

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN



NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN.

CÓDIGO: AA-2001

“Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano.”

DATOS DE LOS RESPONSABLES.

TÍTULO A OBTENER: INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTORES

Nombre	N° carnet	Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Br. Medina Milián Ruth Michelle	MM06112	Col. Miralvalle, #657, San Salvador	Tel: 7456-5600 Correo: mitchi.mitchelle@gmail.com	

DATOS DEL ASESOR

Nombre	Lugar de trabajo	Teléfono y correo electrónico	Firma
Ing. Agr. Andrés Wilfredo Rivas Flores	Universidad de El Salvador	Tel: 7938-4988 Correo: andres.rivas1@ues.edu.sv	

Visto bueno:

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento

Ing. Agr. Ricardo Ernesto Gómez Orellana Firma: _____

Director General de Proceso de Graduación de la Facultad

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García Firma: _____

Jefe del Departamento de Protección Vegetal

Ing. Agr. Andrés Wilfredo Rivas Flores Firma: _____ Sello:

Ciudad Universitaria, abril de 2020.

TÍTULO

“Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano.”

AUTORES

Medina - Milian, R.M¹; Rivas - Flores, A.W².

RESUMÉN

La investigación contiene experiencias en la implementación y mantenimiento de una crianza de grillos, que incluye las condiciones y cuidados del grillo; y la elaboración de harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*. Para el análisis estadístico se obtuvieron los datos medios de los valores de proteína obtenidos por medio de diferentes dietas suministradas a los grillos (D₁: lechuga y concentrado de tilapia, D₂: zanahoria y concentrado de tilapia, D₃: zucchini y concentrado de tilapia), donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para determinar diferencias significativas entre los distintos tratamientos alimenticios ($\alpha = 0,05$) de acuerdo a los factores de variación estudiados en cada caso. Se puede considerar como una harina fortificada; ya que posee el 36.93% de proteína y según el Reglamento Técnico Centroamericano para que la harina de trigo sea fortificada debe de contener 7% de proteína. Microbiológicamente la harina de grillo no representa ningún peligro para la ingesta siempre y cuando se fabrique bajo condiciones de Buenas Prácticas de Manufactura. Para la metodología económica los costos fueron calculados a una producción de 1,800 grillos por cada dieta alimenticia, donde la dieta de D₁: concentrado de tilapia y lechuga, reflejó el costo más económico de producción con un valor de (\$ 47.26) por kg producido; los precios de referencia en el mercado internacional para la comercialización de un kg de harina a base de grillo son de \$193.00 por lo que la rentabilidad de este producto es alta como sus beneficios nutricionales. La vida de anaquel de la harina de grillo *Acheta domesticus*, es mayor a tres meses a la generación y reproducción de hongos y levaduras.

Palabras claves: Grillo *Acheta domesticus*, análisis bromatológico, proteína cruda, análisis microbiológico.

¹Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal. Estudiante tesista.

²Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal. Docente Director.

TITLE

“Agroindustrial prototype of the *Acheta domesticus* flour (Orthoptera: Gryllidae) for human consumption”.

AUTHORS

Medina - Milian, R.M¹; Rivas - Flores, A.W².

ABSTRACT

This investigation includes experiences regarding the implementation and maintenance of cricket breeding methods which have to do with the conditions and caring of crickets as well as the making of the cricket flour, crickets of the *Acheta domesticus* species. In order to conduct the statistical analysis, the mean data was obtained out of the values of the protein found by means of different diets supplied to crickets (D₁: lettuce and concentrate of tilapia, D₂: carrot and concentrate of tilapia, D₃: zucchini and concentrate of tilapia), where the analysis of the unifactorial variance (ANOVA) was used to determine the significative differences between unlike treatments of food ($\alpha = 0, 05$), that according to the factors of variation of studies in the corresponding cases. Thus, the *Acheta domesticus* cricket flour can be considered a fortified flour because it includes 36, 93% of proteins. According to the Central American Technical Regulations for a wheat flour to be fortified, it must contain 7% of proteins. Microbiologically speaking, the consumption of cricket flour does not represent any danger for human digestion as long as it is made under conditions of good manufacturing practices. On the other hand, for the economics and business, the costs were calculated for a production of an amount of 1 800 crickets, each for a specific diet, where the diet of D₁ was concentrate of tilapia and lettuce, and that reflected the cheapest cost of production with a cost of \$47.26 per kg produced. That is important because in the international trade market, the reference price for a kg of cricket flour is \$ 193.00 which is why the cost effectiveness is very good just as well as the nutritional benefits it provides. Besides, the shelf time of the *Acheta domesticus* cricket flour is greater than that of three months of the breeding, the growing and the harvesting of fungus and yeast.

