



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Uso de diferentes niveles de fósforo contenido en la dieta alimenticia del grillo de casa (*Acheta domestica* L.)

**Ayala Obando, Lisseth Sofía**

**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera de Ingeniería Agropecuaria**

**Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria**

**Ing. Tigrero Salas, Juan Oswaldo**

**10 de febrero del 2022**



## La entomofagia

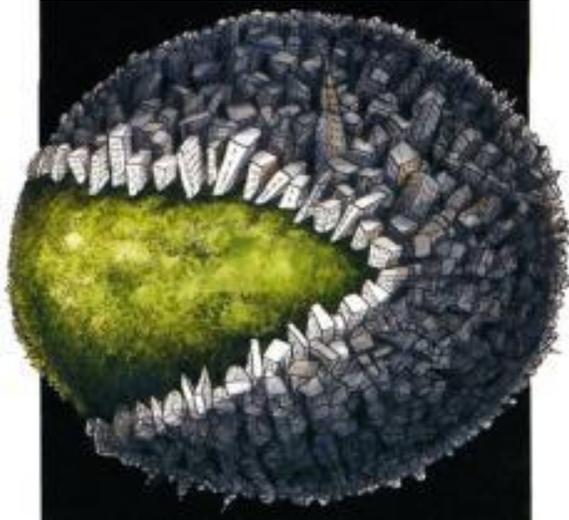
- Práctica con auge a nivel mundial
- Cultura ancestral en África, Asia, América Latina.
- Organizaciones analizan las posibilidades del consumo de insectos
- Más de 1900 especies de insectos comestibles.



## Más consumidas:

- **31%** Coleópteros (Escarabajos)
- **18%** Lepidópteros (Orugas)
- **14%** Himenópteros (Hormigas, Avispas y Abejas)
- **13%** Ortópteros (Saltamontes, Langostas y Grillos)
- **10%** Hemípteros (Chinches)
- **3%** Isópteros (Termitas)
- **3%** Odonatos (Libélulas)
- **2%** Dípteros (Moscas)
- **5%** Otros órdenes

# JUSTIFICACIÓN



En 2030 tendremos que alimentar a más de 9000 millones de personas.

Seguridad Alimentaria comprometida



Cerca de 1,3 mil millones tn/año de biomasa relacionada con la producción de alimentos

Animales de fines alimentarios y compañía



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# JUSTIFICACIÓN

## WHY WE SHOULD EAT MORE BUGS

TAKE UP LITTLE SPACE TO BREED



CRATES OF EDIBLE INSECTS SUCH AS CRICKETS CAN BE STACKED ON TOP OF EACH OTHER LIKE BUG APARTMENTS

**80%**  
OF THE WORLD POPULATION  
ALREADY EATS EDIBLE INSECTS

BY EATING INSECTS ONE DAY PER WEEK, YOU SAVE OVER **100,000L** WATER PER YEAR

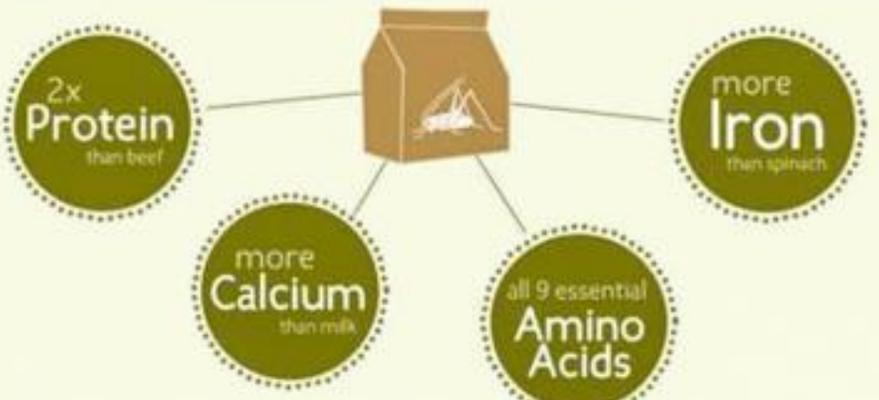
## RECURSOS NECESARIOS PARA 1KG DE PROTEÍNA

AGUA	ESPACIO	GASES DE EFECTO INVERNADERO	ALIMENTO
22.000L	200M2	684 CO <sub>2</sub> EQ	10 KG
2L	2M2	8 CO <sub>2</sub> EQ	1.5 KG



## CRICKET FLOUR

### An Excellent Source of Protein



- 2x Protein than beef
- more Iron than spinach
- more Calcium than milk
- all 9 essential Amino Acids



## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de fósforo (0,7%; 0,9% y 1,1%) contenida en la dieta alimenticia, para mejorar los parámetros productivos y composición química del grillo de casa (*Acheta domesticus* L.).

