

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DIRECCION DE INVESTIGACIÓN**

NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN.

CÓDIGO: AV-2101

"Comparación de contenido de proteína, grasa, calcio y fósforo de grillos (*Acheta domestica*), en su etapa juvenil, alimentados con diferentes sustratos".

AUTORES

Nombres, apellidos y formación académico	Dirección	Teléfono y correo electrónico	Firma
Castillo Lizama, Ana Delmy CL11014	Urbanización Montes de San Bartolo IV, pje. 18, pol. 28, # 21, Soyapango	76293261 anitadelmycl@gmail.com	
Escobar Henríquez, Pedro Rosalío EH11001	Reparto Universitario, pasaje Moncagua #7-C, Mejicanos	64206415 pedro_re9@hotmail.com	
Lazo Jovel, Adriana María LJ10003	Ciudad Merliot, calle L-3 pol B#22 Jardines de Cuscatlán.	70615320 Adry.m.jovel@gmail.com	
Ingeniero Agrónomo Leopoldo Serrano Cervantes	Facultad. de Ciencias Agronómicas, Depto. de Protección Vegetal.	7380-5856 leopoldo.cervantes@ues.edu.sv	
Lic. Quím. Farm. Norbis Salvador Solano Melara	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Depto. de Química Agrícola	75479634 norbis.solano@ues.edu.sv	
Lic. Biol. Esmeralda Martínez Umaña	Parque Zoológico Nacional	74698986 emartinez@cultura.gob.sv	

VISTO BUENO

Ing. Agr. M. Sc. Rafael Antonio Menjívar Rosa

Coordinador General de Procesos de Graduación del Departamento: Firma:

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García.

Director General de Procesos de Graduación de la Facultad: Firma:

Ing. Agr. M. Sc. Andrés Wilfredo Rivas Flores

Jefe del Departamento: Firma:

Sello:

Lugar y fecha: San Salvador, Ciudad Universitaria, Septiembre de 2021.

“Comparación de contenido de proteína, grasa, calcio y fósforo de grillos (*Acheta domesticus*), en su etapa juvenil, alimentados con diferentes sustratos”.

Castillo-Lizama, A.D.¹, Escobar-Henríquez, P.R.¹, Lazo-Jovel, A.M.¹, Serrano-Cervantes. L.², Solano-Melara, N.S.³, Martínez-Umaña, E.⁴

RESUMEN

La investigación se realizó en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador ubicado en el municipio de San Salvador durante once semanas, iniciando el mes de junio del año 2020 y finalizando en septiembre de ese mismo año, en dicha investigación se determinó el contenido de la proteína, grasa, calcio y fósforo de los grillos (*Acheta domesticus*) en su etapa juvenil a través del cambio del alimento que se ofrece en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador. Esto se logró a través de un estudio bromatológico que se realizó en el Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencia Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Los métodos de análisis químicos utilizados fueron el método de Micro-Kjeldahl para proteína, método de Soxhlet para determinar grasa, el método ultravioleta para el fósforo y el método de espectroscopia de absorción atómica (llama) para determinar el calcio. Los tratamientos utilizados fueron: tratamiento 0: grillos alimentados con concentrado para pollo de inicio con 23% de proteína, tratamiento 1: grillos alimentados con concentrado para tilapia de inicio con 28% de proteína, tratamiento 2: grillos alimentados con concentrado para perro cachorro con 26% de proteína y tratamiento 3: grillos alimentados con concentrado para gato con 30% de proteína. Los resultados fueron evaluados por medio de un análisis de varianza usando un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA), haciendo comparaciones por medio de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5% ($P < 0.05$); utilizando el programa estadístico InfoStat versión 2008. Los resultados determinaron: los grillos con mayor valor proteico fue el tratamiento 1 con 60.55%, los grillos con el mayor valor de extracto etéreo fue el tratamiento 2 con 23.08%, los grillos con mayor valor en calcio fue el tratamiento 3 con 6627.75ppm, el tratamiento con el mayor valor en fósforo fue el tratamiento 1 con 10299.46ppm. Se concluye que la utilización de niveles de proteína más altos en la alimentación del grillo *Acheta domesticus* no genera mejores valores de aprovechamiento de la proteína misma en los grillos, pero utilizar niveles más altos de grasa, calcio o fósforo en la alimentación del grillo *Acheta domesticus* si genera mejores valores de aprovechamiento de dichos nutrientes en ellos, ya que a partir del análisis bromatológico se determinó una mayor cantidad de estos nutrientes en la composición nutricional de los grillos.

Palabras claves: grillo doméstico, *Acheta domesticus*, análisis bromatológico.

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

² Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal. Director del trabajo de tesis.

³ Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola. Director del trabajo de tesis.

⁴ Parque Zoológico Nacional, El Salvador, Departamento de Biología, Director del trabajo de tesis.

Comparison of protein, fat, calcium and phosphorus content of crickets (*Acheta domesticus*), in its juvenile stage, fed with different substrates.

Castillo-Lizama, A.D.¹, Escobar-Henriquez, P.R.¹, Lazo-Jovel, A.M.¹, Serrano-Cervantes. L.², Solano-Melara, N.S.³, Martínez-Umaña, E.⁴

ABSTRACT

The research was carried out in the National Zoological Park of El Salvador located in the municipality of San Salvador for eleven weeks, beginning in June 2020 and ending in September of that same year, in said research the protein content was determined, fat, calcium and phosphorus of the crickets (*Acheta domesticus*) in their juvenile stage through the change of the food that is offered in the National Zoological Park of El Salvador. This was achieved through a bromatological study that was carried out in the Department of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. The chemical analysis methods used were the Micro-Kjeldahl method for protein, the Soxhlet method for determining fat, the ultraviolet method for phosphorus and the atomic absorption spectroscopy (flame) method for determining calcium. The treatments used were: treatment 0: crickets fed with concentrate for starter chicken with 23% protein, treatment 1: crickets fed with concentrate for starter tilapia with 28% protein, treatment 2: crickets fed with concentrate for puppy dogs with 26% protein and treatment 3: crickets fed cat concentrate with 30% protein. The results were evaluated through an analysis of variance using a completely randomized statistical design (DCA), making comparisons through the Tukey test, with a significance level of 5% ($P < 0.05$); using the statistical program InfoStat version 2008. The results determined: the crickets with the highest protein value was treatment 1 with 60.55%, the crickets with the highest ethereal extract value was treatment 2 with 23.08%, the crickets with the highest calcium value It was treatment 3 with 6627.75ppm, the treatment with the highest phosphorus value was treatment 1 with 10299.46ppm. It is concluded that the use of higher levels of protein in the diet of the cricket *Acheta domesticus* does not generate better utilization values of the protein itself in the crickets, but using higher levels of fat, calcium or phosphorus in the diet of the cricket *Acheta domesticus* if it generates better values of use of said nutrients in them, since from the bromatological analysis a greater amount of these nutrients was determined in the nutritional composition of the crickets.

Key words: domestic cricket, *acheta domesticus*, bromatological analysis.

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

² University of El Salvador, Agronomic Sciences Faculty, Plant Protection Department. Director of thesis work.

³ University of El Salvador, Agronomic Sciences Faculty, Agricultural Chemistry Department. Director of thesis work.

⁴ National Zoological Park, El Salvador, Biology Department, Director of thesis work.

1. INTRODUCCIÓN

Desde su aparición en la tierra, hace 350 millones de años, los insectos constituyen la forma de seres vivos más numerosa. El 80 % de los animales existentes son insectos. Los insectos en sus diferentes estadios (huevos, larvas, pupas y adultos) son ricos en proteína (20 a 70 %), aminoácidos esenciales, lípidos (5 a 35 %), carbohidratos (2 a 10 %), vitaminas y minerales. El consumo de insectos, por parte de animales, incluyendo al hombre es ancestral y se puede observar de forma cotidiana en la naturaleza (Valdivié 2016), dentro de estos, el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) es fácil de criar en cautiverio y puede producir hasta 7 generaciones de grillos/año. Por ser un insecto omnívoro se puede alimentar con piensos, frutas, raíces, semillas, cereales, verduras, hojas, flores, áfidos, pequeñas orugas, pequeños insectos e incluso insectos muertos (Erens et al.2012).

Muchos animales se pueden alimentar de grillos, pero en este caso la investigación se centró en la búsqueda del beneficio a los anfibios, estos son una parte crucial en un mundo natural y saludable, después de vivir prósperamente por más de 360 millones de años, de una tercera parte a la mitad de todas las especies de anfibios pueden desaparecer en el futuro inmediato. (Amphibian ark 2008).

La investigación fue orientada a generar nuevas opciones alternativas de alimentación de grillos para consumo por parte de anfibios a las entidades encargadas de administrar el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, sobre otras fuentes de alimentación para el grillo doméstico, para que este pueda aumentar su valor nutricional y así ser ofrecido a los animales, especialmente a los anfibios que habitan en dicho lugar, para que los consuman y puedan reproducirse en mayor cantidad.

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 Ubicación geográfica, duración y unidades experimentales.