Key words: Cricket *Acheta domesticus*, bromathological analysis, raw protein, microbiological analysis.

¹University of El Salvador, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Plant Protection. Thesis student.

²University of El Salvador, Faculty of Agricultural Sciences, Department of Plant Protection. Teacher Directors.

1. INTRODUCCIÓN.

Se considera que alrededor de la mitad de la población mundial está insuficiente o inadecuadamente alimentada, no solo en cuanto a la energía (calorías) que requiere, sino también respecto a los elementos nutritivos como: proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales que constituyen la dieta diaria (Van Huis 2016).

Es importante investigar, encontrar y probar nuevas alternativas de alimento para la población, cuyo abasto este asegurado; su costo sea bajo y que contengan los nutrientes esenciales para una buena salud. Esta nueva alternativa se presenta en la entomofagia la cual consiste en la ingesta de insectos; los cuales son ricos en proteínas.

Por ello la entomofagia practicada por distintas culturas en diversas partes del mundo (Ramos-Elorduy, *J. et al.*, 1998) llevó a muchos nutricionistas a evaluar sus aportes como alimento. De todos estos trabajos se concluye que la mayoría de los insectos analizados poseen, entre otros, un aporte proteico superior al de la carne de vacuno. Esto, si bien no pareció aumentar su consumo para nutrición humana, arrojó nueva luz para la búsqueda de fuentes alternativas. En el mundo se comen cerca de 2,000 especies de insectos (Universidad Autónoma de Sinaloa 2016).

La investigación consistió en producir un prototipo de harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* en etapa adulta como alternativa nutricional para el consumo humano ya que es rica en proteínas; los grillos fueron alimentados mediante tres dietas alimenticias: lechuga, zucchini y zanahoria todas acompañadas de concentrado de tilapia etapa inicial.

Después de los análisis bromatológicos, se concluye que la harina a base de grillo *Acheta domesticus* en etapa adulta es una alternativa nutricional para el consumo humano por ser rica en proteínas. Por aspectos culturales la población salvadoreña no consume insectos; la harina de grillo no posee sabor y esto permitir incorporarla dentro de un producto con aceptación comercial o saborizarla para que forme parte de la dieta alimenticia de la población salvadoreña como lo es el caso del pan tipo baguette ya que puede considerarse una alternativa para fortalecer la ingesta de proteína en la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción general del estudio

El estudio se realizó durante el periodo comprendido entre los meses de mayo de 2019 a octubre de 2019; y se desarrolló en dos fases: Fase I: establecimiento y crianza de una

granja de grillos de la especie *Acheta domestica*; donde los grillos fueron alimentados por un periodo de 12 semanas administrando las dietas: Concentrado de tilapia y lechuga, concentrado de tilapia y zanahoria, concentrado de tilapia y zucchini. Para suministrarlas fue necesario tres cajas plásticas por cada dieta; conteniendo los grillos para su alimentación; haciendo un total de nueve cajas. Las cajas plásticas se limpiaron constantemente de heces y mudas de piel. Por otra parte, la cantidad de alimento que se les proporcionó dependió de las necesidades alimenticias de las ninfas de grillo, inicialmente se les proporcionó 15 gr de concentrado de Tilapia más 5 gr de las diferentes verduras en estudio esto por 2 semanas; luego se les proporcionó 50 gr de concentrado más 150 gr de verduras en estudio; aumentando la cantidad de alimento progresivamente a medida que las ninfas crecían e intentando mantener una proporción constante de concentrado de tilapia y verduras. La fase II: Se realizó en la planta de procesamiento de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en carretera al Puerto de La Libertad, Km 57, Cantón Tecualuya, Municipio de San Luis Talpa, Departamento de La Paz. Esta fase consistió en la elaboración de la harina de grillo y los diferentes análisis bromatológicos y microbiológicos realizados a la harina; así como la elaboración de un prototipo alimenticio elaborado de harina de grillo de la especie *Acheta domestica*. Para la elaboración de harina se utilizaron tres cajas por cada dieta alimenticia, cada caja plástica contenía un promedio de 630 grillos. Para la elaboración de harina se probó la metodología recomendada por Generación Z de Costa Rica (2016), modificando ciertos procesos.