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de la dieta alimenticia sobre los parámetros productivos de *A. domesticus*.
- Determinar la composición química de la harina de grillo mediante un análisis bromatológico y aminoacídico.
- Realizar una valoración económica del tratamiento más rentable.

## ***Hipótesis nula (H0)***

- Los parámetros productivos de *A. domesticus* alimentados con diferentes concentraciones de P. no varían.

## ***Hipótesis de investigación (H1)***

- Los parámetros productivos de *A. domesticus* alimentados con diferentes concentraciones de P. sí varían.



# REVISIÓN DE LITERATURA

- Cría de insectos a escala industrial, superará los 1180 millones de USD para 2023
- EEUU
- Suiza
- Finlandia
- Canadá
- Europa
- Colombia (Insectos por la Paz)
- Costa Rica (Procomer)
- Brasil (Ecological Food)
- México (Zofa)
- Alemania (Beneto Food), entre otros

2 mil millones de personas

Terro (Pensilvania) 140000 pedazos de insectos /año



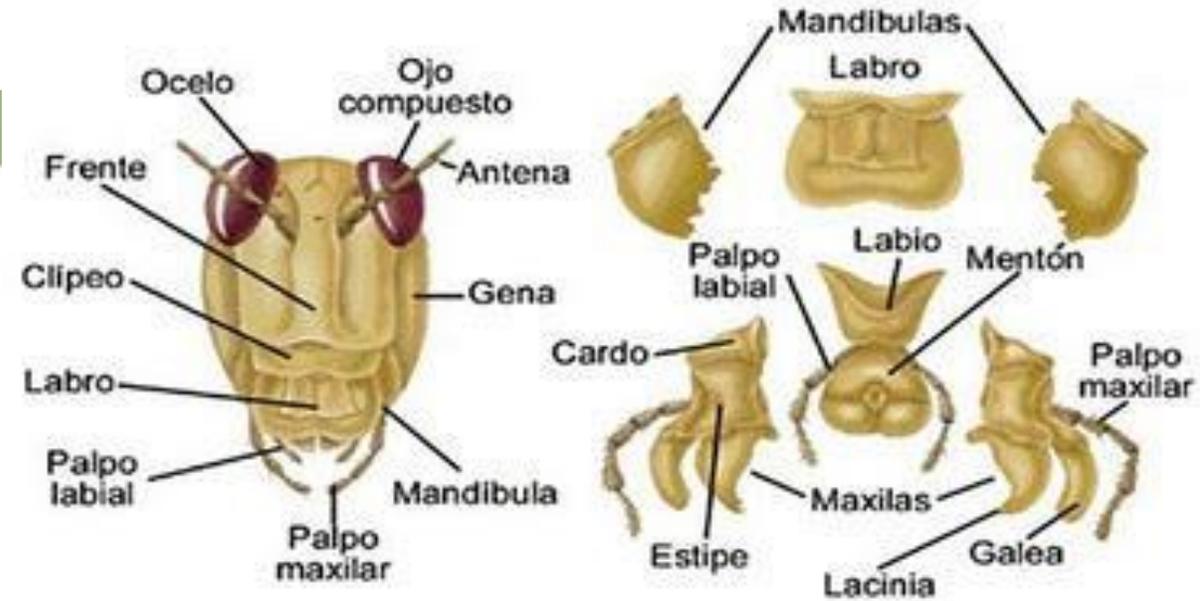
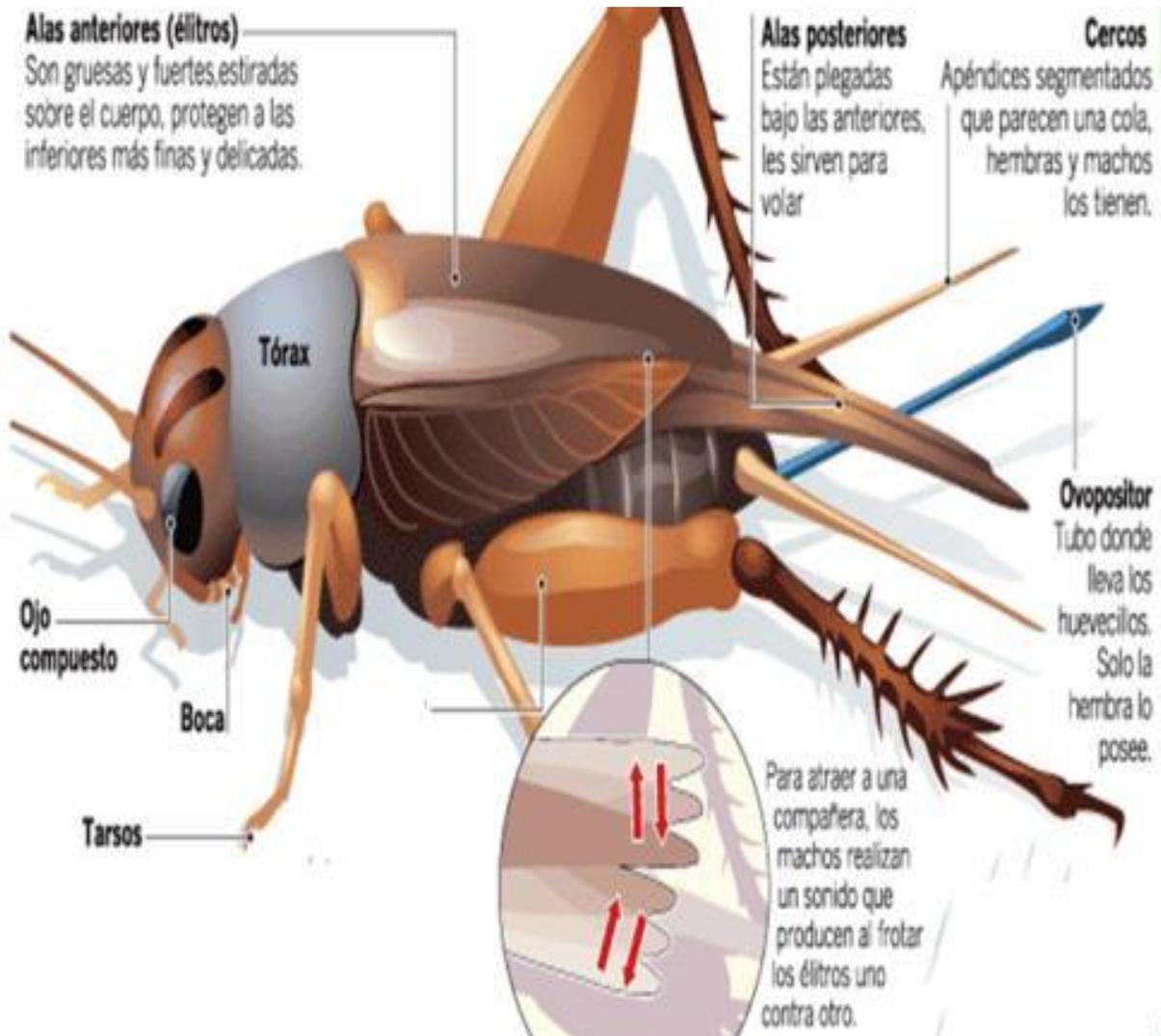
100 productos alimenticios a base de insectos