La investigación se realizó en el herpetario del Parque Zoológico Nacional, ubicado en Final Calle Modelo., San Salvador, El Salvador. Las unidades experimentales fueron 6400 ninfas de grillos de la especie *Acheta domesticus* de un día de nacidos sin sexar, distribuyendo mil seiscientos grillos por tratamiento. Alimentados con 4 diferentes tipos de tratamientos en un periodo aproximado de 3 meses.

2.2 Metodología de campo.

- Etapa 1: Preparación de materiales

El pie de cría de larvas de grillo *Acheta domesticus*, fue proporcionado por el Parque Zoológico Nacional, y los alimentos concentrados de pollo, tilapia, perro y gato para los tratamientos fueron obtenidos por el equipo de integrantes tesistas, el contenido nutricional de los mismos se presenta en el Cuadro 1. Para el pesaje de la ración diaria de alimento ofrecida cada 24 horas, se utilizó una báscula digital con capacidad de 11 libras, la cantidad de concentrado se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Tabla nutricional de los concentrados utilizados en cada tratamiento.

Nutriente	Tipo de Concentrado			
	Pollo de Inicio	Tilapia de Inicio	Gato	Perro Cachorro
Proteína	23%	28%	30%	26%
Grasa	4.50%	3.50%	10%	10%
Fibra	3%	6%	8%	
Calcio	1.50%	1.50%	2%	
Fósforo total	0.70%	0.70%	0.60%	0.65%
Ceniza	5.75%	5%		
Sal	0.60%			1.50%
Energía Met		2,900Kcal/kg		3,100Kcal/kg

Cuadro 2. Raciones diarias de alimento y agua ofrecida a los grillos, por cada repetición.

Semana	Etapas de vida del grillo	Cantidad de alimento (g) por caja	Cantidad de agua (ml) por caja
1°	Ninfa pequeña	5.67	5
2°		11.34	25
3°		17.01	25
4°		22.68	50
5°		28.35	50
6°		34.02	50
7°	Ninfa juvenil	39.69	75
8°		45.36	75
9°		51.03	100
10°		56.70	100
11°		62.37	125

- Etapa 2: Preparación de instalaciones, equipos para recepción de grillos. (dimensiones)

En el Herpetario de Parque Zoológico Nacional: Los grillos fueron alojados en una galera de dimensiones de 3 metros de largo por 3 metros de ancho y 2.50 metros de altura, con piso de tierra, con paredes de concreto y techo de lámina aluminio zinc. Al interior de esta galera se instaló un mueble metálico de 2 x 1 x 0.30 metros y sobre este mueble se colocaron dieciséis cajas de plástico traslucido con medidas 37 x 27 x 17 cm, que se modificaron con un agujero en la parte superior, cubierto por una malla metálica para proveer de aire y luz a las unidades experimentales, a la vez dentro de estos se instalaron los dormitorios hechos con un cartón para huevos por caja, un depósito para sustrato y uno para agua, el tamaño de estos varió de acuerdo a su edad.

Previo a la instalación se procedió a retirar con escobas el polvo y todo tipo de material que se encontraba en las paredes de la galera y del mueble metálico. El mueble metálico se lavó con abundante agua y detergente comercial para retirar la mayor parte de suciedad existente en el mismo.

- Etapa 3: Recolección y análisis estadístico de la información.

Durante 3 meses con una hoja de registro, se realizó la toma de datos con el manejo de rutina cada 2 días. Se llevó a cabo un cálculo de parámetros con un análisis bromatológico al finalizar el tiempo de manejo de rutina para finalizar con su tabulación e interpretación.

2.3 Metodología de laboratorio.

En esta fase de la investigación se procedió a obtener 4 muestras por cada tratamiento: grillos alimentados con concentrado de pollo (testigo), con concentrado de tilapia (t1), con concentrado de perro (t2) y con concentrado de gato (t3), haciendo un total de 16 muestras, esto para su respectivo análisis bromatológico. Los métodos de análisis químicos utilizados fueron el método de Micro-Kjeldahl para proteína, principal objetivo de la investigación, método de Soxhlet para determinar grasa, el método ultravioleta para el fósforo y el método de espectroscopia de absorción atómica (llama) para determinar el calcio. (Capetillo, *et al* 2010; Solano, N. 2012)

En horas de la mañana, primero se retiraron los grillos de cada caja manualmente, se colocaron en una bolsa plástica previamente rotulada y luego fueron puestas en una hielera con hielo para su posterior traslado y congelación en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. No se esperó a que los grillos vaciaran el contenido intestinal porque es así como se les ofrece a los anfibios que habitan en el Parque Zoológico Nacional.