Comprobación de pérdida de humedad de los grillos *Acheta domestica*

Una vez se recolectaron las muestras de grillos, se procedió al sacrificio, para ello se hizo necesario dejar a los grillos sin alimentación por 4 horas, ya que este es el tiempo que tardan en realizar la digestión; luego se capturaron y se colocaron en el congelador por 2 horas para que entraran en una fase de adormecimiento o etapa de diapausa y posteriormente la muerte; para la estimación de la pérdida de humedad se procedió a pesar los grillos congelados por cada dieta alimenticia.

En una olla se calentó agua hasta una temperatura aproximada de 60°C y se colocaron los grillos por el tiempo de 30 segundos para bajar la carga microbiana y eliminar cualquier patógeno que estos posiblemente tengan por su naturaleza. Posteriormente para que el proceso de deshidratación sea más eficaz, se dispuso de un colador o tamiz para escurrir el exceso de agua y así poder secarlos para pasar al deshidratador.

Los grillos se colocaron, en un deshidratador a 150°C por 6 horas, donde se comprobó la pérdida de humedad por medio de la pérdida de peso en los grillos.

Cuadro 1. Diferencias de peso después del proceso de deshidratado de los grillos, debido a las dietas alimenticias ingeridas. (Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia)

Dieta Alimenticia	Dieta 1			Dieta 2			Dieta 3		
Cantidad de grillos por caja	499	504	569	647	651	770	866	557	607
Peso inicial (g)	319.2	322.4	364.2	368.7	371.1	438.8	467.5	455.1	460.8
Peso después de 2 horas de deshidratado (g)	230.1	233.0	263.2	285.6	328.2	383.4	385.5	375.3	380.0
Peso después de 4 horas de deshidratado (g)	158.1	160.1	180.8	192.4	224.3	262.0	269.1	262.0	265.2
Peso final después de 6 horas de deshidratado (g)	105.6	105.3	114.3	136.4	152.8	168.4	148.1	182.9	185.2
Humedad (%)	33.08	32.66	31.38	36.99	41.17	38.38	31.68	40.18	40.18
Promedios de %Humedad	32.38			38.85			37.35		

Nota: El porcentaje de humedad fue calculado haciendo el cociente entre el peso final y el peso inicial. Fecha de procesamiento 5/06/2019.

Procesamiento de harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*.

Para la elaboración de la harina de grillo, se utilizó un molino de café, pero se pueden utilizar otros molinos con diferentes tamaños de partículas expresados en micras para dejar un molido más fino para que el paladar no sienta partículas grandes. En este estudio no se midió el tamaño de partícula de la harina ya que no se contaba con el equipo adecuado. Esta fue la última etapa de elaboración de la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*.

Finalmente, después de la elaboración de la harina se procedió a la formulación de un prototipo alimenticio para el consumo humano, implementando principios de buenas prácticas de procesamiento.

2.2. Metodología de laboratorio

Análisis bromatológicos

A la harina de grillo elaborada, se le realizaron un total de seis análisis bromatológicos, dos por cada dieta alimenticia para determinar cuál dieta alimenticia aporta mayor cantidad de proteína cruda, humedad total, materia seca, ceniza, extracto etéreo, fibra cruda y

carbohidratos solubles en agua (CHOS), estos análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Análisis microbiológicos

Para estos análisis, se elaboró harinas en fechas de producción de 05/06/2019 y 30/09/2019 y se analizaron en la fecha de 24/10/2019; esto se hizo con la finalidad de conocer los cambios de las características organolépticas y microbiológicas del producto para establecer la vida de anaquel de la harina.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Microbiología y Biotecnología del Centro de Investigación y Desarrollo en Salud CENSALUD de la Universidad de El Salvador; se hicieron 2 análisis microbiológicos para conocer si, la harina de grillo es apta para el consumo humano. Debido a que en El Salvador no existe reglamentación para este tipo de productos se tomó en base a lo que establece el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harinas, Harinas de Trigo Fortificadas Especificaciones, en donde establece parámetros para los molidos en polvo, los cuales son: Recuento de mohos y levaduras.

También se consideraron las especificaciones basadas en el Reglamento de la Comisión Europea (UE) 2017/893 sobre Salmonella y Recuento de Coliformes totales y *Escherichia coli*. Las muestras fueron analizadas y se compararon con los parámetros establecidos en el reglamento anteriormente mencionado.