más de 259 se comercializan



## *Acheta domesticus* (Grillo de casa)



- Alta fecundidad 1500 huevos/mes
- 7 – 9 cambios de exoesqueleto
- Ciclo de vida 3 a 4 meses
- Requieren de 1,7 a 2kg de alimento para producir 1 kg de masa
- Hemolinfa - trehalosa

## Contenido nutricional

COMPOSICIÓN	% MS	Kcal/Kg MS
PROTEÍNA	45,8	
GRASA	23,7	
FDI	5,7	
FDS	0,9	
ELN	19,6	
CENIZA	4,3	
ENERGÍA		4881

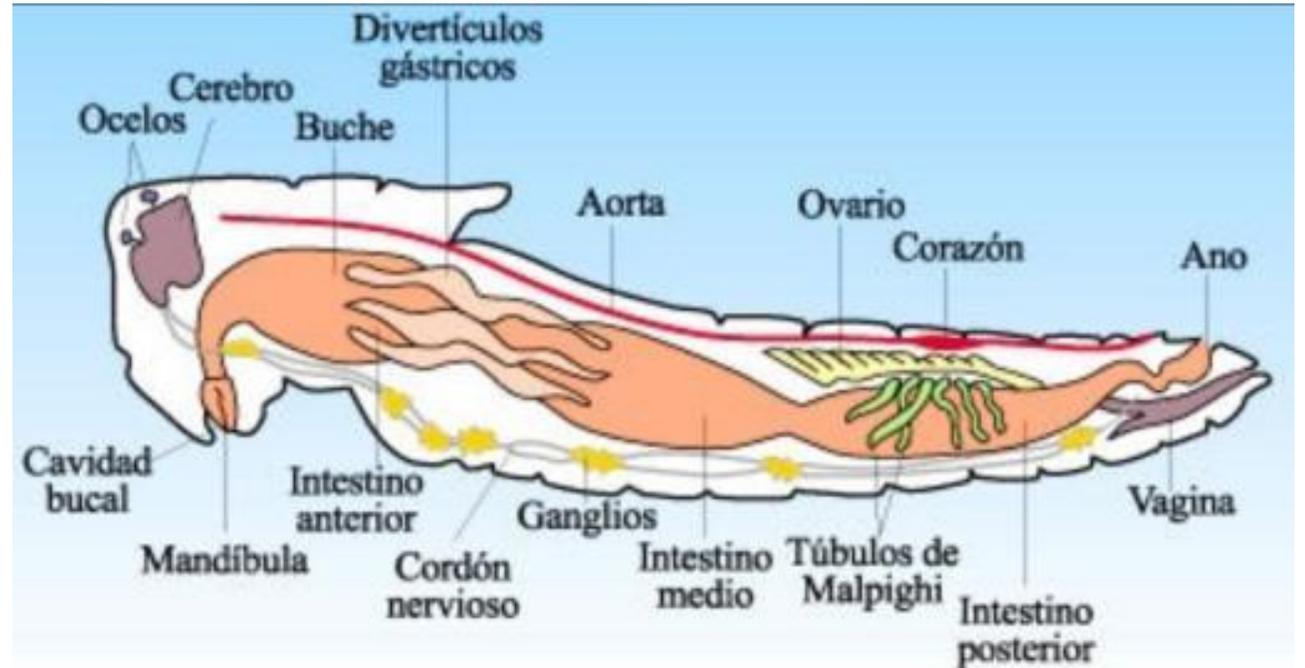
- La FAO lo considera un alimento completo, ya que poseen un elevado contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, también, grandes cantidades de micronutrientes como Cu, Fe, Mg, Mn, P, Se y Zn, así como vitaminas B12, B5, B7 y, ocasionalmente B9.



