de producción de harina de grillos propuesto disminuya el impacto ecológico que genera la producción de otras fuentes de proteína.

## **Descripción detallada de las actividades:**

Para proponer un modelo de producción de harina de grillos en el municipio del Peñón Cundinamarca, es importante realizar un análisis profundo por medio de algunas actividades. A continuación, se detallan las actividades necesarias para cumplir los objetivos planteados:

- 1. Revisión de la literatura sobre modelos de producción de insectos comestibles, en especial grillos:** Esta actividad implica buscar y analizar investigaciones previas sobre la cría de insectos comestibles y el procesamiento de grillos; se evaluarán los métodos actuales de producción, sus ventajas, desventajas, costos asociados y su impacto en la industria alimentaria, el objetivo es construir una base teórica sólida que sirva de referencia para el diseño del modelo de producción propuesto.
- 2. Identificación de las etapas críticas en la cría de grillos:** Aquí se estudiarán los factores clave que afectan la cría de grillos, tales como la temperatura, humedad, alimentación y tipo de especies, la finalidad es identificar los parámetros óptimos para asegurar una producción eficiente y escalable, esta actividad incluye la creación de tablas de parámetros donde se registrarán las condiciones ideales de cría, como parte del proceso productivo.
- 3. Diseño del flujo de trabajo para el procesamiento de grillos en harina:** Una vez definida la cría de los grillos, se diseñará el proceso de producción para convertir los grillos en harina, esto incluye la identificación de las etapas necesarias (cría, cosecha, deshidratación, molienda) y su secuenciación, se desarrollarán diagramas de flujo que representen visualmente los pasos necesarios para transformar los grillos en un producto final de calidad.
- 4. Evaluación de tecnologías disponibles para automatización y reducción de costos:** En esta fase, se analizarán las diferentes tecnologías existentes que pueden integrarse en el modelo de producción para mejorar la eficiencia y reducir costos, como sistemas de cría automatizados, deshidratadores industriales y máquinas de molienda, se compararán los costos de estas tecnologías, lo que permitirá elegir las más rentables para el modelo.
- 5. Recopilación de estudios existentes sobre las condiciones ambientales y**

**sociales que influyen en la producción de harina de grillos:** Realizar una búsqueda exhaustiva sobre estudios previos sobre la producción de harina de grillos para identificar los factores críticos que han afectado el éxito o el fracaso de esta iniciativa en términos de adaptación social y viabilidad ambiental. Se deben priorizar los estudios realizados en regiones con condiciones climáticas similares a las del Peñón Cundinamarca. Es vital obtener información sobre los impactos sociales, culturales y económicos que son resultado de la cría de grillos para ser una alternativa proteica para la población.

- 6. Evaluación de los factores climáticos, recursos naturales y ecosistemas del Peñón, Cundinamarca:** Se deben recolectar datos meteorológicos y patrones en el municipio del Peñón Cundinamarca. También se deben evaluar los factores climáticos, los recursos naturales como recursos hídricos y los ecosistemas locales en el municipio enfocándonos en garantizar que la producción de harina de grillos sea realmente compatible con el entorno natural y que no sea un riesgo para los recursos existentes.
- 7. Realización de encuestas a la población del Peñón, Cundinamarca, para entender la percepción social, cultural y económica respecto al consumo de harina de grillos como alternativa proteica:** Se llevarán a cabo encuestas a la comunidad del Peñón con el fin de comprender la aceptación social y cultura de la harina de grillos como fuente de proteína. Las encuestas deben incluir preguntas sobre la disposición de la población para consumir productos a base de grillos, su conocimiento actual sobre el tema, sus opiniones y percepciones sobre los beneficios y riesgos asociados al consumo de harina de grillos. Adicionalmente se debe consultar si consideran que estos modelos de producción pueden traer beneficios económicos para la población.
- 8. Recopilación de información sobre el impacto ecológico de la cría de grillos en comparación con otras fuentes de proteína:** Se debe realizar un análisis comparativo del impacto ecológico que tiene la producción de Harina de grillos frente a otras fuentes de proteínas, este análisis debe incluir variables como lo son el consumo de recursos como agua, energía, emisiones de gases de efecto

invernadero y tierra. Este análisis ayuda a entender las ventajas ambientales de la producción de harina de grillos y posicionarla como una opción sostenible de fuente de proteína.

- 9. Validar Infraestructura y equipos necesarios y requeridos para el proceso de producción:** Se recopilará información concerniente al modelo de crianza, instalaciones óptimas, infraestructura requerida y equipos que permitan garantizar la operación y obtención de harina dentro de los parámetros de calidad que se establezcan.
- 10. Evaluar los procesos involucrados en la producción y elaboración de harina de grillo:** de acuerdo con las revisiones bibliográficas realizadas, categorizar las etapas en principales actividades a ejecutar para el proceso de producción, iniciando en la cría de grillos y culminando en el modelo de distribución.
- 11. Definir normas de seguridad alimentaria:** especificar las normativas de seguridad alimentaria e higiene que aplican en el proceso de producción de harina de grillos.
- 12. Proponer la implementación procesos de automatización y control:** considerar la automatización de procesos que permitan impulsar y mejorar tiempos en la producción.

### **Muestra:**

El municipio del Peñón, Cundinamarca, cuenta con una población aproximada de 5.510 habitantes, según el último de acuerdo con las proyecciones (Telencuestas, 2024). Esta población se caracteriza por su economía rural, basada en la agricultura y ganadería. Dada su ubicación geográfica en una zona montañosa y su tamaño, el municipio enfrenta desafíos en términos de acceso a recursos tecnológicos y nuevas tendencias alimentarias, lo que lo convierte en un escenario ideal para estudiar la aceptación de alternativas proteicas sostenibles, como la harina de grillos.

Se realizará un muestreo por conveniencia del investigador de 50 personas con el fin de

asegurar un adecuado nivel de confianza y precisión en los resultados. La muestra incluye habitantes de diferentes grupos de edad, géneros y ocupaciones, lo que permite un análisis exhaustivo de las percepciones sociales, culturales y económicas frente al consumo de harina de grillos. Se distribuyó de la siguiente manera:

- Edad: Se agruparon en tres categorías principales:
  - Jóvenes (18-30 años) – 25%
  - Adultos (31-60 años) – 50%
  - Mayores de 60 años – 25%
- Género: La muestra es equilibrada en términos de género con el objetivo de obtener opiniones y percepciones de ambos sexos respecto a nuevas alternativas alimentarias.
- Ocupación: Se tomaron en cuenta agricultores, ganaderos, comerciantes, amas de casa, estudiantes y otros trabajadores del municipio, lo que asegura que se capture una perspectiva integral de los principales sectores productivos.

## **Instrumentos**

Los objetivos específicos planteados están ligados al desarrollo de actividades que permiten recopilar y analizar datos relevantes. Los instrumentos seleccionados en este proceso son esenciales para garantizar que los resultados sean medibles y confiables.

Para analizar las condiciones ambientales y sociales para la producción y consumo de harina de grillos se realizaron las siguientes actividades por medio del uso de algunos instrumentos:

## **Actividades**

### **1. Revisión de la literatura sobre modelos de producción de insectos comestibles, en especial grillos:**

En los últimos años, el cultivo de insectos, específicamente grillos, se ha propuesto como una alternativa proteica sostenible para la alimentación humana y animal debido a su bajo impacto ambiental y elevado contenido nutricional. Diversos estudios han analizado los modelos de

producción y procesamiento de grillos, enfocándose en aspectos como la viabilidad técnica, económica y ambiental. Según Halloran et al. (2016), la producción de grillos se destaca por su menor consumo de recursos en comparación con la ganadería tradicional, lo que incluye una menor demanda de agua, alimentos y espacio, así como una emisión reducida de gases de efecto invernadero.