2.3. Metodología estadística

El análisis estadístico se realizó de los datos medios de los valores obtenidos de proteína por medio de las distintas dietas alimenticias suministradas a los grillos: D₁: lechuga y concentrado de tilapia, D₂: zanahoria y concentrado de tilapia, D₃: zucchini y concentrado de tilapia. Dicho análisis se llevó a cabo mediante MINITAB (Data Analysis, Statistical & Process Improvement Tools).

Se realizaron comparaciones mediante las diferencias de proteína en los grillos con las diferentes dietas alimenticias en el desarrollo de las ninfas, garantizando que las muestras presenten distribución normal y homogeneidad en sus varianzas.

Se reconoció igualdad de varianzas para el análisis, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, teniendo como **hipótesis nula** que todas las medias de la variable %Proteína son

iguales; mientras que la **hipótesis alternativa** establece que no todas las medias de la variable %Proteína son iguales.

2.4. Metodología económica.

Se utilizó la metodología de análisis de costos y beneficios, para determinar los costos que implican el proceso de producción de harina de grillo, para ser utilizada como materia prima para la elaboración de un prototipo alimenticio para consumo humano. Se estimó el costo de elaboración de la harina por cada dieta alimenticia que se les proporciono a los grillos en la investigación y se eligió la que obtuvo menor costo de producción.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Valores promedio de peso de los grillos según su dieta alimenticia.

Después de 12 semanas de la crianza de grillos (adulto – joven), se procedió al sacrificio, donde se obtuvo de forma aleatoria los pesos de veinte ejemplares por cada dieta alimenticia, obteniendo estimaciones de los pesos promedios, los cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Valores promedios de peso de 20 grillos por cada dieta alimenticia ingerida. (Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia)

Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3
0.64 g	0.57 g	0.54 g

El peso de los grillos se mostró en función de la verdura suministrada; los grillos que ingirieron la dieta alimenticia complementada con lechuga obtuvieron mayor peso de 0.64 g, además, se observó que la lechuga es el alimento de media aceptación por los grillos. Los grillos suplementados con zanahoria obtuvieron un valor de 0.57 g; en la experiencia de la crianza de grillos se observó que la dieta complementada con zanahoria fue el alimento de mayor aceptación ya que era ingerida antes que los otros alimentos. Por otra parte, la alimentación con zucchini fue el alimento con menor aceptación, obteniendo un valor de peso de 0.54 g. Este peso menor probablemente se deba a que el zucchini posee una gran cantidad de agua en su composición en comparación con los otros alimentos.

Estimaciones de pérdidas de humedad según dieta alimenticia.

En el cuadro 1 se puede apreciar las pérdidas de humedad de los grillos después de haber transcurrido 6 horas en donde: la dieta alimenticia con lechuga y concentrado de tilapia

obtuvo el mejor resultado al momento de deshidratación ya que en promedio perdió una humedad de 32.38% por los pesos presentados al final del proceso de deshidratación. La dieta de zanahoria y concentrado de tilapia perdió un promedio de 38.85 % de humedad, la dieta de zucchini y concentrado de tilapia perdió en promedio un 37.35% de humedad. Esto quiere decir que los grillos con dieta alimenticia de Lechuga perdieron mayor humedad, seguida por la dieta de zucchini y por último la dieta a base de zanahoria.

Resultados de análisis bromatológico

El Reglamento Técnico Centroamericano, regula diversos productos de alimentos para consumo humano donde se contempla que los productos proteínicos comprenden productos compuestos principalmente de proteína de soja (categoría 12.9.1), productos de cuajada de frijoles (categorías de alimentos 12.9.2, 12.9.3 y 12.9.4) y productos derivados de otras fuentes proteicas, por ejemplo. leche, cereales u hortalizas categoría de alimentos (12.9.5) (RTCA 67.04.54:10). Debido a la limitante de este reglamento se decidió compararla con la harina de trigo fortificado, ya que se elabora de un cereal y es un producto similar. En el cuadro 3 se presenta la comparación a lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harinas de trigo en el parámetro de humedad de la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* y como muestran los resultados, los valores son altos para todas las dietas en comparación del valor límite de humedad el cual es 15% según reglamentación. Valores elevados de humedad en harinas favorecen el crecimiento y reproducción de microorganismos: los cuales reducen la vida de anaquel de los productos.