## El fósforo

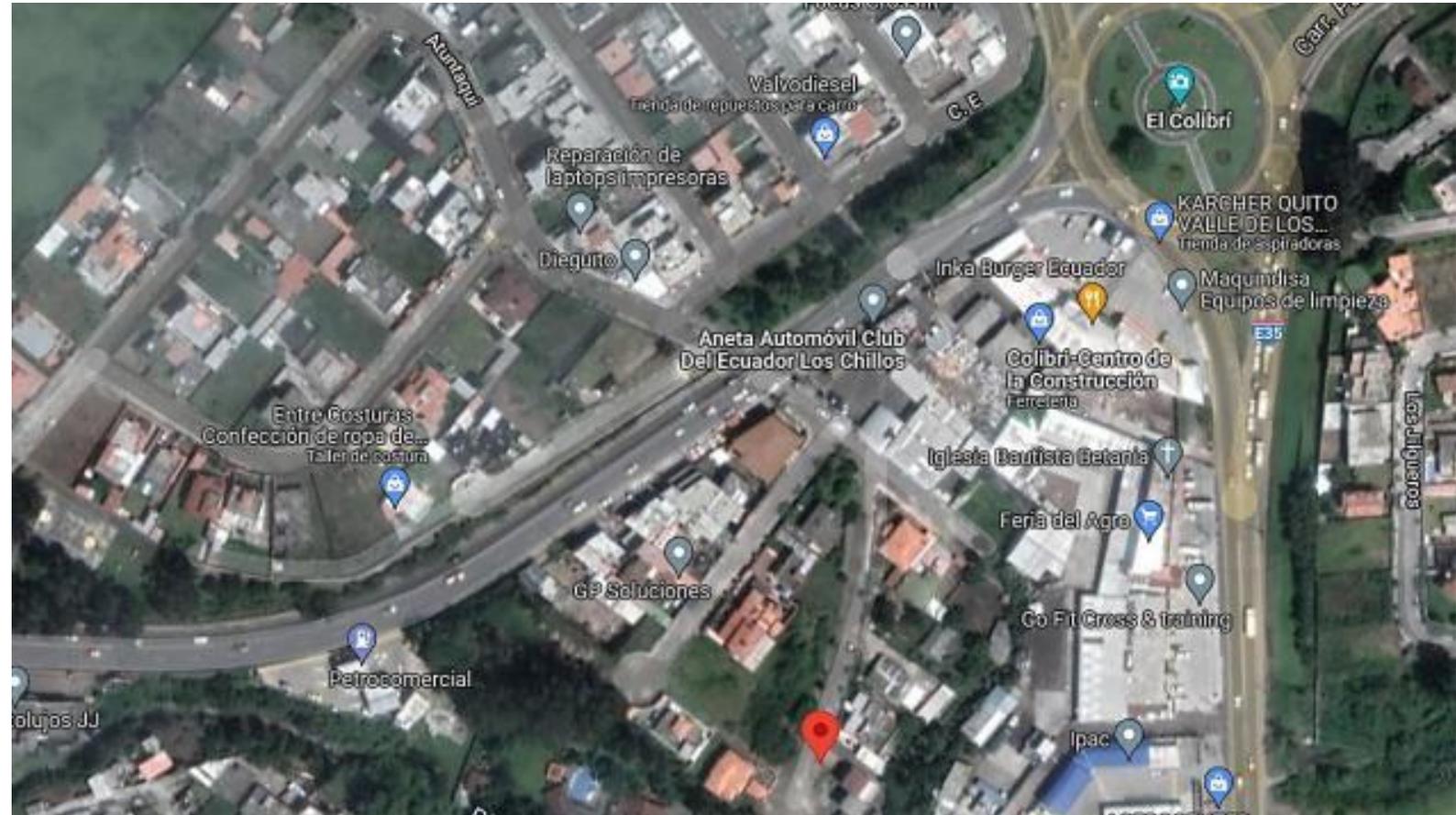
- Desarrollo, crecimiento y reproducción
- Desbalance en el metabolismo
- Crecimiento celular (50-60% ribosoma)
- ARN y ADN (10% peso en fósforo)