2.4 Metodología estadística.

Para este ensayo por la naturaleza de las unidades experimentales, fueron evaluados por medio de un análisis de varianza llevado a cabo con el software estadístico Infostat versión 2008, usando un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA), haciendo comparaciones por medio de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5% ya que los grillos son homogéneos de acuerdo con el peso y es el diseño que más se acopla. Se establecieron cuatro tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento, las repeticiones contaban con 400 grillos cada una, haciendo un total de 6400 grillos. Se evalúan las siguientes variables: porcentaje de proteína y grasa, además de concentración de calcio y fósforo en las muestras de los tratamientos en estudio en comparación al tratamiento testigo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico realizado en el Laboratorio de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador se detallan en el Cuadro 3:

Cuadro 3. Análisis bromatológico de grillos *Acheta domesticus*

Muestra No.	Dieta No.	Composición	PROTEINA %	EXTRACTO ETÉREO %	CALCIO ppm	FÓSFORO ppm
1	0	Concentrado para Pollo	56.62	20.96	2010.85	7307.69
2	0		53.39	22.57	2214.74	6681.64
3	0		50.86	25.47	1779.81	8768.51
4	0		59.87	17.06	2082.35	11648.35
5	1	Concentrado para Tilapia	63.07	15.14	4138.47	11434.29
6	1		61.05	16.36	2732.63	8439
7	1		61.22	13.89	8160.75	9615.38
8	1		56.86	14.95	7348.67	11709.15
9	2	Concentrado para Perro	53.45	24.44	4410.24	6129.40
10	2		53.49	24.00	3400.40	6571.81
11	2		61.29	20.35	2338.13	8109.50
12	2		56.33	23.52	6389.81	7322.35
13	3	Concentrado para Gato	53.65	21.98	3896.1	8325.01
14	3		57.55	20.62	5947.8	7995.67
15	3		55.36	19.85	7981.53	8229.41
16	3		55.31	18.53	8685.56	9184.95

Fuente: Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Se prosiguió a realizar los análisis estadísticos de varianza (ANVA) con el programa Infostat, para finalizar con la discusión de dichos resultados.

Proteína

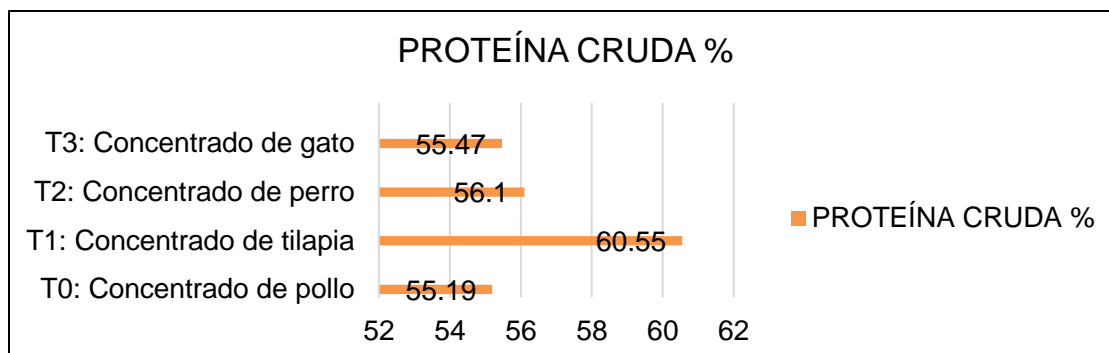


Figura 1. Comportamiento del contenido porcentual de proteína en muestras de grillos *Acheta domesticus*.

El análisis de varianza para la variable de porcentaje de proteínas no presentó diferencias estadísticas ya que resultaron no significativas ($P \geq 0,05$) (Cuadro 4); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, no producen diferencias en el porcentaje de proteína de la muestra, con un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 4. Análisis de varianza de la variable porcentaje de proteína.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% Proteína	16	0.40	0.25	5.45	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	75.51	3	25.17	2.62	0.0985
Tratamiento	75.51	3	25.17	2.62	0.0985
Error	115.10	12	9.59		
Total	190.60	15			

En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5%, los tratamientos no son estadísticamente significativos con respecto al porcentaje de proteínas de las muestras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Tukey para porcentaje de proteína.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=6.50158				
Error: 9.5913 gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0	55.19	4	1.55	A
3	55.47	4	1.55	A
2	56.14	4	1.55	A
1	60.55	4	1.55	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede decir que las diferentes dietas alimenticias no aumentan los niveles de proteína en los grillos *Acheta domesticus*.

El tratamiento con el valor más elevado de proteína en los grillos, es la dieta de concentrado para tilapia con 60.55 % y la más baja es el tratamiento con concentrado para pollo con 55.19% (figura 1). En comparación con el estudio realizado por Valdivié en el año 2016 se puede determinar que ese estudio tiene valores más elevados de proteína con 63.6%, por lo tanto, se puede aseverar un mejor aprovechamiento de las dietas ofrecidas en dicha experimentación.