### **Modelos de Producción de Grillos:**

- a. **Producción Intensiva:** Este modelo implica la cría masiva de grillos en sistemas controlados, generalmente en entornos urbanos o periurbanos, donde las condiciones de temperatura, humedad y alimentación están completamente automatizadas, en países como Tailandia y Vietnam, donde la cría de grillos ya está establecida, se han implementado métodos de cría intensiva, utilizando granjas verticales que permiten aumentar la densidad de población de grillos sin aumentar la huella de espacio físico (Van Huis, 2020). Este modelo es adecuado para la producción industrial y ha demostrado ser escalable.
- b. **Producción Semi-Intensiva:** Este enfoque es una combinación de la producción intensiva y métodos más tradicionales, aquí, los grillos se crían en jaulas o contenedores más simples, con un grado de control ambiental, pero con menor dependencia de tecnologías avanzadas, el costo inicial es menor que en la producción intensiva, pero la producción es menos eficiente, sin embargo, es más accesible en áreas rurales y permite a los agricultores locales participar en la industria (Gahukar, 2020).
- c. **Producción en Pequeña Escala o Rural:** En regiones en desarrollo, la cría de grillos para consumo humano o como parte de la dieta de animales es común. Este modelo se basa en el uso de recursos locales y sistemas simples, como jaulas al aire libre o en pequeñas edificaciones. Aunque el rendimiento es menor, este método es efectivo para pequeños productores y comunidades rurales que buscan una fuente alternativa de ingresos (Rumpold & Schlüter, 2013).

Parámetros críticos de producción:

La revisión de estudios sobre la cría de grillos indica que los parámetros ambientales juegan

un papel crucial en la eficiencia del sistema. Los estudios de Oonincx et al. (2015) indican que la temperatura óptima para la cría de grillos es de entre 27-30°C, lo que garantiza un crecimiento rápido y una alta tasa de reproducción. Además, los niveles de humedad relativa deben mantenerse entre el 50-70%, ya que niveles más bajos pueden afectar la tasa de supervivencia y el crecimiento de los grillos. Asimismo, el uso de sustratos adecuados para la ovoposición, como tierra húmeda o vermiculita, es clave para maximizar la eclosión de los huevos.

### Tabla Comparativa de los Modelos de producción de grillos:

Tabla 3. Comparativa de la producción de harina de grillos con la de las proteínas animales.

Modelo de Producción	Inversión Inicial	Eficiencia	Escalabilidad	Sostenibilidad
Producción Intensiva	Alta	Muy alta	Alta	Alta
Producción Semi-Intensiva	Moderada	Moderada	Media	Moderada
Producción Rural	Baja	Baja	Baja	Moderada

Tabla 4. Comparativa de los modelos de producción de harina de grillo.

Modelo	Descripción	Ventajas	Desventajas	Ejemplo de Uso
<b>Intensivo</b>	Uso de sistemas controlados completamente automatizados, generalmente en áreas urbanas.	Alta eficiencia, escalabilidad, control total de condiciones ambientales.	Requiere alta inversión inicial y mantenimiento técnico especializado.	Granjas industriales en Tailandia y Vietnam.
<b>Semi-intensivo</b>	Combinación de métodos tradicionales y control moderado.	Menor costo inicial que el intensivo, adaptable a áreas rurales.	Menor eficiencia y dependencia de tecnologías básicas.	Comunidades rurales en África.
<b>Rural/Pequeña escala</b>	Uso de recursos locales con métodos básicos y manuales.	Bajo costo inicial, ideal para agricultores pequeños.	Baja productividad y dependiente del clima local.	Agricultura familiar en América Latina.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Comparativa de los Impactos Ambientales.

Aspecto	Grillos	Ganadería
Consumo de agua	1,000 - 2,000 L/kg	15,000 L/kg
Emisiones de CO <sub>2</sub>	1 - 2 kg/kg	27 kg/kg
Uso de tierra	15 m <sup>2</sup> /kg	250 m <sup>2</sup> /kg

## 2. Identificación de las etapas críticas en la cría de grillos

Para desarrollar un modelo eficiente de producción de harina de grillos, es esencial comprender las etapas críticas del ciclo de vida de los grillos y los parámetros que deben controlarse en cada etapa. Según Vantomme et al. (2014), la cría de grillos sigue un ciclo que incluye la fase de reproducción, crecimiento, cosecha y procesamiento.

### Fases del Ciclo de Vida y Parámetros Críticos:

- a. **Reproducción y Eclosión de Huevos:** Las hembras de *Acheta domesticus* (una de las especies más comunes para la cría de grillos) ponen entre 100-150 huevos por semana en sustratos húmedos, la tasa de eclosión depende en gran medida de la humedad (50-70%) y la temperatura (27-30°C). Un manejo adecuado de estos factores es crucial para maximizar el número de crías y asegurar una producción continua.
- b. **Crecimiento:** Después de la eclosión, los grillos juveniles pasan por varias etapas de muda antes de alcanzar la madurez sexual en aproximadamente 35-40 días. Durante esta fase, es esencial mantener una dieta equilibrada rica en proteínas (20-25%) y fibra. Estudios han demostrado que los grillos tienen una eficiencia de conversión de alimento superior a otros animales, requiriendo solo 1.7 kg de alimento para producir 1 kg de biomasa (Imathiu, 2020).
- c. **Cosecha:** La cosecha de grillos suele realizarse cuando alcanzan su tamaño adulto, lo que permite maximizar el rendimiento de biomasa, es importante que esta fase se realice rápidamente para evitar el deterioro del producto final, la automatización de la cosecha, mediante el uso de trampas o métodos de recolección mecánica, puede aumentar la eficiencia de esta etapa.
- d. **Control de Parámetros Ambientales:**

- Temperatura: La temperatura es crítica en todas las fases de la cría, ya que influye en la tasa de crecimiento y reproducción, mantener una temperatura constante entre 27-30°C es esencial para garantizar un ciclo de vida rápido.
- Humedad: Mantener niveles adecuados de humedad (50-70%) es fundamental para la salud de los grillos, especialmente durante la fase de eclosión de los huevos.
- Densidad Poblacional: Es recomendable no sobrepoblar los contenedores de cría para evitar el canibalismo y el estrés en los grillos. Según la FAO (2013), la densidad óptima es de alrededor de 500 grillos por metro cuadrado.

Tabla 6. Tabla de Parámetros Óptimos de Cría

Parámetro	Valor Óptimo	Rango Tolerable	Importancia
Temperatura (°C)	27-30	25-35	Acelera el desarrollo y la reproducción.
Humedad (%)	50-70	40-80	Previene deshidratación y mejora la supervivencia.
Alimentación	Proteína 20-25%; fibra suficiente	N/A	Favorece una conversión eficiente de alimento a proteína.
Densidad (grillos/m <sup>2</sup> )	500	400-600	Evita el estrés y el canibalismo entre los grillos.
Ciclo de vida (días)	35-40	30-45	Permite planificar ciclos regulares de producción.

### 3. Diseño del flujo de trabajo para el procesamiento de grillos en harina

El procesamiento de los grillos en harina incluye varias etapas interrelacionadas que aseguran la calidad, estabilidad y seguridad del producto final, estas etapas incluyen la cría, cosecha, deshidratación, molienda y envasado, según Halloran et al. (2016), una buena planificación del flujo de trabajo permite reducir costos, optimizar tiempos de producción y maximizar la calidad de la harina obtenida.

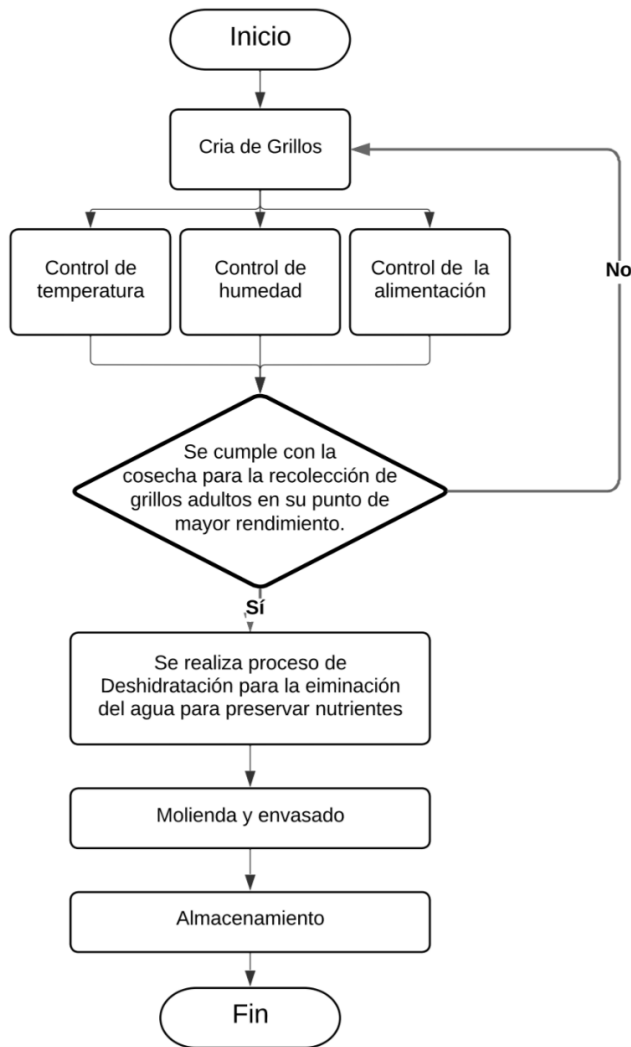
#### Flujo de Trabajo Propuesto:

- a. Cría y Cosecha de Grillos: Los grillos se crían en sistemas verticales optimizados para aprovechar el espacio, siguiendo los parámetros descritos anteriormente, la cosecha se

realiza cuando los grillos alcanzan la madurez, los grillos vivos son transportados a las instalaciones de procesamiento.