## Ruta metabólica



## Lugar de estudio

- Barrio: El Colibrí
- Parroquia: Sangolquí
- Cantón: Rumiñahui
- Provincia: Pichincha
- Altura: 2550 m. s. n. m.
- Temperatura: 17°C



## Diseño experimental

$$Y_{ij} = \mu + D_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

$Y_{ij}$  = El índice productivo de los grillos

$\mu$  = Media general

$D_i$  = Efecto de la  $i$ -ésima dieta

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental



TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	1,1% Fósforo
T2	0,9% Fósforo
T3	0,7% Fósforo

Las variables evaluadas se analizaron con:

- Estadística descriptiva
- Análisis de varianza
- Pruebas de comparación de medias TUKEY al 5 %

Para el análisis de resultados se utilizó el programa estadístico InfoStat

## Sistema de crianza



## Instalaciones

- U.E: 50 grillos de 15 días de nacidos
- 9 contenedores, o cajas plásticas de dimensiones (31x22x17 cm).
- La humedad relativa se mantuvo en 50%.
- Fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad.
- Temperatura de  $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

## Dietas

NUTRIENTE	Unidad	0,7%P	0,9%P	1,1%P
Energía metabolizable	Mc/Kg	3000	3000	3000
Proteína Total	%	24	24	24
Fibra	%	4	4	4
Fósforo total	%	0,7	0,9	1,1
Fosforo Disponible	%	0,322	0,503	0,684
Calcio	%	1,4	1,4	1,4
Lisina	%	1,4	1,403	1,406
Metionina	%	0,4	0,4	0,4
Grasa	%	7,89	8,29	8,69



## METODOLOGÍA



- Se colocó aproximadamente 4-5 gramos
- Agua 10 ml por U.E.