Cuadro 3. Requisitos físicos de conformidad a la variedad de trigo y los resultados obtenidos de humedad para cada dieta. (Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia)

Determinaciones	Límite	Resultado	
Humedad, en porcentaje máximo en masa (m/m)	15,5%	Dieta 1	31.7%
		Dieta 2	40.24%
		Dieta 3	36.17%

Respecto al análisis bromatológico de proteína cruda y de ceniza de la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus*; se realizó un promedio del total de proteína cruda por cada dieta alimenticia y se realizó una comparación con lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07 Harinas de trigo fortificada donde menciona que para que

una harina sea llamada fortificada debe obtener un porcentaje de 7% de proteína como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Requisitos fisicoquímicos de conformidad a la variedad de trigo establecidos en el Reglamento técnico Centroamericano 67.01.15:07 y los resultados obtenidos de % de proteína y % de ceniza. (Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia)

Determinaciones	Limite	Resultados	
Proteínas, en porcentaje mínimo en masa (m/m), en base seca	7,0%	Dieta 1	36.96%
		Dieta 2	28.28%
		Dieta 3	23.09%
Ceniza, en porcentaje máximo en masa (m/m), en base seca	1,0%	Dieta 1	4.46%
		Dieta 2	4.50%
		Dieta 3	4.58%

Con esto se determina que el porcentaje de proteína que contiene la harina elaborada de grillo de la especie *Acheta domesticus* es mayor al porcentaje de proteína que puede contener una harina de trigo; independientemente al tipo de alimentación que estos reciban. Las cenizas de los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original; en las muestras analizadas se observó que el porcentaje de ceniza es alto en la harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* en comparación con la harina de trigo; es alto debido a que la determinación del contenido de cenizas sirve para obtener la pureza de algunos ingredientes que se usan en la elaboración de alimentos tales como: azúcar, pectinas, almidones, gelatina y minerales; y para la elaboración de harina se utilizó el grillo completo con su exoesqueleto compuesto de quitina.

Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para determinar diferencias significativas entre las variables %Proteína cruda y dieta alimenticia, entrego los siguientes resultados:

El análisis de varianza, para determinar si las medias de las distintas dietas alimenticias, arrojó resultados para los valores F y P; los cuales fueron de 6.95 y 0.075 respectivamente. Debido a que el valor $P > 0.05$, no es posible rechazar la hipótesis nula la cual establece que las medidas de la variable dieta alimenticia son iguales.

En el cuadro 5 se presentan los datos obtenidos de las muestras de harina de grillo *Acheta domesticus* en los análisis de proteína cruda con los datos medios, desviación estándar y su índice de confianza el cual fue 95%.

Cuadro 5. Medias obtenidas de los resultados de proteína de las diferentes dietas.

Dieta Alimenticia	Muestras	Media	Desviación Standar	Índice de confianza de 95%
1	2	34.13	4.00	(27.04, 41.23)
2	2	25.66	3.71	(18.57, 32.75)
3	2	22.840	0.354	(15.746, 29.934)

Nota: Desviación Standar agrupada = 3.15251

La dieta alimenticia representativa que contiene mayor porcentaje de proteínas es la dieta de lechuga más concentrado de tilapia; las medias de las muestras con alimentación de zanahoria más concentrado de tilapia y la de zucchini más concentrado de tilapia no son representativas estadísticamente con un nivel de significancia del 5%.

Resultados de análisis microbiológicos.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis microbiológicos, realizados a la harina de grillo. dichos análisis fueron realizados con fecha 24/10/2019.

Cuadro 6. Resultados microbiológicos de la harina de grillo procesada.

Determinación	Método	Resultados		Especificaciones
		05/06/2019	30/09/2019	
Recuento de Coliformes Totales	Número más probable (NMP)	1,100 NMP/g	240 NMP/g	***
<i>Escherichia coli</i>	Número más probable (NMP)	<3.0 NMP/g	<3.0 NMP/g	***
Recuento de Hongos y Levaduras	Método de placa vertida	0 UFC/g	0 UFC/g	10 ³ UFC/g*
<i>Salmonella spp.</i>	Método ausencia/presencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia/25 g**

Recuento de Hongos y levaduras

Debido a que no existe reglamentación en nuestro país sobre la elaboración harinas a base de insectos, se consultó con las especificaciones basadas en RTCA 67.01.15:07 Harinas, Harinas de trigo Fortificada, donde especifica los parámetros.