- b. **Deshidratación:** La deshidratación es un paso clave en el proceso de producción de harina, ya que permite reducir el contenido de humedad de los grillos (del 75-80% a menos del 5%) y aumentar la vida útil del producto final, existen dos métodos principales para la deshidratación:
  - **Deshidratación por calor seco:** Utiliza hornos o secadores industriales que mantienen una temperatura constante de 60-70°C, este método es eficiente en la retención de nutrientes y previene la pérdida de proteínas.
  - **Liofilización:** Consiste en congelar los grillos y luego sublimar el agua en condiciones de vacío, aunque es más costoso, este método preserva mejor las características organolépticas y nutricionales de la harina.
- c. **Molienda:** Una vez deshidratados, los grillos se trituran hasta obtener una harina fina, este proceso se realiza en molinos de alta velocidad, como molinos de martillos o de bolas. La harina de grillo tiene un tamaño de partícula que varía entre 100-200 micras, lo que facilita su uso en formulaciones alimenticias, es importante que la molienda sea homogénea para asegurar la consistencia del producto.
- d. **Envasado y Almacenamiento:** La harina se envasa en condiciones de esterilidad para evitar la contaminación cruzada, los envases herméticos y en atmósferas controladas (vacío o con gases inertes) pueden aumentar la vida útil de la harina, que puede llegar a ser de varios meses si se almacena en condiciones adecuadas (menos del 5% de humedad).

## Diagrama de Flujo del Proceso de Producción:



Fuente: Elaboración propia

### 4. Evaluación de tecnologías disponibles para automatización y reducción de costos:

La incorporación de tecnologías para la automatización de la cría y procesamiento de grillos es fundamental para hacer el modelo de producción eficiente y económicamente viable, la automatización puede reducir costos operativos, mejorar la calidad del producto y permitir una mayor escalabilidad del modelo.

Tecnologías para la cría de grillos:

- **Sistemas de Cría Automatizados:** Los sistemas de cría verticales controlados por sensores son una de las tecnologías más prometedoras, estos sistemas permiten el monitoreo y control automático de la temperatura, humedad y alimentación, reduciendo la intervención manual y mejorando la eficiencia.
- **Sistemas de Ventilación y Control de Humedad:** Los sistemas de ventilación automatizados mantienen las condiciones óptimas en términos de flujo de aire y humedad, lo que reduce el riesgo de proliferación de patógenos y mejora la salud general de los grillos.

Tecnologías para el procesamiento:

- **Deshidratadores de Aire Caliente:** Estos dispositivos permiten la deshidratación rápida de grandes volúmenes de grillos, garantizando una reducción significativa del contenido de humedad en menos tiempo, estos deshidratadores son escalables y pueden ajustarse para operaciones de pequeña y gran escala.
- **Molinos Industriales:** El uso de molinos de martillos o de bolas permite una molienda eficiente y homogénea de los grillos secos, lo que facilita la producción de harina fina para su uso en diversas aplicaciones alimentarias.

### Comparativa de costos:

Tabla 7. Comparativa de Costos

<b>Tecnología</b>	<b>Costo Inicial (USD)</b>	<b>Costo Operativo (USD/año)</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Sistema de cría automatizado	20,000 - 50,000	5,000 - 10,000	Control preciso de parámetros ambientales.	Inversión alta, requiere experiencia.
Deshidratador industrial	10,000 - 30,000	2,000 - 4,000	Rápida reducción de humedad, alta capacidad.	Dependencia de energía eléctrica.
Molino de martillos	5,000 - 15,000	1,000 - 2,500	Producción homogénea de harina fina.	Menor capacidad en pequeños modelos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Productividad estimada.

Tecnología	Productividad estimada
Sistema de cría automatizado	200,000 grillos por ciclo de 30 días
Deshidratador industrial	100 kg de grillos deshidratados/día
Molino de martillos	50 kg de harina por hora

**5. Recopilación de estudios existentes sobre las condiciones ambientales y sociales que influyen en la producción de harina de grillos: Para el desarrollo de esta actividad se utilizaron los siguientes instrumentos:**

- a. Tabla de recursos naturales que destaque áreas favorables para la cría de grillos: Contiene los recursos naturales favorables necesarios para la cría de grillos, organizados en tres columnas: recurso natural, descripción y relevancia para la cría de grillos, y las áreas favorables donde se pueden encontrar dichas condiciones.

Tabla 9. Tabla de recursos naturales que destaque áreas favorables para la cría de grillos

Tabla de Recursos Naturales favorables para la cría de Grillos			
Recurso Natural	Descripción	Relevancia para la Cría de Grillos	Áreas Favorables
<b>Temperatura</b>	Climas cálidos (25°C - 35°C) favorecen el crecimiento de los grillos.	Los grillos requieren temperaturas cálidas para una reproducción óptima.	Regiones tropicales y subtropicales como Cundinamarca, Antioquia.
<b>Disponibilidad de Agua</b>	Agua limpia y accesible es esencial para mantener las condiciones de cría.	Los grillos necesitan acceso a agua para hidratarse y para el ambiente.	Regiones con fuentes de agua cercanas como ríos o quebradas.
<b>Suelo Fértil</b>	Suelos ricos para la producción de alimento para los grillos (vegetales, etc.).	Facilita el crecimiento de cultivos para alimentar a los grillos.	Zonas agrícolas como Boyacá, Cundinamarca, Nariño.

<b>Cobertura Vegetal</b>	Áreas con vegetación que proporcionen refugio y alimento (residuos agrícolas).	Ofrece fuentes naturales de alimento y sombra.	Zonas rurales con cultivos o pastizales.
<b>Espacios Cerrados Naturales</b>	Cualquier lugar cerrado que mantenga control sobre el ambiente (granja, invernadero).	Permite un control más eficiente de las condiciones climáticas.	Áreas agrícolas con posibilidad de crear invernaderos o granjas.
<b>Biodiversidad Baja en Predadores</b>	Áreas con pocos predadores naturales como aves o reptiles.	Menos riesgo de que los grillos sean atacados por predadores.	Regiones con control de fauna depredadora como algunas zonas rurales.
<b>Acceso a Fuentes Energéticas</b>	Energía para regular las condiciones en caso de temperaturas extremas.	Facilita el uso de ventilación y calefacción en la cría.	Zonas rurales con acceso a electricidad o energía renovable.

Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis de la Tabla de recursos naturales favorables para la cría de grillos, se puede concluir que el municipio del Peñón, Cundinamarca, presenta condiciones favorables para la producción de grillos, como disponibilidad de agua, suelos fértiles, y cobertura vegetal que facilita el refugio y la alimentación de los grillos. Además, la capacidad de gestionar los predadores y la disponibilidad de infraestructura para crear espacios controlados, junto con el acceso a fuentes de energía, hacen que este proyecto del modelo de producción de harina de grillos sea viable. Para maximizar el éxito, es recomendable realizar un seguimiento continuo de las condiciones ambientales y emplear tecnología para regular el clima y proteger el proceso de la cría de grillos.

- b. Matriz DOFA sobre la aceptación social y cultural de los grillos como alternativa alimentaria.: La aceptación social y cultural son variables cruciales en la formulación del modelo de producción de harina de grillos ya que los hábitos, costumbres y percepciones pueden influir en gran medida en el éxito del modelo y del producto. A continuación, se presenta el análisis DOFA que nos permite identificar los factores internos y externos que pueden afectar la adopción de la harina de grillos como alternativa proteica, teniendo en cuenta tanto los retos, como las oportunidades.

Figura 2. Análisis DOFA de la aceptación social y cultural de la harina de grillos

## Análisis DOFA de la aceptación social y cultural de la harina de Grillos



Fuente: Elaboración propia

A partir del análisis DOFA se puede concluir que la preocupación por el medio ambiente y la búsqueda de alternativas alimenticias saludables y sostenibles es creciente, lo que representa una oportunidad significativa para el modelo de producción de la harina de grillos. También es importante tener claras las barreras culturales significativas, como lo son la resistencia al cambio y los prejuicios que puede tener la población relacionados al consumo de grillos.

Para aprovechar las fortalezas y aprovechar las oportunidades identificadas, será muy importante tener en cuenta las campañas educativas que destaquen los beneficios nutricionales y ambientales de la harina de grillos. De igual manera, implementar iniciativas de sensibilización y estrategias de marketing que promuevan la normalización de su consumo contribuirá a reducir las debilidades y enfrentar las amenazas, facilitando su aceptación social y cultural.

**6. Evaluación de los factores climáticos, recursos naturales y ecosistemas del Peñón Cundinamarca. Para el desarrollo de esta actividad se utilizó el siguiente instrumento:**

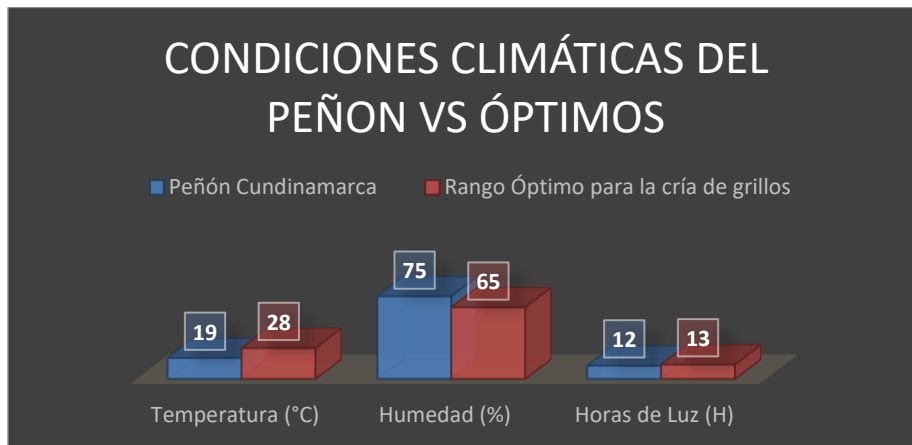
- a. Informe con graficas que comparen las condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca con los rangos óptimos para la cría de grillos (Ver anexo 1): Para asegurar el éxito del modelo de producción de harina de grillos en el municipio del Peñón, Cundinamarca, es fundamental evaluar las condiciones climáticas locales y compararlas con los rangos óptimos requeridos para la cría de grillos. A continuación, se presenta una tabla comparativa que analizará variables esenciales como la temperatura, la humedad y las horas de luz. Esta evaluación permitirá identificar los ajustes necesarios para establecer un entorno adecuado para la cría de grillos, sirviendo como base para comprender los factores que se deben tener en cuenta al formular el modelo de producción.

*Tabla 10. Condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca vs Rangos óptimos para la cría de grillos*

Variable	Peñón Cundinamarca	Rango Óptimo para la cría de grillos
Temperatura (°C)	19	28
Humedad (%)	75	65
Horas de Luz (H)	12	13

Fuente: Elaboración propia

*Figura 3. Condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca vs Rangos óptimos para la cría de grillos*



Fuente: Elaboración propia

En conclusión, el clima del Peñón, Cundinamarca, es en gran parte adecuado para

la cría de grillos, pero será necesario realizar algunos ajustes en la temperatura y posiblemente en la humedad para garantizar condiciones óptimas de producción.

**7. Realización de encuestas a la población del Peñón Cundinamarca para entender la percepción social, cultural y económica respecto al consumo de harina de grillos como alternativa proteica. Para el desarrollo de esta actividad se utilizó el siguiente instrumento:**

- a. Informe de los resultados de las encuestas (Ver Anexo 2) con gráficos: Se diseño una encuesta ya que es una herramienta clave para recopilar información directamente del grupo objetivo. La encuesta se aplico por medio de entrevistas presenciales con formato virtual de Outlook Forms.

La encuesta estaba dirigida a la población del Peñón con las siguientes características:

Edad: Se agruparon en tres categorías principales:

- Jóvenes (18-30 años) – 25%
- Adultos (31-60 años) – 50%
- Mayores de 60 años – 25%

Género: La muestra es equilibrada en términos de género.

Ocupación: Se tomaron en cuenta agricultores, ganaderos, comerciantes, amas de casa, estudiantes y otros trabajadores del municipio, lo que asegura que se capture una perspectiva integral de los principales sectores productivos.

Los resultados nos permitirán evaluar el nivel de aceptación social y cultural respecto al consumo y producción de la harina de grillos, además identificar las barreras y analizar la viabilidad del modelo de producción en el municipio del Peñón Cundinamarca.

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta:

Total, de encuestas: 66

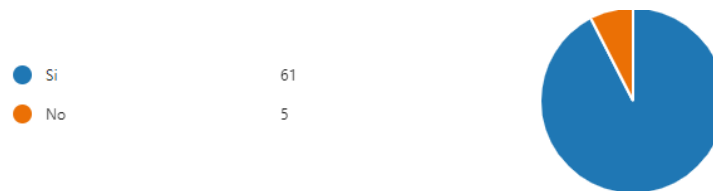
1. ¿Conoces o has escuchado sobre la harina de grillos como una fuente de proteína alternativa?



Fuente: Elaboración propia

El 55% de las personas han escuchado sobre la harina de grillos, mientras que el 45% no tiene información sobre la harina de grillos como alternativa proteica.

2. ¿Estarías dispuesto a consumir productos elaborados con harina de grillos como parte de tu dieta diaria?



Fuente: Elaboración propia

El 92% de las personas estarían dispuestas a consumir productos elaborados con harina de grillos, mientras que el 8% no consumiría productos con harina de grillos.

3. Si los productos a base de harina de grillos estuvieran disponibles, ¿qué tipo de productos te gustaría probar?



Fuente: Elaboración propia

El 56% de los encuestados prefieren la harina de grillos presente en batidos o suplementos proteicos, los panes y galletas son la segunda opción con un 33% de las preferencias y por último el 11% de las personas se interesan más por las barras energéticas.

4. ¿Qué tan importante es para ti que los productos que consumes tengan un impacto ambiental bajo (uso reducido de agua, menor emisión de gases)?

● Muy importante	22
● Algo importante	40
● Poco importante	3
● No es importante	1

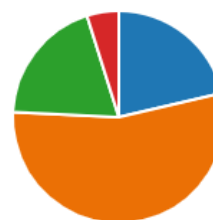


Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los encuestados, exactamente un 94% consideran que el impacto ambiental es muy o algo importante al momento de elegir los productos que consumen.

5. ¿Qué barreras ves para la aceptación de productos a base de harina de grillos en tu comunidad?

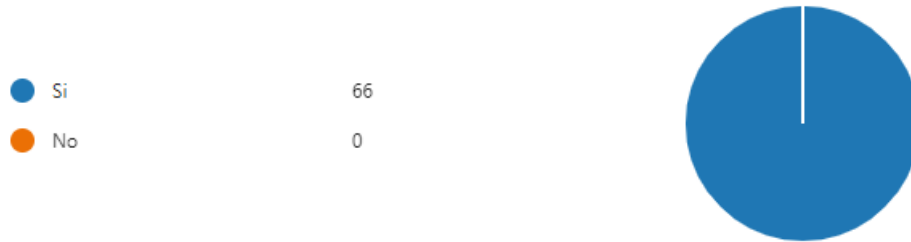
● Falta de información	22
● Rechazo cultural	56
● Precio	20
● Sabor o textura	5



Fuente: Elaboración propia

La mayoría de las respuestas indican que el rechazo cultural es la principal barrera a la hora de aceptar los productos a base de harina de grillos.