Proteinsecta (2018) manifiesta que cuanto más alta sea la temperatura (26 y 32°C) y más rica y variada la alimentación más rápido crecerá, del mismo modo pasa en la asimilación de nutrientes, esta pudo verse afectada por la temperatura del área del herpetario designada a nuestra investigación, la cual oscilaba entre 23.5 y 28°C.

FAO (2013) y Nakagaki (1991) mencionan, el grillo al ser un animal omnívoro puede aprovechar de manera eficiente muchos tipos diferentes de alimento aún con sus variaciones nutricionales, existiendo la posibilidad de que los diferentes niveles de proteína de cada concentrado, hayan sido aprovechados de una forma muy poco variable y significativa.

Wright y Whitaker en el año 2010 mencionan que cuidadores de zoológicos, veterinarios y los nutricionistas suelen centrarse en el análisis de los nutrientes en la dieta ofrecida a los anfibios, pero que el impacto de la calidad del agua en el desarrollo de los animales necesita ser revisado también. Del mismo modo aludieron que la importancia de la proteína en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia del mismo puede producir: subdesarrollo esquelético muscular, en conjunto con deficiencia de vitaminas.

Extracto Etéreo

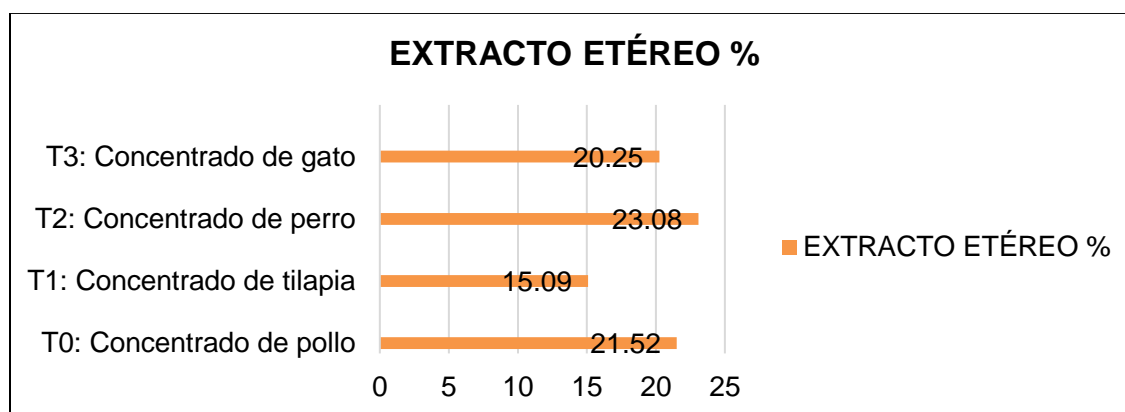


Figura 2. Comportamiento del contenido porcentual de extracto etéreo en muestras de grillos *Acheta domesticus*.

El análisis de varianza para la variable de porcentaje de extracto etéreo (grasa) presentó diferencias estadísticas ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 6); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en el porcentaje de extracto etéreo de la muestra, con un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 6. Análisis de varianza de la variable porcentaje de extracto etéreo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
% Extracto	16	0.72	0.65	10.87	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	143.93	3	47.98	10.18	0.0013
Tratamiento	143.93	3	47.98	10.18	0.0013
Error	56.58	12	4.71		
Total	200.50	15			

En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5% (Cuadro 7) al finalizar la semana 11, el T1 es estadísticamente significativo presentando los resultados más inferiores, entre el tratamiento T3, T0 Y T2 no hay diferencia significativa siendo los tratamientos que presentaron resultados superiores, ya que tienen los niveles de extracto etéreo más elevados.

Cuadro 7. Prueba de Tukey de porcentaje de extracto etéreo.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.55832				
Error: 4.7146 gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1	15.09	4	1.09	A
3	20.25	4	1.09	B
0	21.52	4	1.09	B
2	23.08	4	1.09	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)				

Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede confirmar que la dieta de concentrado para perro tiene el valor más alto en extracto etéreo (23.08%), dieta que difiere de la ofrecida a los grillos en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de concentrado para pollo (21.52%) en tercer lugar esta la dieta de concentrado para gato (20.25%) y en cuarto lugar esta la dieta de concentrado para tilapia (15.09%), por lo tanto se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de extracto etéreo en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domesticus* es la de concentrado para perro (Figura 2).

En comparación con el estudio realizado por Valdivié en el año 2016, donde se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de extracto etéreo de 17.3% se puede determinar que en este estudio se presentaron valores más elevados de grasa, por lo tanto, hubo un mejor aprovechamiento del alimento ofrecido.

Según Raubenheimer en el año 2013, estas características hacen del grillo doméstico un buen alimento para mascotas, por lo que su cría como alimento vivo es un buen recurso a la hora de alimentar a animales de terrario insectívoros ya que la grasa es necesaria para anfibios bajos de peso y deprimidos, ya que es la principal fuente de energía y es necesaria para la absorción de las vitaminas.

Mississippi State University en el año 2000 menciona que los grillos tienen un valor nutricional muy adecuado, porque tienen menos grasa que el *Tenebrio spp* y esto es muy importante controlarlo en las dietas de los anfibios, pues un exceso puede traer como consecuencia una lipodosis corneal en los animales.

Wright y Whitaker en el año 2010 nombraron que la importancia del extracto etéreo en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia o exceso del mismo puede producir: cálculos renales por alimentación a base de plantas con altos contenidos de oxalato, obesidad cuando hay dietas con excesos de grasas requeridas, lipodosis corneal, queratopatía y caquexia.

Calcio

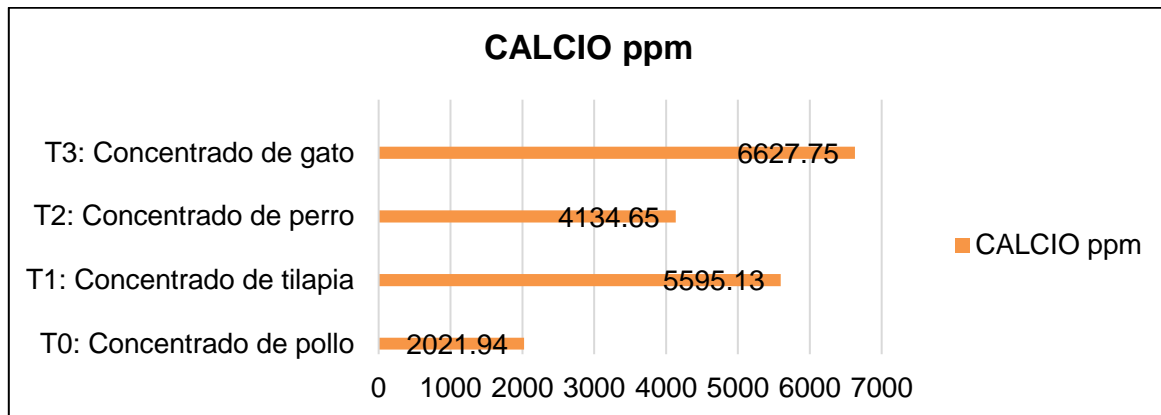


Figura 3. Comportamiento de la concentración de calcio en muestras de grillos *Acheta domesticus*.

El análisis de varianza para la variable de concentración de calcio, presentó diferencias estadísticas ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 8); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en la concentración de calcio de la muestra, con un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 8. Análisis de varianza de la variable concentración de calcio.

Variable	N	R ²		R ² Aj	CV
Calcio ppm	16	0.53		0.41	41.19
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47859598.79	3	15953199.60	4.45	0.0254
Tratamiento	47859598.79	3	15953199.60	4.45	0.0254
Error	42992493.91	12	3582707.83		
Total	90852092.70	15			

En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5% (Cuadro 9), el tratamiento T1 es estadísticamente significativo, presentando los resultados más inferiores, del mismo modo que el T2 es estadísticamente significativo, presentando los resultados más elevados, los tratamientos T3 y T0 son similares estadísticamente.

Cuadro 9. Prueba de Tukey de concentración de calcio.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3973.62091				
Error: 3582707.8259 gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
0	2021.94	4	946.40	A
2	4134.65	4	946.40	A B
1	5595.13	4	946.40	A B
3	6627.75	4	946.40	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)				

Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede confirmar que la dieta de concentrado para gato tiene el valor más alto en calcio (6627.75 ppm), dieta que difiere de la ofrecida a los grillos en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de concentrado para tilapia (5595.13 ppm) en tercer lugar esta la dieta de concentrado para perro (4134.65 ppm) y en cuarto lugar esta la dieta de concentrado para pollo (2021.94 ppm), por lo tanto se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de calcio en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domesticus* es la de concentrado para gato (Figura 3).

En comparación con el estudio realizado por Valdivié en el año 2016, donde se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de calcio de 1.01% se puede determinar que dicho estudio tiene valores más elevados que la investigación realizada, tomando en cuenta que 10,000 ppm equivale a 1%, esto quiere decir que en el estudio comparativo hubo un mejor aprovechamiento del alimento ofrecido.