Ganancia de peso

- Cada 7 días

Mortalidad



Materia consumida

- Cada 3 días



Cosecha

## Deshidratación

- 6 horas a 60°C

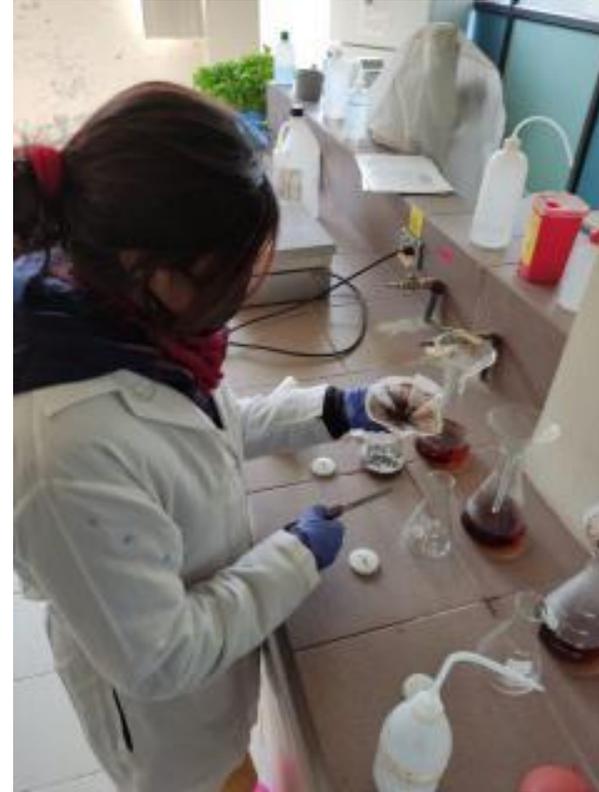


## Sacrificio

- Aprox 9 horas a -15°C



## Análisis bromatológico



- Proteína (Kjeldahl)
- Grasa (Soxhlet)
- Fibra
- Ceniza



## Ganancia de peso

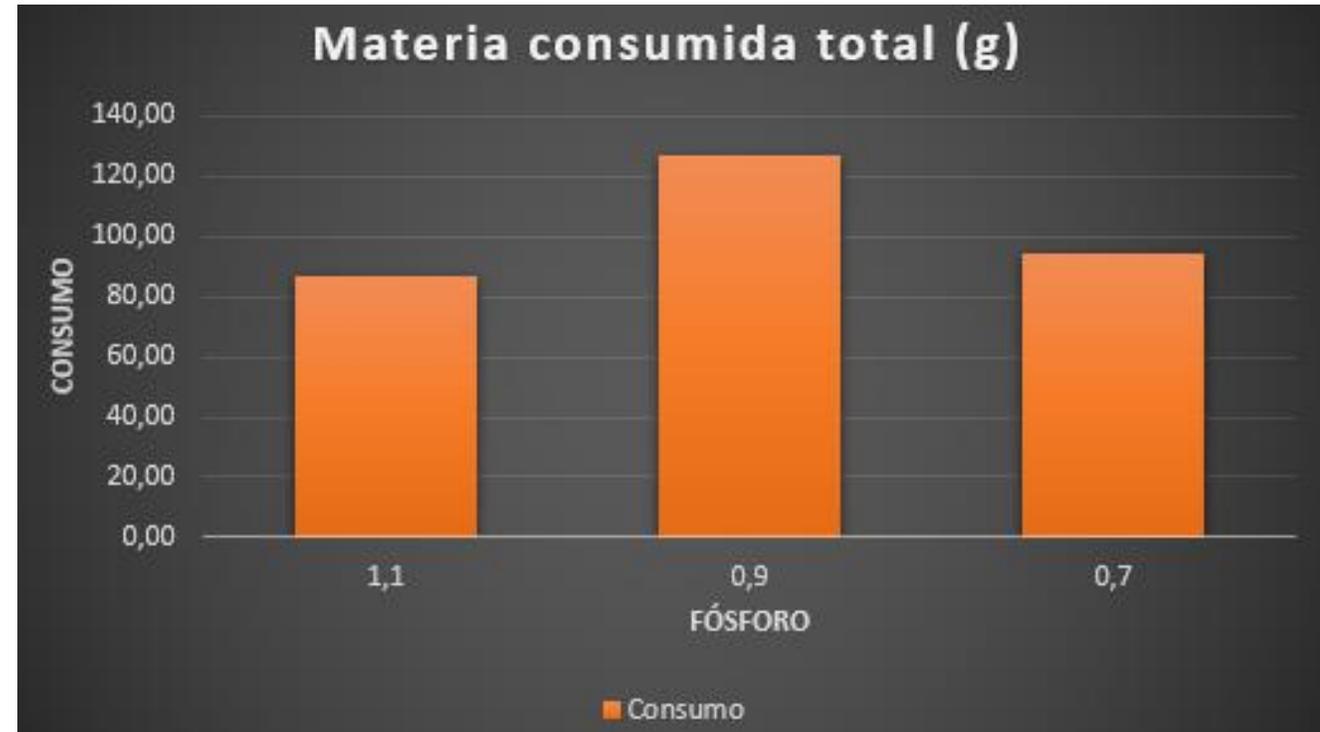
Ganancia de peso (g)	
Fósforo	Media $\pm$ D.E.
0.7%	20.67 $\pm$ 0.52 b
0.9%	23.29 $\pm$ 1.20 a
1.1%	21.78 $\pm$ 1.08 ab



En el estudio realizado por Visanuvimol & Bertram (2011), las condiciones de crianza difieren de las del presente estudio en: porcentaje de inclusión de fósforo, tiempo del estudio, tiempo de vida de los insectos y condiciones ambientales. Por lo que no fue posible realizar una comparación de acuerdo a los % de fósforo en la dieta, si no una comparación de la ganancia de peso promedio individual. Se reporta una ganancia de peso promedio de 0,64 g/grillo, en contraste con 0,44 g/grillo obtenidos en la presente investigación.

## Materia consumida

Materia consumida (g)	
Fósforo	Media $\pm$ D.E.
0.7%	94.18 $\pm$ 7.89 b
0.9%	126.74 $\pm$ 15.65 a
1.1%	86.40 $\pm$ 8.19 b



Se obtuvo un resultado contrario al estudio realizado por Visanuvimol & Bertram, (2011), ya que en su estudio los grillos tendían a comer menos con menor contenido de fósforo en la dieta, mientras que en el presente estudio el mayor consumo se estabilizó con la dieta 0,9%P.

## Conversión alimenticia

Conversión alimenticia	
Fósforo	Media $\pm$ D.E.
0.7%	4.56 $\pm$ 0.21 ab
0.9%	5.43 $\pm$ 0.21 a
1.1%	3.97 $\pm$ 0.21 b

Para Lundy & Parrella (2015), la conversión alimenticia (1,47) que se obtiene con dietas a base de granos a resultado mejor que la CA obtenida en el presente estudio (3,97).

## Mortalidad

Mortalidad	
Fósforo	Media $\pm$ D.E.
0.7%	32.67 $\pm$ 12.70 a
0.9%	38.67 $\pm$ 10.07 a
1.1%	47.33 $\pm$ 13.01 a

La alta mortalidad obtenida en el presente estudio se atribuye al sistema de crianza, debido a que no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos. En el estudio de Vaga et al. (2021) el mayor porcentaje de mortalidad obtenido fue de 18%.