6. ¿Estarías interesado en conocer más sobre la producción de harina de grillos como una posible actividad económica local?



Fuente: Elaboración propia

Existe un interés unánime en la producción de harina de grillos como una posible actividad económica local, lo cual indica que podría haber una aceptación significativa para explorar este campo en la comunidad.

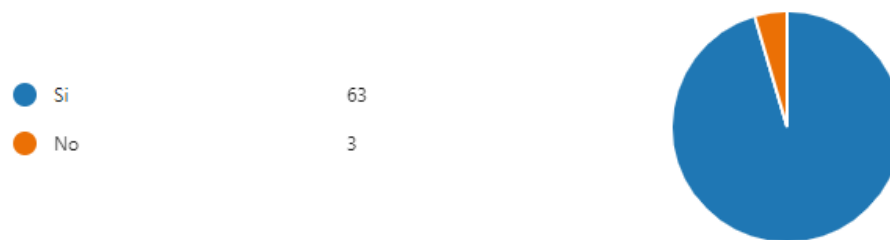
7. Si tuvieras los recursos y capacitación necesarios, ¿considerarías participar en la producción de harina de grillos?



Fuente: Elaboración propia

Existe una alta disposición del 95% por parte de los encuestados para involucrarse en la producción de harina de grillos, siempre que se les proporcionen los recursos y la formación necesarios.

8. ¿Crees que la producción de harina de grillos podría generar nuevas oportunidades de empleo en el municipio del Peñón?



Existe una alta creencia del 95% de los encuestados de que las oportunidades de empleo del municipio del Peñón Cundinamarca podrían aumentar gracias a la producción de harina de grillos.

**8. Recopilar información sobre el impacto ecológico de la cría de grillos en comparación con otras fuentes de proteína. Para el desarrollo de esta actividad se utilizó el siguiente instrumento:**

- a. Tabla comparativa del impacto ambiental entre la producción de grillos y otras fuentes de proteína.: Contiene una comparación sobre el impacto ambiental de las diferentes fuentes de proteína como lo son grillos, carne de res, carne de cerdo, pollo y proteína de Soya, teniendo en cuenta aspectos muy importantes para evaluar las opciones alimenticias más sostenibles en base a el creciente interés de la sociedad en reducir el impacto ambiental.

Tabla 11. Tabla comparativa del impacto ambiental entre la producción de grillos y otras fuentes de proteína.

Tabla Comparativa del Impacto Ambiental por Proteína					
Aspecto	Grillos	Carne de Res	Carne de Cerdo	Carne de Pollo	Proteína de Soya
Uso de Agua (litros/kg de proteína)	1,000 - 2,000	15,000	6,000	4,300	2,500
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (kg CO <sub>2</sub> eq/kg de proteína)	1-2	27	12	6	2
Uso de Tierra (m <sup>2</sup> /kg de proteína)	15	250	80	50	15

<b>Eficiencia de Conversión de Alimento (kg de alimento/kg de proteína)</b>	1.5 - 2	10	6	4	2
<b>Residuos Producidos</b>	Mínimos (pueden reutilizarse en fertilizantes)	Considerables (estiércol, metano)	Moderados (residuos orgánicos y estiércol)	Moderados (residuos orgánicos y estiércol)	Mínimos (residuos vegetales)
<b>Ciclo de Vida (tiempo para alcanzar madurez)</b>	6-8 semanas	18-24 meses	5-6 meses	6-8 semanas	Anual o bianual
<b>Uso de Energía (kWh/kg de proteína)</b>	Bajo	Alto	Moderado	Moderado	Bajo
<b>Impacto en Biodiversidad</b>	Bajo (puede criarse en ambientes controlados)	Alto (deforestación para pastoreo)	Moderado	Moderado	Bajo (dependiendo de prácticas agrícolas)
<b>Producción de Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	No produce metano	Alto	Moderado	Bajo	No produce metano

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla comparativa se identifica que la producción de proteína a partir de grillos es mucho más amigable con el medio ambiente que las fuentes tradicionales en varios aspectos. La cría de grillos requiere menos agua, tierra y alimento, por lo cual emite menos gases de efecto invernadero y genera menos residuos.

Este análisis indica que la incorporación de harina de grillos en el sistema alimentario del municipio del Peñón, Cundinamarca, podría ser beneficiosa para el medio ambiente y ayudar a fomentar la sostenibilidad local.

### **9. Validar Infraestructura y equipos necesarios y requeridos para el proceso de producción:**

Con el fin de garantizar el ambiente óptimo que permita el crecimiento y la reproducción de los grillos, se plantea validar el check list abajo descrito.

*Tabla 12. Check list Infraestructura*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
-----------------------	--------------------

Espacio/Contenedor	Tanque de vidrio fácil de limpiar y mantener. Tamaño de acuerdo con la muestra
Temperatura	25-30° ideal. Implementación de lámparas térmicas
Humedad	40-60% ideal. Implementación de nebulizadores
Ventilación/Red	Cobertor en malla que permita la circulación de aire fresco
Sustrato	5-15cm de profundidad de tierra que permita la oviposición
Alimentación	Disposición de avena, harina de maíz, verduras y agua
Iluminación	Preferencia de ambientes oscuros
Limpieza	Desinfección cada 3 días para mantener un ambiente saludable
Seguridad	Contenedores sellados para evitar plagas

Elaboración propia

## 10. Evaluar los procesos involucrados en la producción y elaboración de harina de grillo

Para garantizar el modelo de producción y elaboración del producto, se estipula el cronograma de actividades relacionado, esto con el fin de dar seguimiento y control a todas las fases involucradas en el proceso. A partir del mismo, se especificará cumplimiento de actividades y/o reprogramaciones.

Tabla 13. Cronograma de actividades

No	Item	Duración sem	SEMANA																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Selección de especie	1	X																
2	Selección de espacio y ambiente controlado	1		X															
3	Cotización de Material	1			X														
4	Compra y Transporte de Material	1				X													
5	Alimentación y crianza	8					X	X	X	X	X	X	X						
6	Cosecha	1											X						
7	Procesamiento	1												X					
8	Secado	1													X				
9	Molido	0.5																X	
10	Envasado	0.5																X	
11	Almacenamiento	1																	X
12	Control de calidad	12					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

## 11. Definir normas de seguridad alimentaria

El procesamiento de insectos para consumo humano se rige bajo diferentes normativas y entidades, por lo cual a continuación se detallan aquellas sobre las cuales se limitará el presente desarrollo. La obtención de certificados de calidad y cumplimiento de normas será la evidencia de ejecución de esta actividad.

a. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

- Normativa de Inocuidad Alimentaria: El ICA regula la producción y comercialización de alimentos, incluidos los insectos. Los productores deben cumplir con requisitos de inocuidad y buenas prácticas.

b. Ministerio de Salud y Protección Social

- Resolución 2674 de 2013: incluye lineamientos sobre la producción y procesamiento de alimentos, incluyendo insectos.
- Reglamento sobre Nuevos Alimentos: define pautas generales para la incorporación de nuevos alimentos en el mercado.

c. Normas Técnicas Colombianas (NTC)

- NTC 6060: regulaciones sobre la producción y procesamiento de alimentos.

## 12. Proponer la implementación de procesos de automatización y control

La implementación de procesos de automatización y control permite mejorar tiempos y costos en la obtención del producto, por lo cual, proponer un plan de implementación que mejore en primera medida 3 procesos de la producción traerá consigo los beneficios anteriormente mencionados.

Tabla 14. Tipos de procesos

PROCESO	AUTOMATIZACIÓN	RESULTADO
<b>Control de ambiente</b>	Sensor de Temperatura	Implementación de sensores térmicos que inicialmente permitan monitorear y controlar la temperatura en el criadero, donde posteriormente se logre tener renovación tecnológica con la generación de alarmas.
	Sensor de Humedad	Implementación de sensores que permitan monitorear y controlar la humedad en el criadero
<b>Secado</b>	Deshidratación automatizada	Instalación de deshidratadores automáticos que permitan mejorar los tiempos de secado de grillos
<b>Molido</b>	Molido automático	Molienda automática que aporte finura y calidad al grillo seco

Fuente: Elaboración propia

## **Hipótesis**

Hipótesis Nula: la harina proveniente de diferentes especies de grillos tiene un contenido proteico semejante

Hipótesis Alterna: la harina producida a partir de diferentes especies de grillos tiene un contenido proteico diferente.