Cuadro 7. Parámetro microbiológico para Recuento de mohos y levaduras basadas en RTCA 67.01.15:07 Harinas

Parámetro	Plan de muestro				Limite	
	Tipo de riesgo	Clase	n	C	m	M
Recuento Mohos y Levaduras	B	3	5	1	10 UFC/g	10 ³ UFC/g

Dentro del plan de muestreo de la normativa se puede observar que es de **RIESGO TIPO B**: Comprende alimentos que por su naturaleza, composición, proceso, manipulación y población a la que va dirigida, tienen una mediana probabilidad de causar daño a la salud. La clase es 3 (tres) lo que quiere decir que es un plan de muestreo por atributos, donde de acuerdo con los criterios microbiológicos puede dividirse en tres grados, “aceptable”, “medianamente aceptable”, y “no aceptable”. La clase aceptable tiene como límites “m” y “M”, y la no aceptable aquellos valores superiores a M. “C” es la categoría de riesgo asociadas al alimento y al microorganismo como se muestra en el cuadro 8 del Reglamento Técnico Centroamericano.

Cuadro 8. Clase de peligro y categoría de riesgo según RTCA.

Clase de peligro	Condiciones normales en las que se supone será manipulado y consumido el alimento tras el muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumenta la peligrosidad
Sin peligro directo para la salud. (Contaminación general, vida útil y alteración).	Categoría 1 3 clases n = 5 c = 3	Categoría 2 3 clases n = 5 c = 2	Categoría 3 3 clases n = 5 c = 1
Peligro para la salud bajo indirecto.	Categoría 4 3 clases n = 5 c = 3	Categoría 5 3 clases n = 5 c = 2	Categoría 6 3 clases n = 5 c = 1
Moderado, directo, difusión limitada.	Categoría 7 3 clases n = 5 c = 2	Categoría 8 3 clases n = 5 c = 1	Categoría 9 3 clases n = 5 c = 1
Grave, directo, directo, difusión potencialmente extensa.	Categoría 10 2 clases n = 5 c = 0	Categoría 10 2 clases n = 5 c = 0	Categoría 10 2 clases n = 5 c = 0

Esto quiere decir que la harina representa una clase de peligro: moderado, directo, difusión limitada y es de categoría 8, esta categoría se usa para parámetros microbiológicos que siendo considerados patógenos, en bajos niveles pueden aceptarse, tales como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*.

Por lo tanto, los análisis realizados a la muestra de harina de grillo con fechas 05/06/2019 y 30/09/2019 cumplen los requerimientos necesarios ya que presentan 0 UFC por ello se consideran aceptables en el apartado para Recuentos de mohos y levaduras.

Limites: El símbolo m = es el criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud. M = criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud.

Salmonella

La Comisión Europea estipula esta reglamentación para productos elaborados de insectos que sirven para alimentar a otros animales menos rumiantes debido a la naturaleza y peligrosidad del patógeno.

Para Salmonella se recomienda que se demuestre “Ausencia” en lo productos analizados para consumo animal. Por lo tanto, las muestras realizadas a las harinas de grillo con fechas 05/06/2019 y 30/09/2019 de elaboración cumplen con este apartado ya que presento “Ausencia” del patógeno en el reporte de laboratorio.

Recuento de Coliformes totales y *Escherichia coli*.

No hay reglamentación acerca de este análisis, pero por la naturaleza del producto se decide hacerlo; el método de NMP consiste principalmente en determinar la presencia o ausencia sea positiva o negativa de atributos específicos de microorganismos en copias obtenidas por diluciones consecutivas a partir de muestras del alimento en este caso la harina. Se basa en el principio de que una única célula viva puede desarrollarse y producir un cultivo turbio. Como se muestra en el cuadro 6, la harina elaborada con fecha de 05/06/2019 en el recuento de coliformes fecales presentó un resultado de 103 NMP/g este valor se encuentra en M= criterio microbiológico por encima del cual el alimento representa un riesgo para la salud. Por lo cual se realizaron pruebas confirmatorias de *Escherichia coli* y el valor es menor de 3.0 NMP/g lo cual es un valor bajo y no representa amenaza para la ingesta de los seres humanos; ahora bien, cabe destacar que esta harina se almaceno por un tiempo de seis meses para conocer su vida anaquel y analizarla. Además, es probable que el valor de coliformes totales se encuentre en el límite máximo debido a la cantidad de tiempo transcurrido, y a que la alimentación de los grillos no se podía desinfectar; solo limpiar con agua ya que estos insectos son susceptibles a restos químicos como el hipoclorito de sodio para la desinfección.

Para la harina elaborada con fecha de 30/09/2019 el resultado arroja 240 NMP/g este valor se encuentra en m= es el criterio microbiológico por debajo del cual el alimento no representa un riesgo para la salud. Esto quiere decir que no representa amenaza para la ingesta de los seres humanos.

Prototipo alimenticio.