## Materia seca

	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Humedad (%)
<b>Fósforo</b>	<b>Media ± D.E.</b>		
0.7%	21.12 ± 0.53 b	6.59 ± 0.55 a	68.9
0.9%	23.78 ± 1.19 a	7.55 ± 0.27 a	68.2
1.1%	22.27 ± 1.09 ab	7.22 ± 0.28 a	67.6

El método de análisis de materia seca concuerda con el estudio realizado por Brogan et al. (2021), a 60°C, las muestras del presente estudio demostraron un máximo de 68,9% de humedad para el tratamiento 0,7%P, un contenido un poco menor al presentado por Brogan et al. (2021), con 72%.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Análisis bromatológico

PARÁMETRO	0,7%P	0,9%P	1,1%P
Proteína (%)	45,56	47,75	49,56
Grasa (%)	26,57	27,85	27,49
Fibra (%)	18,73	12,38	14
Humedad (%)	68,9	68,2	67,6
Ceniza (%)	8,7	9,2	9,08
ELN (%)	0,44	2,82	0,13

## Análisis minerales

MINERAL	0,7%P	0,9%P	1,1%P
Fósforo (P)	1,59%	1,60%	1,84%
Calcio (Ca)	0,15%	0,16%	0,18%
Potasio (K)	0,74%	0,75%	0,79%
Magnesio (Mg)	0,08%	0,09%	0,09%
Sodio (Na)	0,29%	0,32%	0,29%
Fe, Zn, S	<0,01% - 0,02%		
Mn, B, Cu	<0,01%		

De acuerdo con Harsanyi et al., (2020), la calidad de las dietas fue alta ya que a pesar de que las dietas no tuviera un alto contenido proteico (24%) como aconseja Collavo et al. (2005) (45 – 59%), el análisis presenta un alto contenido de proteína (49,56%) y bajo en lípidos (27,85%). Además el mayor valor de fibra (18,73%), concordó con Bawa et al. (2021) (5,20 – 19,10%)

Se obtuvo alto contenido de P(1,84%), en comparación con (Finke, 2002) (0,219%). La interacción de P y Ca es notoria al demostrar aumento en el porcentaje de Ca(0,18%). Mg (0,09%) (Barker, 1998) (0,0193%). Na (0,32%) Morales-Ramos et al., (2020)(0,111%). Fe, Zn, Mn (<0,01%) (Finke, 2015).

## Análisis aminoacídico

AMINOÁCIDO	%	0,7%P (g)	0,9%P (g)	1,1%P (g)
Lisina	2,37	0,16	0,18	0,17
Metionina	0,81	0,05	0,06	0,058
Cisteína	0,23	0,015	0,017	0,016
Treonina	1,38	0,090	0,10	0,099
Triptófano	0,69	0,045	0,052	0,049
Arginina	2,07	0,136	0,156	0,149
Isoleucina	1,82	0,119	0,137	0,131
Leucina	2,83	0,186	0,21	0,20
Valina	2,53	0,166	0,191	0,182
Histidina	1,14	0,075	0,086	0,082
Fenilalanina	1,35	0,088	0,101	0,097