## **Resultados**

**Dando alcance al objetivo 1:** Proponer un modelo de producción de harina de grillos como alternativa proteica alimentaria, se presentan los siguientes resultados:

### 1. Revisión de la literatura sobre modelos de producción de insectos comestibles:

El análisis de la literatura permitió comprender los diferentes modelos de producción de insectos comestibles, destacando aquellos que utilizan sistemas intensivos, semi-intensivos y de pequeña escala; se identificó que los modelos intensivos ofrecen alta eficiencia y escalabilidad, mientras que los de pequeña escala son más accesibles y adecuados para comunidades rurales como el Peñón, Cundinamarca.

La revisión enfatizó el bajo impacto ambiental de la producción de grillos frente a otras fuentes proteicas, lo que respalda su adopción como una opción sostenible y viable, los estudios destacan que la cría de grillos contribuye a la seguridad alimentaria mediante una producción eficiente en términos de recursos como agua y tierra.

### 2. Identificación de las etapas críticas en la cría de grillos:

El análisis identificó varias etapas críticas en el ciclo de vida de los grillos que son esenciales para asegurar una producción exitosa; la selección de especies, las condiciones óptimas de temperatura y humedad, y una alimentación balanceada son factores clave que impactan en el rendimiento y escalabilidad del modelo; se evidenció que mantener parámetros de cría controlados asegura un crecimiento eficiente y una alta tasa de reproducción, estas condiciones son especialmente relevantes en contextos rurales y son claves para establecer un modelo productivo que sea sostenible y adaptable a la realidad local.

### 3. Diagrama de flujo del proceso de producción y procesamiento:

Se diseñó un flujo de trabajo integral para la producción de harina de grillos que incluye las etapas de cría, cosecha, deshidratación, molienda y envasado, este diagrama es fundamental para asegurar un proceso sistemático y eficiente, garantizando la calidad del producto final; la implementación de prácticas de procesamiento seguras y estandarizadas, junto con la optimización de cada etapa, permite maximizar la producción y minimizar los desperdicios, contribuyendo así a la viabilidad del modelo y al cumplimiento de normas de seguridad alimentaria.

### 4. Evaluación de tecnologías disponibles para automatización y reducción de costos en la producción:

La investigación sobre tecnologías disponibles identificó herramientas clave para la automatización y la reducción de costos en el proceso de producción de harina de grillos. Sistemas de cría automatizados, deshidratadores industriales y molinos de alta velocidad fueron evaluados como opciones viables para optimizar la producción, la implementación de estas tecnologías permitiría mejorar la eficiencia, reducir costos operativos y facilitar la escalabilidad del modelo, este análisis subraya que la adopción de tecnologías adecuadas puede hacer que el modelo sea más competitivo, rentable y sostenible en el largo plazo.

**Dando alcance al objetivo 2:** Analizar las condiciones ambientales y sociales para la producción y consumo de harina de grillos, se presentan los siguientes resultados:

1. Tabla de recursos naturales que destaque áreas favorables para la cría de grillos: Se revisaron estudios que detallan las condiciones ambientales favorables para la cría de grillos, destacando áreas con temperaturas cálidas y humedades relativas controladas. Se tuvieron en cuenta factores como la disponibilidad de agua, suelos fértiles y una cobertura vegetal que proporciona refugio y alimento. (ver Tabla de recursos naturales que destaque áreas favorables para la cría de grillos)

El análisis de la tabla sobre recursos naturales indica que el municipio del Peñón, Cundinamarca, cuenta con condiciones óptimas para la cría de grillos. o, respaldan la viabilidad del proyecto. Además, la infraestructura existente para crear ambientes controlados, junto con

el acceso a fuentes de energía, refuerzan la factibilidad del modelo de producción de harina de grillos. Para asegurar el éxito a largo plazo, es aconsejable realizar un monitoreo constante de las condiciones ambientales y utilizar tecnología que regule el clima, protegiendo así el proceso de cría de grillos.

2. Matriz DOFA sobre la aceptación social y cultural de los grillos como alternativa alimentaria.: El análisis resalta aspectos clave para la introducción de la harina de grillos en el mercado. La creciente preocupación por la sostenibilidad y la salud es una oportunidad valiosa. Para abordar la resistencia cultural y los prejuicios, es fundamental implementar campañas educativas efectivas que informen sobre los beneficios nutricionales y ecológicos de este producto.

Además, las iniciativas de sensibilización y marketing que presenten la harina de grillos de manera atractiva y accesible pueden ayudar a normalizar su consumo. Utilizar testimonios de consumidores, chefs y expertos en nutrición puede ser una estrategia eficaz para construir confianza y aceptación. Combinar educación, marketing y la promoción de sus beneficios permitirá superar las barreras culturales y facilitar la integración de este alimento alternativo en la dieta cotidiana. (Ver Figura. Análisis DOFA de la aceptación social y cultural de la harina de grillos)

3. Informe con graficas que comparen las condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca con los rangos óptimos para la cría de grillos: Se recopiló información climática del Peñón, Cundinamarca, y se comparó con los rangos óptimos para la cría de grillos. (Ver Tabla. Condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca vs Rangos óptimos para la cría de grillos). Después de este análisis se determina que el clima del Peñón, Cundinamarca, es en gran parte adecuado para la cría de grillos, pero será necesario ajustar las variables como la temperatura y la humedad para garantizar un ambiente totalmente optimo.

4. Realización de encuestas a la población del Peñón Cundinamarca para entender la percepción social, cultural y económica respecto al consumo de harina de grillos como alternativa proteica: El análisis de los resultados de la encuesta, aplicada a 66 personas en el municipio del Peñón, Cundinamarca, revela un panorama prometedor para la aceptación de la harina de grillos como fuente alternativa de proteína. A continuación, se detallan los resultados de esta (Ver Instrumento encuesta)

- El 55% de los encuestados están familiarizados con la harina de grillos.
- Un notable 92% de las personas están dispuestas a incorporar productos con harina de grillos en su dieta.
- Los batidos y suplementos proteicos son los más atractivos, preferidos por el 56% de los encuestados, seguidos por panes y galletas (33%) y barritas energéticas (11%).
- El 94% de los encuestados valora el impacto ambiental de los productos que consumen, mostrando un interés en alternativas con menor huella ecológica.
- La principal barrera para la aceptación es el rechazo cultural.
- Interés económico: Existe un consenso positivo hacia la producción de harina de grillos como una actividad económica local, lo que sugiere potencial de aceptación y desarrollo en la comunidad.
- El 95% de los encuestados consideraría involucrarse en la producción si se les proporcionaran recursos y capacitación.
- Un 95% cree que la producción de harina de grillos podría generar nuevas oportunidades de empleo, lo que refuerza la viabilidad del proyecto como motor de desarrollo económico local.

5. Tabla comparativa del impacto ambiental entre la producción de grillos y otras fuentes de proteína (Ver Tabla comparativa del impacto ambiental entre la producción de grillos y otras fuentes de proteína.): La producción de proteína a partir de grillos es significativamente más amigable con el medio ambiente que las fuentes tradicionales (Res, pollo, cerdo y soya), ya que utiliza menos agua, tierra y alimento, y emite menos gases de efecto invernadero mientras genera menos residuos.

**Dando alcance al objetivo 3:** Determinar la factibilidad técnica de la producción de harina de grillo en el municipio del peñón Cundinamarca, se presentan los siguientes resultados:

1. Con el fin de validar la infraestructura y equipos necesarios y requeridos para el proceso de producción, gracias a las características de infraestructura se logró obtener la información pertinente para la construcción de los criaderos, lo cual permitirá tener ambientes óptimos para el crecimiento y reproducción de las crías de grillo, permitiendo maximizar su crecimiento y reproducción.