Según Ramos (1987) en el ámbito nutricional en cuanto al calcio, un mineral esencial en la vida, el cuarto presente en el organismo después del agua, proteínas y las grasas, el grillo *Acheta domesticus* es preferido porque genera mayor biodisponibilidad de este mineral indispensable para el desarrollo de varias especies existentes actualmente en el Parque Zoológico Nacional.

Wright y Whitaker en el año de 2010 mencionan que las etiologías comunes en los anfibios son un desequilibrio en los niveles de calcio y fósforo ingeridos en la dieta, y vitamina D3, o ingestión de otras sustancias (por ejemplo, vitaminas liposolubles, varios minerales, oxalatos) que interfieren con la absorción, excreción, o la utilización de cualquiera de estos tres compuestos.

Wright y Whitaker en el año 2010 mencionaron que la importancia del calcio en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia del mismo puede producir: enfermedad ósea metabólica por desequilibrio en niveles de calcio, hueso metabólico por deficiencia de calcio, subdesarrollo esquelético muscular en conjunto con deficiencia de vitaminas y parálisis en conjunto con deficiencia de vitaminas.

Fósforo

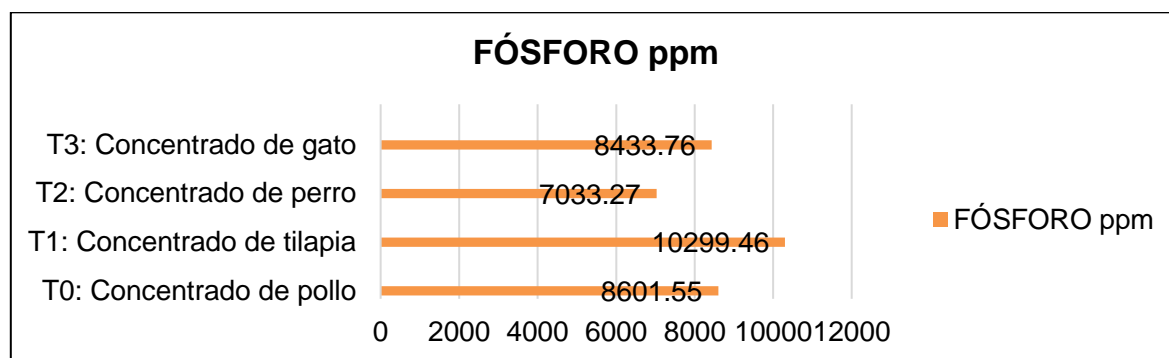


Figura 4. Comportamiento de la concentración de fósforo en muestras de grillos *Acheta domestica*

El análisis de varianza para la variable de concentración de fósforo, presentó diferencias estadísticas ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$) (Cuadro 10); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en la concentración de fósforo de la muestra, con un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 10. Análisis de varianza de la variable concentración de fósforo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Fósforo	16	0.46	0.33	16.78	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21480753.72	3	7160251.24	3.44	0.0518
Tratamiento	21480753.72	3	7160251.24	3.44	0.0518
Error	24956895.19	12	2079741.27		
Total	46437648.91	15			

En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5% (Cuadro 11), el tratamiento T2 es estadísticamente significativo, presentando los resultados más inferiores, del mismo modo que el T1 es estadísticamente significativo, presentando los resultados más elevados, los tratamientos T3 y T0 son similares estadísticamente.

Cuadro 11. Prueba de Tukey de concentración de fósforo.

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=3027.50863				
Error: 2079741.2658 gl: 12				
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	7033.27	4	721.07	A
3	8433.76	4	721.07	A B
0	8601.55	4	721.07	A B
1	10299.46	4	721.07	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)				

Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede confirmar que la dieta de concentrado para tilapia tiene el valor más alto en fósforo (10299.46 ppm), dieta que difiere de la ofrecida a los grillos en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de concentrado para pollo (8601.55 ppm) en tercer lugar esta la dieta de concentrado para gato (8433.76 ppm) y en cuarto lugar esta la dieta de concentrado para perro (7033.27 ppm), por lo tanto se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de fósforo en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domesticus* es la de concentrado para tilapia (Figura 4).

En comparación con el estudio realizado por Valdivié M. en el año 2016, donde se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de 0.79% se puede determinar que ambos estudios poseen valores de fósforo similares, tomando en cuenta que 10,000 ppm equivale a 1%, por lo tanto, en los dos estudios hubo un buen aprovechamiento del alimento ofrecido.