Se realizó un prototipo alimenticio, el cual consistió en la elaboración de pan Baguette horneado y fabricado artesanalmente, formulado de la combinación de $\frac{3}{4}$ de harina de trigo, $\frac{1}{4}$ de harina de grillo (*Acheta domesticus*), azúcar, sal, levadura y agua. Se ofreció a diferente público para la comprobación de que se puede utilizar harina de insecto para enriquecer alimentos y obtener mayor porcentaje de proteína en la alimentación, pero no se realizaron encuestas ni estudios de aceptación del producto ya que no era parte del objetivo de la investigación.

Resultados de metodología económica.

Los resultados de la metodología económica están basados en los costos de la elaboración de la harina. Los costos fueron divididos en dos etapas:

La primera consistió en la alimentación en un ciclo de producción de doce semanas, este tiempo fue determinado por el ciclo de vida de los grillos, ya que a esta edad llegan a su etapa adulta – joven; la segunda etapa consistió en el proceso que toma llevar los grillos a convertirse en harina (Quisanga 2000).

Cuadro 9. Costos totales de alimentación y producción de harina de grillo *Acheta domesticus*, según dieta alimenticia. (Dieta 1: lechuga y concentrado de tilapia; Dieta 2: zanahoria y concentrado de tilapia y Dieta 3: zucchini y concentrado de tilapia)

	Cantidad de Harina producida según dieta alimenticia		
	Dieta 1 (373.02 g)	Dieta 2 (398.60 g)	Dieta 3 (363.04 g)
Alimento vegetal (10570 g)	\$ 5.29	\$ 6.87	\$ 11.10
Concentrado de tilapia etapa inicial (3710 g)	\$ 8.20	\$ 8.20	\$ 8.20
Sub total	\$ 13.48	\$ 15.07	\$ 19.30
Tiempo de uso del deshidratador (6 h)	\$3.90		
Tiempo de uso de molino (1 h)	\$ 0.14		
Tiempo de uso de refrigerador (2 h)	\$ 0.23		
Sub total	\$ 4.27		
Costo de procesamiento de la Harina	\$ 17.75	\$ 19.34	\$ 23.57
costo por kilogramo	\$ 47.26	\$ 48.19	\$ 64.57

Nota: Los costos sobre el uso de equipos para la elaboración de la harina se calculó mediante el precio máximo vigente para el suministro eléctrico a partir del 1 de enero de 2020. (\$ 0.156

US\$/Kwh). Hay que mencionar que no se tomaron en cuenta los costos de implementación de la planta de producción, así como el pago de mano de obra.

Los costos fueron calculado a una producción de 1,800 grillos por cada dieta alimenticia, en el cuadro 9 se observa que para la dieta alimenticia D₁ refleja el costo más económico de producción (\$ 47.26); mientras que la dieta D₃ es la que presenta el valor de mayor costo (\$ 64.57).

En el mercado internacional, el precio de referencia para la comercialización de la harina elaborada de grillo es de \$ 9.65 los 0.05 kg; por lo tanto, el precio de comercialización para un kg es de \$ 193.00 esta referencia se encuentra en Exotic Food (Insectos comestibles España); esto pone de manifiesto la rentabilidad para su comercialización.

4. Conclusión

El grillo de la especie *Acheta domesticus* posee importantes elementos nutricionales por lo que puede ser una alternativa para la alimentación humana de tipo sostenible.

Los valores de proteína en porcentaje (%) están por debajo de los valores reportados por el autor Nakagaki (1986) en su estudio; probablemente debido al aumento del metabolismo de los insectos en climas más cálidos.

La implementación de una crianza de grillo de la especie *Acheta domesticus*, es factible debido a que es una especie que se encuentra libre en el ambiente para su captura y es de relativamente fácil manejo para su reproducción

La dieta de alimentación de los grillos estadísticamente no presentó diferencias respecto al nivel de proteína corporal; sin embargo, la dieta influyo en el peso final de ellos; ya que la dieta alimenticia con lechuga obtuvo la mayor ganancia de peso; mientras que la que obtuvo menor ganancia de peso fue la dieta alimenticia con zucchini.

La harina de grillo de la especie *Acheta domesticus* se puede considerar como harina fortificada ya que posee un 36.93% de proteína, excediendo los requerimientos exigidos por el Reglamento Técnico Centroamericano que menciona valores máximos de 7% de proteína.