2. Para evaluar los procesos involucrados en la producción y elaboración de harina de grillo se generó un cronograma de ejecución de actividades. A partir del seguimiento y control de este se tiene un estimado de duración del proceso de producción aproximado de 16 semanas a partir de la selección de la especie y culminando con el control de calidad.
3. Definir normas de seguridad alimentaria en el procesamiento de insectos para consumo humano permiten obtener certificados de calidad y cumplimiento. Por lo anterior, se listaron los principales entes regulatorios, así como la reglamentación mínima requerida para el expendio y consumo de harina de grillos.
4. Se propone la implementación de procesos de automatización y control mediante la implementación de sensores de temperatura y humedad, deshidratación y molido automático, los cuales permitirán monitorear y controlar el ambiente y los tiempos de ejecución de actividades. La implementación de estos procesos permite, además de mejorar tiempos y calidad del producto, mejoras en CAPEX y OPEX.

## Discusión o análisis de resultados

Los resultados obtenidos en este proyecto evidencian una relación consistente con las teorías expuestas en el marco teórico sobre la producción de proteínas sostenibles a partir de grillos (*Acheta domesticus*). El análisis de impacto ecológico demuestra que la producción de harina de grillos requiere significativamente menos recursos en comparación con las fuentes proteicas tradicionales, alineándose con las conclusiones de estudios previos (Van Huis, 2013; Rumpold & Schlüter, 2013). Por ejemplo, la huella hídrica y de carbono asociadas a los grillos es considerablemente menor, lo que confirma su viabilidad como una alternativa alimentaria sostenible, especialmente en comunidades rurales como El Peñón, Cundinamarca, donde la escasez de recursos y la preocupación por el impacto ambiental son aspectos críticos.

Desde una perspectiva social, los resultados de las encuestas reflejan una aceptación prometedora en la comunidad del Peñón, con un 92% de los encuestados dispuestos a consumir productos elaborados con harina de grillos. Este nivel de aceptación es notablemente alto, superando las expectativas iniciales y contrastando con las barreras culturales típicas asociadas a la entomofagia en regiones occidentales (Delgado & González Vélez, 2019). Además, el 95% de los participantes manifestó interés en participar activamente en la producción de harina de grillos si se les proporcionaran los recursos y la capacitación adecuados, lo que refuerza el potencial del modelo no solo como alternativa alimentaria, sino como motor de desarrollo económico en la región.

En términos de viabilidad técnica, el análisis confirmó que las condiciones climáticas del municipio son favorables, aunque será necesario ajustar variables como la temperatura y la humedad para alcanzar los parámetros óptimos requeridos para la cría de grillos (Oonincx et al., 2010). Estas adaptaciones, junto con la implementación de tecnología accesible para el control de ambiente, sustentan la factibilidad técnica del modelo. Asimismo, el diseño del flujo de trabajo para la producción y procesamiento de harina de grillos, que incluye etapas como deshidratación y molienda, ofrece una ruta clara y sistematizada para garantizar un producto de calidad que cumpla con las normativas de seguridad alimentaria.

Por otro lado, la tabla comparativa del impacto ambiental evidenció que la producción de grillos es significativamente más eficiente que la de otras fuentes proteicas, como carne de res o cerdo, tanto en términos de uso de recursos como en emisiones de gases de efecto

invernadero. Este hallazgo coincide con estudios internacionales que destacan la producción de insectos como una de las opciones más sostenibles para satisfacer la creciente demanda de proteínas (Halloran et al., 2016). En este contexto, el proyecto aporta evidencia práctica que respalda la transición hacia alternativas alimentarias más ecológicas en el ámbito rural.

No obstante, persisten desafíos importantes. El rechazo cultural identificado en algunos sectores del municipio destaca la necesidad de implementar campañas de educación y sensibilización que aborden los prejuicios sobre el consumo de insectos. Adicionalmente, el acceso limitado a tecnología avanzada en el municipio podría retrasar la escalabilidad del modelo, por lo que será crucial diseñar estrategias que incluyan soluciones de bajo costo y capacitación técnica para los productores locales. Estas consideraciones serán determinantes para garantizar el éxito y sostenibilidad del modelo de producción en el largo plazo.

## Conclusiones

- El modelo propuesto se fundamenta en principios de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos y viabilidad técnica, adaptándose a las condiciones ambientales, sociales y económicas del municipio. Este modelo no solo tiene en cuenta la creciente necesidad de diversificar las fuentes de proteína, sino que también promueve una solución innovadora y respetuosa con el medio ambiente para fortalecer la seguridad alimentaria y el desarrollo económico local.
- Se generó un modelo integral que considera tanto las condiciones técnicas y climáticas necesarias para la cría de grillos, como también los factores sociales y culturales que afectan la aceptación del producto. Este modelo tiene el potencial de garantizar una fuente de proteína sostenible mientras impulsa oportunidades de empleo y mejora las capacidades productivas locales, sustentado en un marco para la seguridad alimentaria en comunidades rurales con acceso limitado a recursos.
- El análisis identificó que el municipio cuenta con condiciones favorables, como disponibilidad de agua y terrenos aptos, aunque se requieren ajustes en la temperatura y humedad para optimizar la cría de grillos. Desde el punto de vista social, la población mostró una alta aceptación para consumir productos derivados de grillos y participar en su producción, aunque persisten barreras culturales que podrían abordarse mediante campañas educativas.
- Comparado con fuentes tradicionales de proteína, como la ganadería, la producción de harina de grillos presenta una huella ambiental significativamente más baja, con menores necesidades de agua, espacio y alimento, así como emisiones reducidas de gases de efecto invernadero. Esto respalda la viabilidad del proyecto como una alternativa sostenible para la región.
- La producción de harina de grillos tiene el potencial de generar nuevas oportunidades de empleo y fortalecer la economía local, además, su desarrollo puede promover una mayor seguridad alimentaria en la región al diversificar las fuentes proteicas disponibles.
- A pesar de barreras culturales iniciales, como el rechazo hacia la entomofagia, las encuestas realizadas indican un alto interés y disposición por parte de la comunidad para consumir productos elaborados con harina de grillos (92%) y participar activamente en

su producción si se proporciona la capacitación adecuada (95%). Esto evidencia un terreno favorable para implementar estrategias de sensibilización y educación que normalicen su consumo.

- Las validaciones de infraestructura y procesos involucrados en la implementación de criadero de grillos, arrojó que en un tiempo estimado de 4 meses garantizando ambientes controlados, se logra tener el crecimiento, reproducción y procesamiento de los mismos. A pesar de que los requerimientos tanto físicos como de producción son relativamente simples, el adaptarse a las obligaciones de la cría y las demandas del mercado permitirán generar valor a los criaderos.
- La implementación de procesos de automatización y control es factible para el seguimiento al criadero de grillos, permitiendo incrementar la productividad y la reducción de costos, esto toda vez que el uso de tecnologías permita realizar labores repetitivas sin la interacción humana necesaria y que conlleve a la obtención de mayor producción de harina de grillos.

## Referencias bibliográficas

- Berkelaar, D. (2017). *Entomofagia: El consumo de insectos y su potencial alimentario*. Revista Internacional de Nutrición y Alimentos, 22(4), 102-110.
- Delgado, J., & González Vélez, J. C. (2019). *Entomofagia como alternativa para la seguridad alimentaria y nutricional*. Universidad del Valle.
- Guzmán-Mendoza, J., Calzontzi-Marin, R., & Martínez-Yañez, M. (2016). *Potencial de la entomofagia para la seguridad alimentaria global*. Revista de Insectos Comestibles, 5(12), 65-78.
- Proteinsecta. (2020). *Informe sobre la producción de harina de grillos y sus beneficios nutricionales*. Consultora Proteinsecta.
- Gaona, M. (2022). *Centro de desarrollo agronómico del peñon Cundinamarca enfocado en la construcción de identidad colectiva*. Universidad Piloto de Colombia
- Mendez, E. (2019). *Minería, sostenibilidad y seguridad alimentaria y nutricional en la población campesina en las veredas de San Miguel y El Peñon, Municipio de Sibaté - Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia.
- Halloran, A., Roos, N., Hanboonsong, Y., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 137, 83-94.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *Nutrients*, 12(4), 1-14.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.
- Van Huis, A. (2013). Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58, 563-583.
- Gahukar, R. T. (2020). Insects as human food: are they really tasty and nutritious? *Journal of Applied Biology*.
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J., Cerutti, A., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(4), 57.
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *International Journal of Food Science*, 2019.
- Oonincx, D. G., & de Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS one*, 7(12), e51145.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.
- Tomberlin, J. K., van Huis, A., & Klunder, H. C. (2017). Edible insects: future prospects for food and feed security. *FAO*.
- Van Huis, A. (2020). Prospects of insects as food and feed. *Sustainable food systems*.
- AGROSAVIA. (2023). *AGROSAVIA responde a los retos locales, nacionales y globales*. Obtenido de [https://www.agrosavia.co/media/dknpkv4y/informe\\_anual\\_direccion\\_ejecutiva\\_2023.pdf](https://www.agrosavia.co/media/dknpkv4y/informe_anual_direccion_ejecutiva_2023.pdf)
- Clínica universidad de Navarra. (s.f.). *Requerimientos diarios de proteínas (RDA)*. Obtenido de <https://www.cun.es/chequeos-salud/vida-sana/nutricion/requerimientos-diarios-proteinas>

- FEDEGAN. (2021). *Estadísticas FEDEGAN*. Obtenido de <https://estadisticas.fedegan.org.co/Indicadores/66>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security*.
- ICBF and UNAL. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombiano*.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2016). *Recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes (RIEN)*. Obtenido de [https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resumen\\_rien.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resumen_rien.pdf)
- Moreno, T. (2022). *EFFECTOS NEGATIVOS SOBRE EL CONSUMO DE CARNE EN HUMANOS. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LITERATURA*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/09fc03f3-316b-49b2-b8c4-66c488704625/content>
- Perez, R. (28 de 04 de 2023). *La proteína de grillo y sus beneficios a la salud*. Obtenido de <https://www.mediotiempo.com/opinion/raquel-perez-de-leon/columna-raquel-perez-de-leon/la-proteina-de-grillo-y-sus-beneficios-a-la-salud>
- Rincón, D. (Mayo de 2017). *Los jóvenes que buscan incentivar el consumo de insectos en Colombia*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/vida/ciencia/el-consumo-de-insectos-en-colombia-92506>
- Salas, D. (4 de Junio de 2019). *El enfoque mixto de investigación*. Obtenido de <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>
- Telencuestas. (Enero de 2024). <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2024/cundinamarca/el-penon>. Obtenido de <https://telencuestas.com/censos-de-poblacion/colombia/2024/cundinamarca/el-penon>
-

## Anexos:

### Anexo 1: Informe Comparativo: Condiciones Climáticas del Peñón, Cundinamarca, vs. Rangos Óptimos para la Cría de Grillos

Para asegurar el éxito del modelo de producción de harina de grillos en el municipio del Peñón Cundinamarca es muy importante evaluar las condiciones climáticas locales y compararlas con los rangos óptimos para la cría de grillos. Para esto se ejecuta una tabla comparativa donde se evalúan las variables determinantes en el nivel de crecimiento de los grillos como lo son: la temperatura, humedad y horas de luz.

Por medio de esta evaluación se determinará los ajustes que son necesarios para crear un ambiente propicio y favorable para la cría de los grillos. Esto será la base para entender los factores que se deben tener en cuenta a la hora de formular el modelo de producción.

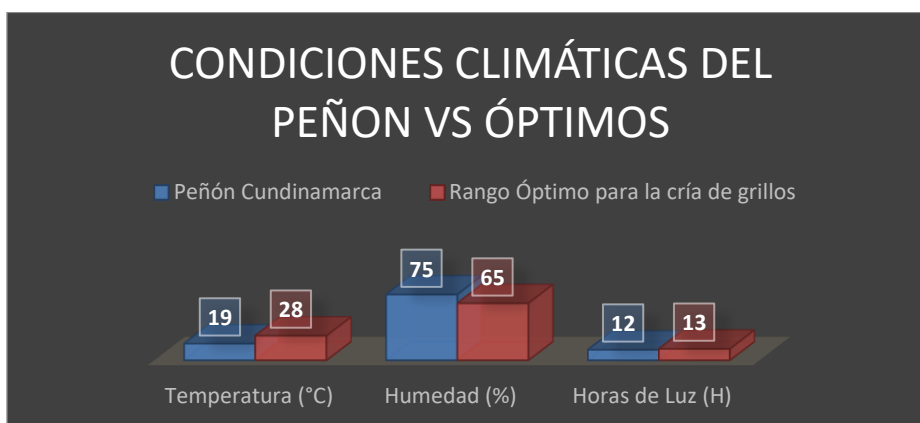
En la tabla y la figura se evidencian las condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca en comparación con las condiciones óptimas para la cría de grillos.

*Tabla. Condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca vs Rangos óptimos para la cría de grillos*

Variable	Peñón Cundinamarca	Rango Óptimo para la cría de grillos
Temperatura (°C)	19	28
Humedad (%)	75	65
Horas de Luz (H)	12	13

Fuente: Elaboración propia

*Figura. Condiciones climáticas del Peñón Cundinamarca vs Rangos óptimos para la cría de grillos*



Fuente: Elaboración propia

### **a. Temperatura**

- **Rangos óptimos para la cría de grillos:** Los grillos prosperan en un rango de temperatura de 28°C. las temperaturas por debajo de 20°C ralentizan su crecimiento y reproducción.
- **Temperatura media en el Peñón, Cundinamarca:** El Peñón tiene una temperatura promedio anual de 19°C, lo que es más bajo que el rango óptimo.

Aunque la temperatura promedio en el Peñón es más baja que el rango ideal para la cría de grillos, la implementación de tecnologías como calefacción en los criaderos podría ayudar a crear las condiciones óptimas.

### **b. Humedad**

- **Rangos óptimos para la cría de grillos:** Los grillos requieren niveles de humedad relativa en promedio del 65%.
- **Humedad promedio en el Peñón, Cundinamarca:** El Peñón tiene una humedad relativa promedio de 75%, lo que supera ligeramente el rango óptimo para la cría de grillos.

El Peñón presenta niveles de humedad adecuados para la cría de grillos, aunque en algunas épocas puede estar ligeramente por encima del rango recomendado. El uso de deshumidificadores podría ser una solución en estas situaciones.

### **c. Horas de luz**

- **Rangos óptimos de luz para la cría de grillos:** Los grillos necesitan 13 horas de luz en promedio al día para un crecimiento adecuado.
- **Horas de luz en el Peñón, Cundinamarca:** El municipio del Peñón tiene un promedio de 12 horas de luz solar al día, lo cual está dentro del rango óptimo para la cría de grillos.

Las horas de luz en el Peñón son adecuadas para la cría de grillos, por lo que no se requieren ajustes significativos en este aspecto.

En conclusión, el clima del Peñón, Cundinamarca, es en gran parte adecuado para la cría de grillos, pero será necesario realizar algunos ajustes en la temperatura y posiblemente en la humedad para garantizar condiciones óptimas de producción.

**2. Anexo 2:** Formato de la encuesta sobre el Consumo y Producción de Harina de Grillos

**Encuesta sobre Consumo y Producción de Harina de Grillos en El Peñón, Cundinamarca**

Gracias por participar en esta encuesta. Buscamos conocer tu opinión sobre el consumo y producción de harina de grillos como alternativa proteica en el municipio de El Peñón, Cundinamarca. La información será utilizada para un seminario de investigación y tus respuestas serán anónimas.

\* Obligatoria

1. ¿Conoces o has escuchado sobre la harina de grillos como una fuente de proteína alternativa? \*

Si

No

2. ¿Estarías dispuesto a consumir productos elaborados con harina de grillos como parte de tu dieta diaria? \*

Si

No

3. Si los productos a base de harina de grillos estuvieran disponibles, ¿qué tipo de productos te

gustaría probar? \*

- Panes y galletas
- Batidos o suplementos proteicos
- Barritas energéticas

4. ¿Qué tan importante es para ti que los productos que consumes tengan un impacto ambiental bajo (uso reducido de agua, menor emisión de gases)? \*

- Muy importante
- Algo importante
- Poco importante
- No es importante

5. ¿Qué barreras ves para la aceptación de productos a base de harina de grillos en tu comunidad? \*

- Falta de información
- Rechazo cultural
- Precio
- Sabor o textura

6. ¿Estarías interesado en conocer más sobre la producción de harina de grillos como una posible actividad económica local? \*

- Si
- No

7. Si tuvieras los recursos y capacitación necesarios, ¿considerarías participar en la producción de harina de grillos? \*

Si

No

8. ¿Crees que la producción de harina de grillos podría generar nuevas oportunidades de empleo en el municipio de El Peñón? \*

Si

No