Según Wright y Whitaker (2010) Muchos de los artrópodos y otros invertebrados que son cultivados para las dietas de los anfibios tienen un efecto inverso en ellos, debido a la proporción deficiente de calcio y fósforo. Del mismo modo nombraron que la importancia del fósforo en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia del mismo puede producir: enfermedad ósea metabólica por desequilibrio en niveles de fósforo, subdesarrollo esquelético muscular en conjunto con deficiencia de vitaminas y parálisis, en conjunto con deficiencia de vitaminas.

4. CONCLUSIONES

Se demostró que el cambio de alimentación con diferentes niveles de proteína en las dietas de los grillos *Acheta domesticus*, no se traduce en una mayor asimilación de proteína en los mismos, en comparación a la que se obtiene actualmente con la dieta proporcionada por el Parque Zoológico Nacional de El Salvador. No obstante, si se puede considerar la utilización de otra marca comercial para comparar la calidad del concentrado en el desempeño nutricional del grillo.

Se concluye que la utilización de niveles más altos de extracto etéreo, calcio o fósforo en la alimentación del grillo *Acheta domesticus* si genera mayor biodisponibilidad de los mismos, ya que así lo reflejan los análisis bromatológicos, por lo tanto, a la actual dieta ofrecida por el Parque Zoológico Nacional de El Salvador se le puede adicionar concentrado para perro, gato o tilapia según la necesidad nutricional del grillo.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda al Parque Zoológico Nacional de El Salvador el cambio de la dieta actual ofrecida a los grillos *Acheta domesticus*: concentrado para pollo, ya que, según el resultado del estudio bromatológico, dicha alimentación presenta una composición nutricional deficiente de macronutrientes y micronutrientes con respecto a los requerimientos nutricionales del animal.

Se recomienda al Parque Zoológico Nacional de El Salvador, en caso de mantener la dieta actual del grillo *Acheta domesticus*, poner en práctica el método de alimentación "gut loading" que consiste en alimentar al grillo con una dieta alta en vitaminas y minerales, 48 horas antes de ser ofrecido como presa, o bien, espolvorear al grillo con una mezcla de vitaminas y minerales inmediatamente antes de la alimentación. Esto con el objetivo de tener la mayor concentración de nutrientes en el cuerpo del grillo, y así el aprovechamiento por parte del receptor sea el máximo posible.

Se recomienda tener en cuenta esta información para la dieta de anfibios con deficiencia de estos nutrientes: basados en el estudio bromatológico de los grillos *acheta domesticus*, se observa que el concentrado para perro produce mayor contenido de extracto etéreo, el concentrado para gato produce mayor contenido de calcio y que el concentrado para tilapia produce mayor contenido de fósforo.

Se recomienda a las autoridades del Parque Zoológico Nacional, promover la realización de investigaciones que pongan a prueba otros factores como el tipo o calidad de la proteína, la calidad del agua y los diferentes factores ambientales, para impulsar una mejora en las características físicas deseadas de los anfibios.

6. BIBLIOGRAFÍA

Amphibian ark, 2008, Guía informativa global, (en línea); Consultado 14 de mayo de 2019, Disponible en <http://www.amphibianark.org/pdf/YOTF/WAZA%20Global%20InfoPack%20Spanish.pdf>

Erens, J.; es van, s.; Haverkort, F.; Kapsomenou, e. & Lui J. Ben, A. 2012. A bug's life large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen University. Project commissioner VENIK. 57 p

FAO. 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. (en línea). Consultado el 5 de enero de 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>

Mississippi State University, 2000, Department of Entomology and Plant Pathology, Insect Rearing Workshop Program, Us.

Nakagaki, B.J. & de Foliart, G.N. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food and comparison of food Conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84: 891-896.

Proteinsecta, 2018, El grillo como alimento vivo, (en línea); Consultado 21 de mayo de 2019, Disponible en <https://www.proteinsecta.es/grillo-alimento-vivo/>

Solano, N. 2012. Análisis proximal de alimentos. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Química Agrícola. 14 p.

K.M. Wright & B.R. Whitaker. 2010. *Amphibian Medicine and Captive Husbandry.* Krieger Publishing Company. 499 p. capítulo 7.

Ramos, J. 1987. Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. 2da edición. Limusa

Capetillo C, Chalé W, Gutiérrez A. 2010. Instructivo para el análisis de Fibras y Lignina. Universidad Autónoma de Yucatán. 11p.

Raubenheimer, d. & Rothman, J.M. 2013. Nutritional ecology of entomophagy in humans

Valdivié, M., 2016, Instituto de Ciencia Animal, Cuba, (en línea); Consultado 14 de mayo de 2019, Disponible en <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-insectos-como-fuentes-t33131.htm>