Las humedades obtenidas al final de cada ensayo aún se encuentran en niveles altos para ser harina fortificada, según el Reglamento Técnico Centroamericano que menciona que la harina de trigo debe de contener un 15.5% de humedad. Lamentablemente no existen parámetros establecidos que sugieran la humedad adecuada; además el porcentaje de humedad que se obtuvo al final del proceso de elaboración de harina, depende

directamente de la dieta alimenticia administrada durante el desarrollo y crecimiento de los grillos de la especie *Acheta domesticus*.

Microbiológicamente la harina de grillo no representa ningún peligro para la salud siempre y cuando se fabrique bajo condiciones de higiene y buenas prácticas de higiene; además como esta harina se pretende que sea usada como materia prima para enriquecer otros alimentos el peligro de ocasionar daños a la salud disminuye por los diferentes procesos productivos para obtener otro alimento ya que es sometido a altas temperaturas.

Según los resultados microbiológicos realizados a la harina de grillo, esta tiene una duración aproximada en buenas condiciones organolépticas y microbiológicas de tres meses.

5. Recomendación

Promover el consumo de productos elaborados con insectos en El Salvador, ya que contienen un alto nivel de proteína; minerales y aminoácidos esenciales que se requieren en la ingesta humana, y de esta forma pueden ser aceptados por la población.

Realizar análisis para detectar y cuantificar las cantidades de aminoácidos esenciales presentes en la harina de grillo.

Evaluar la factibilidad económica de producción a escala industrial del grillo de la especie *Acheta domesticus* como una alternativa de negocio para producir alimentos funcionales, para la generación de fuentes de empleo e ingresos económicos.

Para la comercialización y distribución de productos alimenticios elaborados de insectos es importante realizar análisis microbiológicos reportados en el Reglamento Técnico Centroamericano u otros reglamentos internacionales para garantizar su inocuidad; así como de las diferentes materias primas a utilizar.

Ejecutar estudios de vida de anaquel de la harina de grillo *Acheta domesticus*, en una cámara de aceleramiento.

Adquirir una balanza de humedad para llevar un registro de las pérdidas de humedad, en el proceso de deshidratación de los grillos.

6. Bibliografía

Exotic Food. 2020. Exotic Food. Insectos Comestibles España. Málaga. España. Consultado 8 nov. 2019. Disponible en línea: <https://www.exoticfood.es/p4159678-harina-de-grillo-50gr.html>

- Generación Z. 2016. Consultado 5 de febr. 2018. Disponible en línea:
<https://www.youtube.com/watch?v=9ILUceO2kYc>
- Huis, A; Itterbeeck, J; Klunder, H. 2013. Extracto de Edible insects: Future prospects for food and feed security. (en línea). Roma: FAO. Consultado 5 febr. 2019. Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- Minitab 19. Programa estadístico para Agrónomos. Consultado en: 23 nov. 2019. Disponible en: <https://www.minitab.com/es-mx/downloads/>
- Nakagaki, B. J.1986. Protein quality of the house Cricket, *Acheta domesticus*, when fed to Broiler Chicks. *Poultry Science*.
- Quisanga, F. M. 2000. Estimación de Costos de la Producción de. Tegucigalpa: Zamorano. Honduras.
- RTCA. 2007. Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.15:07. Harinas. Harinas de trigo fortificada, especificaciones. Consultado en: 11 nov. 2019. Disponible en: http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/alimentos/RTCA_de_Harina.pdf
- RTCA 2005. Reglamento Técnico Centroamericano 67.04.54:10. Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios. Consultado en: 12 feb. 2019. Disponible en: <https://www.mspas.gob.gt/images/files/drca/normativasvigentes/RTCAAditivosAlimentarios.pdf>
- Universidad autónoma de Sinaloa. 2016. Acridofagia y otros insectos en donde se cuenta sobre la crianza, recolección, preparación, y consumo de chapulines, gusanos y hormigas y otros bichos para salvar el mundo. 2° Ed.; México.
- UE. 2015. Reglamento del parlamento Europeo y del Consejo. Modificación del reglamento (UE) n°1169/2011 y se deroga el reglamento n°258/97. Diario oficial de la Unión Europea
- UE.2017. Reglamento de la Comisión Europea (UE) 2017/893. Diario oficial de la Unión Europea. Consultado en: 3 nov. 2019. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2009/229/L00001-00028.pdf>
- Van House A; Escalante A. 2016. Acridofagia y otros insectos en donde se cuenta sobre la crianza, recolección, preparación, y consumo de chapulines, gusanos y hormigas y otros bichos para salvar el mundo. 2° Ed.; México. 4 p.