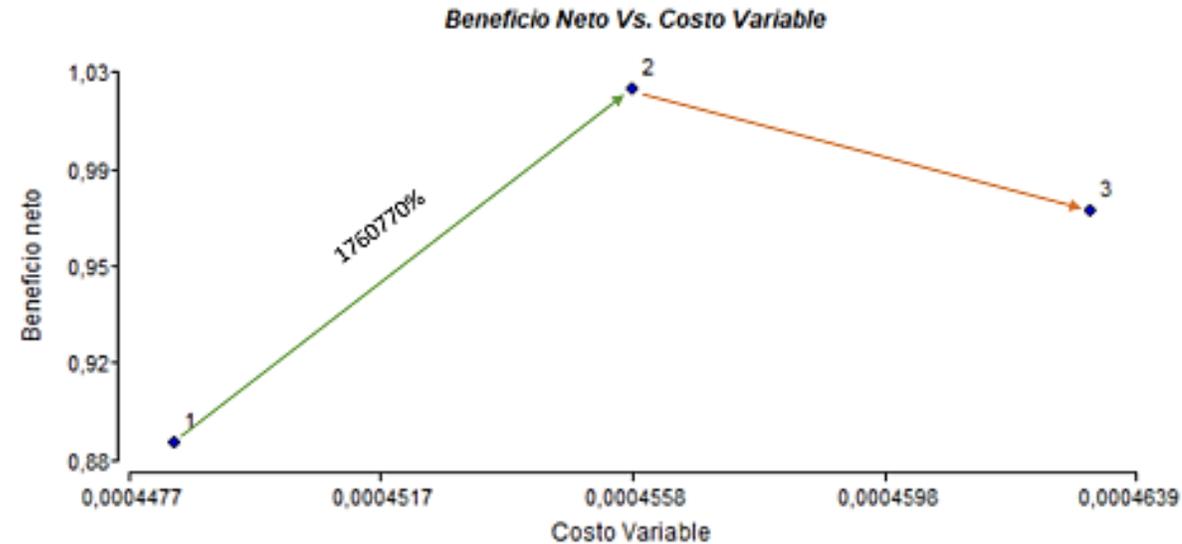
### Peso seco

- 0,7%P = 6,59g
- 0,9%P = 7,55g
- 1,1%P = 7,22g

De acuerdo a Udomsil et al. (2019), el porcentaje de aminoácidos es menor en el presente estudio, con Metionina (0,98%), Cisteína (0,40%), Lisina (3,22%), Treonina (1,65%), Arginina (3,92%), Isoleucina (2,90%), Leucina (3,80%), Valina (4,50%), Histidina (1,72%) y Fenilalanina (2,38%), a excepción del Triptófano (0,43%).



- *Análisis de Presupuesto Parcial*



	<b>0.7%P</b>	<b>0.9%P</b>	<b>1.1%P</b>
Rendimiento total	6.59	7.55	7.22
Rendimiento ajustado	5.931	6.795	6.498
Beneficio bruto	0.890	1.019	0.975
Costo alimento / g	0.00044841	0.00045577	0.00046313
<u>Total</u> Costos variables	0.00044841	0.00045577	0.00046313
Beneficios Netos	0.8892	1.0188	0.9742

- Los parámetros productivos, con diferentes niveles de fósforo, al día 7, 49 y 56 presentaron diferencias significativas con 0,9%P en ganancia de peso ( $p < 0,05$ ). Para la materia consumida, del día 12 al 54. La mejor conversión alimenticia se obtuvo con el tratamiento 1,1%P ( $p < 0,05$ ). La mortalidad y la materia seca no mostró diferencias para ninguno de los tratamientos ( $p > 0,05$ ).
- Los análisis químicos presentaron un alto porcentaje de proteína para los tres tratamientos, siendo el mayor el del tratamiento 1,1%P, y los porcentajes de grasa, fibra, humedad y ceniza fueron los más altos para el tratamiento 0,9%P, finalmente, el tratamiento 0,7%P obtuvo un alto contenido de ELN. El contenido de minerales fue completo, los minerales que tuvieron mayor presencia fueron P, K, Mg, Ca, S, Cl, en el tratamiento 1,1%P. y los minerales con menor presencia fueron Fe, Mn, Cu, Zn, B, para los tres tratamientos ( $< 0.01 - 0.02\%$ ).

- El contenido de los aminoácidos principales, representa el potencial de la harina de grillo para consumo humano y animal, con calidad de proteína, el aminoácido limitante, la lisina se encuentra en 0,16 (0,7%P), 0,18 (0,9%P) y 0,17 (1,1%P), otros aminoácidos con alto valor fueron la Leucina (2,83%) y Valina (2,53%).
- El análisis de presupuesto parcial, nos muestra que el tratamiento T2 presentó el mejor rendimiento total (7,55), beneficio neto (1.0188), beneficio bruto (1.02). El tratamiento T3 se determinó como dominado con un alto costo variable (0.00046313) y bajo beneficio neto (0.9742).

- Usar una inclusión mayor de 1,1% de fósforo en las dietas, y de esta manera continuar evidenciando el efecto que tenga el fósforo sobre los parámetros productivos y contenido nutricional del grillo de casa.
- Realizar más proyectos de investigación, con respecto a evaluar el consumo diario de los grillos (mg/día), en este caso puede ser probando diferentes materias primas en las dietas, para conocer la ganancia de peso, aceptación, preferencia, etc.
- La nutrición se debe alinear a la condición climática, al medio ambiente, a cierto nivel de temperatura, qué nivel de energía se va a dar, o a su vez evaluar dietas en donde se comparen diferentes niveles de energía, con esto se quiere evidenciar la necesidad energética de



- Debido al alto contenido de proteína, se recomienda evaluar la proteína bruta con respecto a los principales aminoácidos esenciales, si existe limitación dentro de los porcentajes contenidos en el grillo, y cómo afecta esto a la composición y quizás al comportamiento de los mismos. La nutrición debe alinearse al medio ambiente y condiciones bajo las cuales van a ser criados los grillos.
- Debido a la alta mortalidad que se obtuvo en el presente experimento, se recomienda evaluar otros sistemas de crianza, puede ser variando en el material de los contenedores de crianza, los recipientes del agua y comida, e incluso en reemplazar los cartones de huevo con algún material que asemeje sus funciones.



*Muchas*  
**GRACIAS**

- Ing. Juan Tigrero
- Ing. Mario Ortiz
- Ing. Gabriel Larrea



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA