



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO, A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

**Evaluación bajo condiciones *ex situ* (bioterio) del invertebrado *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) como bioconversor de subproductos orgánicos domésticos hacia una perspectiva alimentaria**

**Autor:** Sofia Abigail Taday León

**Director:** Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.

Sangolquí, 04 de septiembre 2023



# ÍNDICE DE CONTENIDO

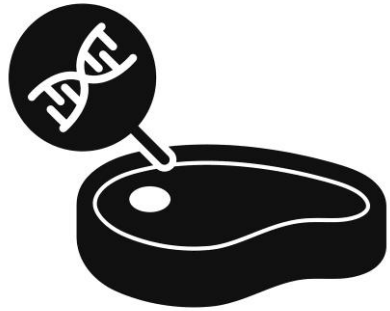
1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
3. MATERIALES Y MÉTODOS
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN
5. CONCLUSIONES
6. RECOMENDACIONES
7. AGRDECIMIENTOS



# INTRODUCCIÓN

## SITUACIÓN DEL SECTOR ALIMENTARIO ACTUAL

FALTA DE FUENTES  
ALIMENTARIAS  
SOSTENIBLES



**MALNUTRITION**



**CLIMATE CHANGE**

**12** PRODUCCIÓN  
Y CONSUMO  
RESPONSABLES



**2** HAMBRE  
CERO

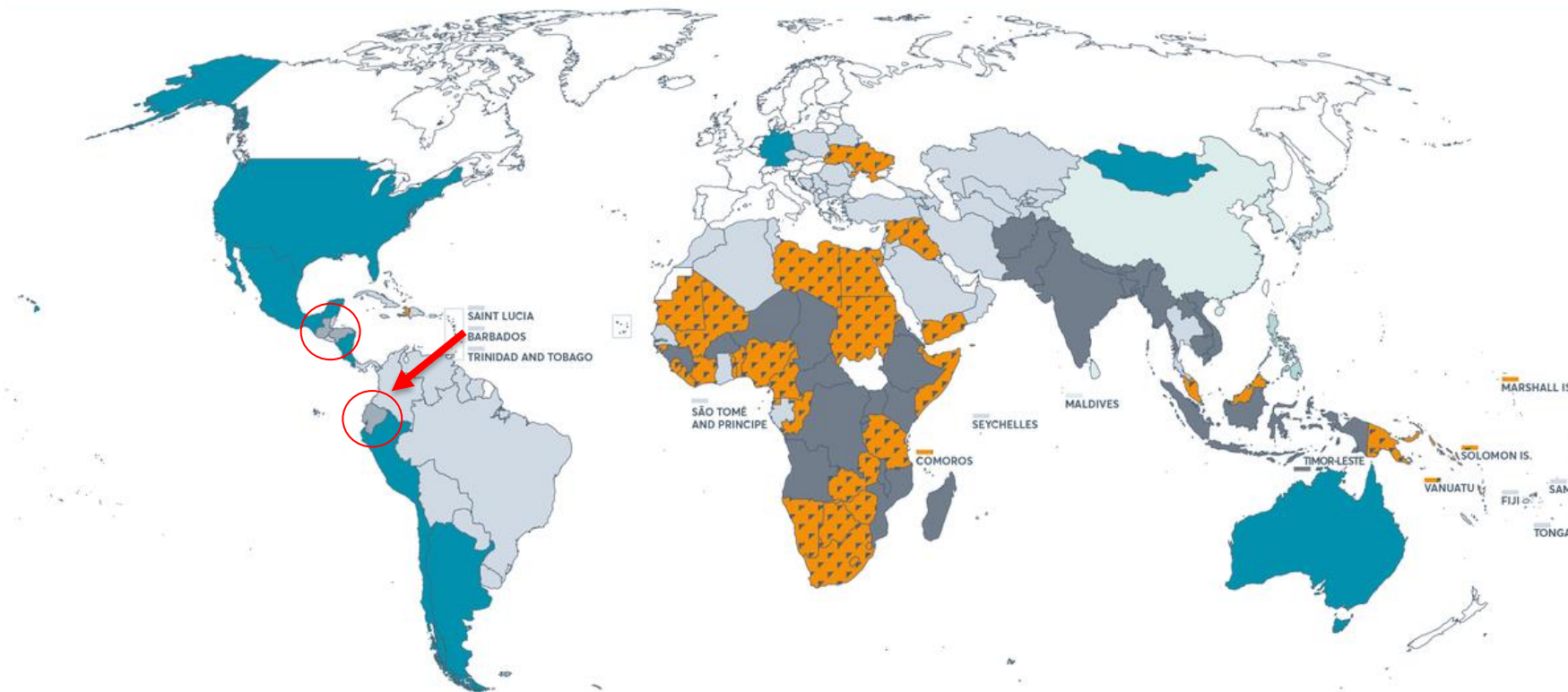


**13** ACCIÓN  
POR EL CLIMA



# Soberanía alimentaria en Ecuador y el mundo

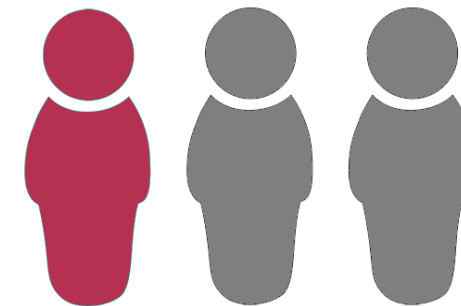
Mapa de Distribución de la Malnutrición en el mundo



Mapa de países con retraso del crecimiento en niños menores de 5 años, anemia entre mujeres en edad reproductiva y sobrepeso en mujeres adultas

(UNICEF, 2019; World Bank; 2019; WHO Global Health Observatory 2022)

Desnutrición crónica infantil



1 de cada 3 niños menores 2 años !

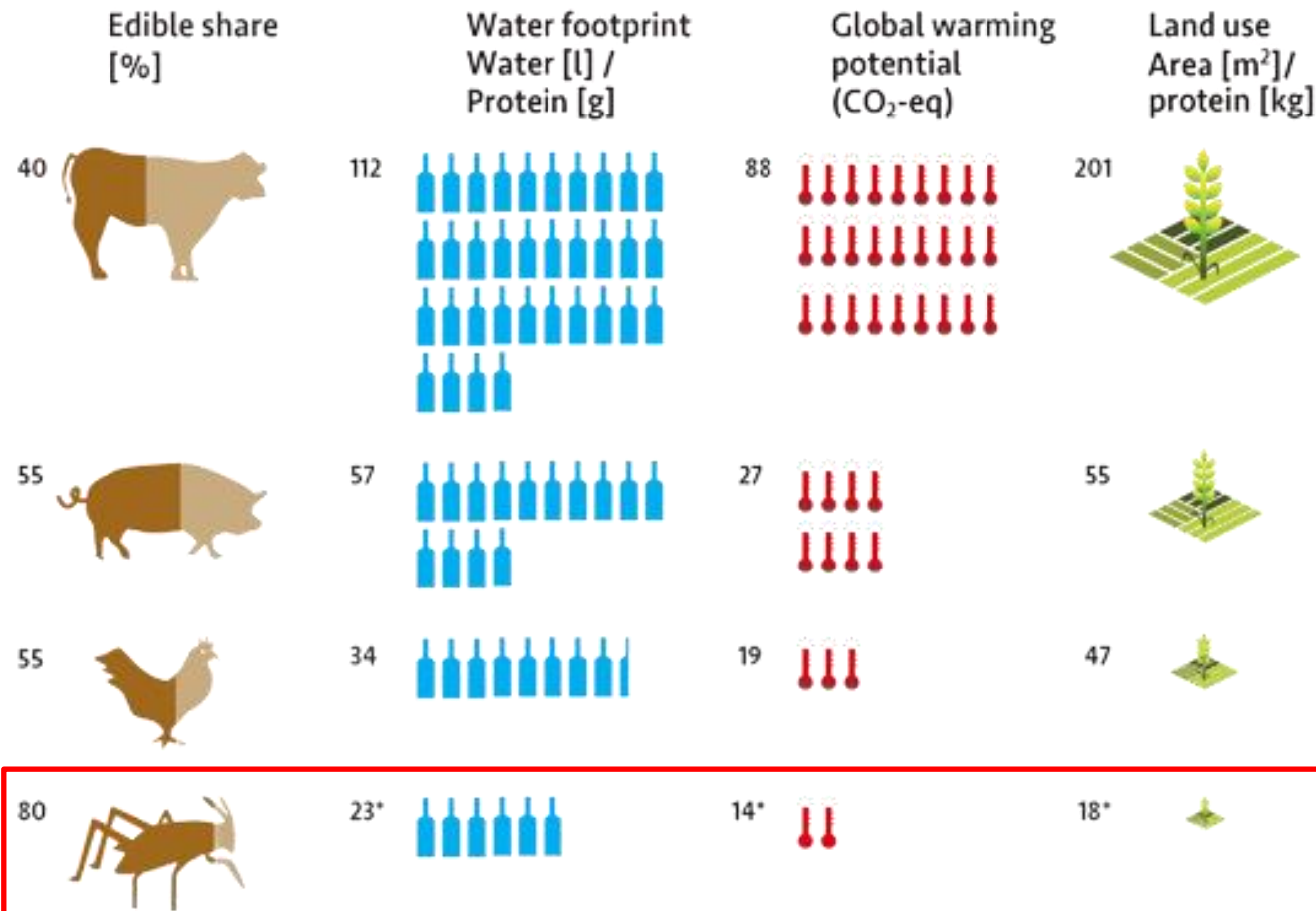
Uno de los mayores problemas de salud pública en Ecuador



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

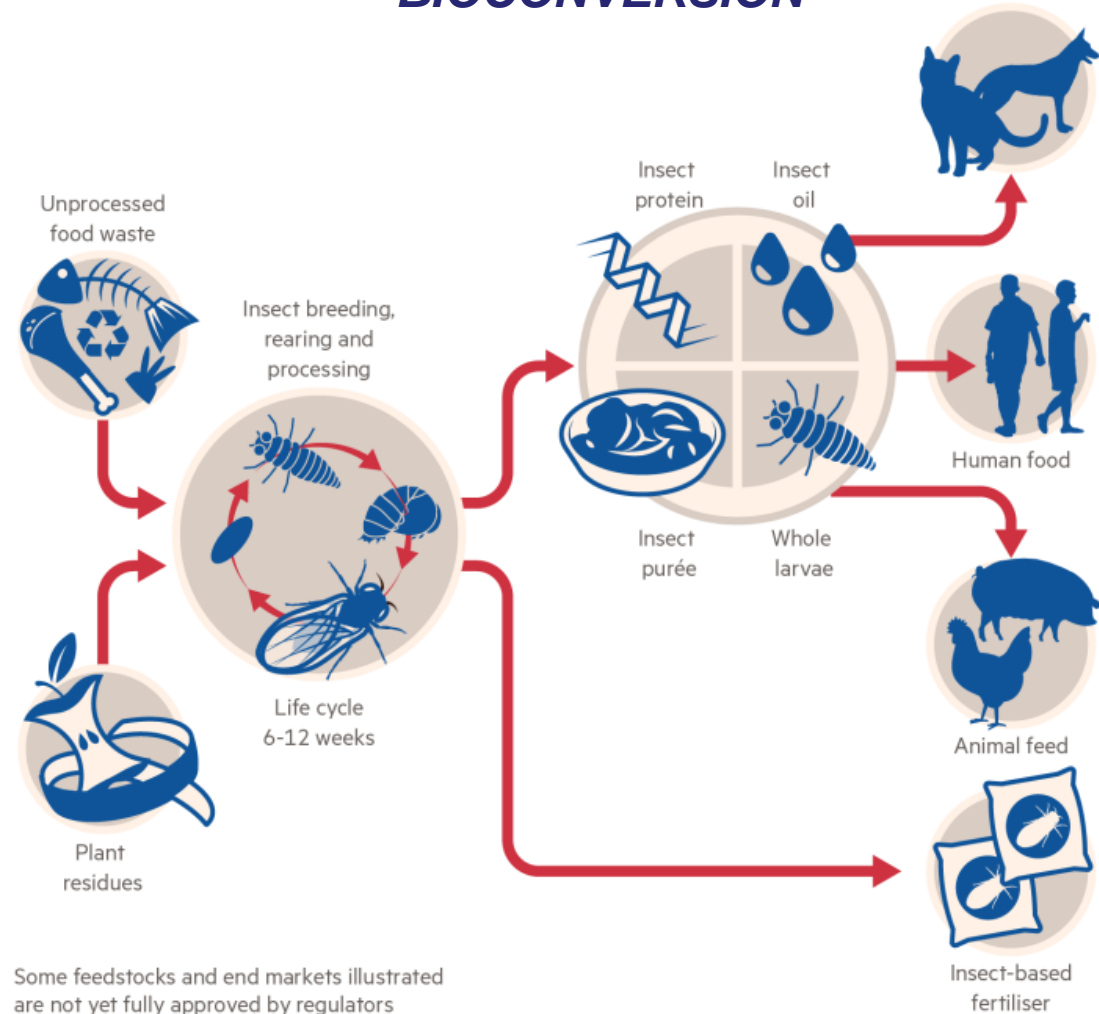
# ALIMENTOS DEL FUTURO – ALIMENTOS DERIVADOS DE INSECTO

## GASTOS MEDIO AMBIENTALES



\*Based on data for mealworms

## BIOCONVERSIÓN



Some feedstocks and end markets illustrated are not yet fully approved by regulators

Source: Rabobank

© FT

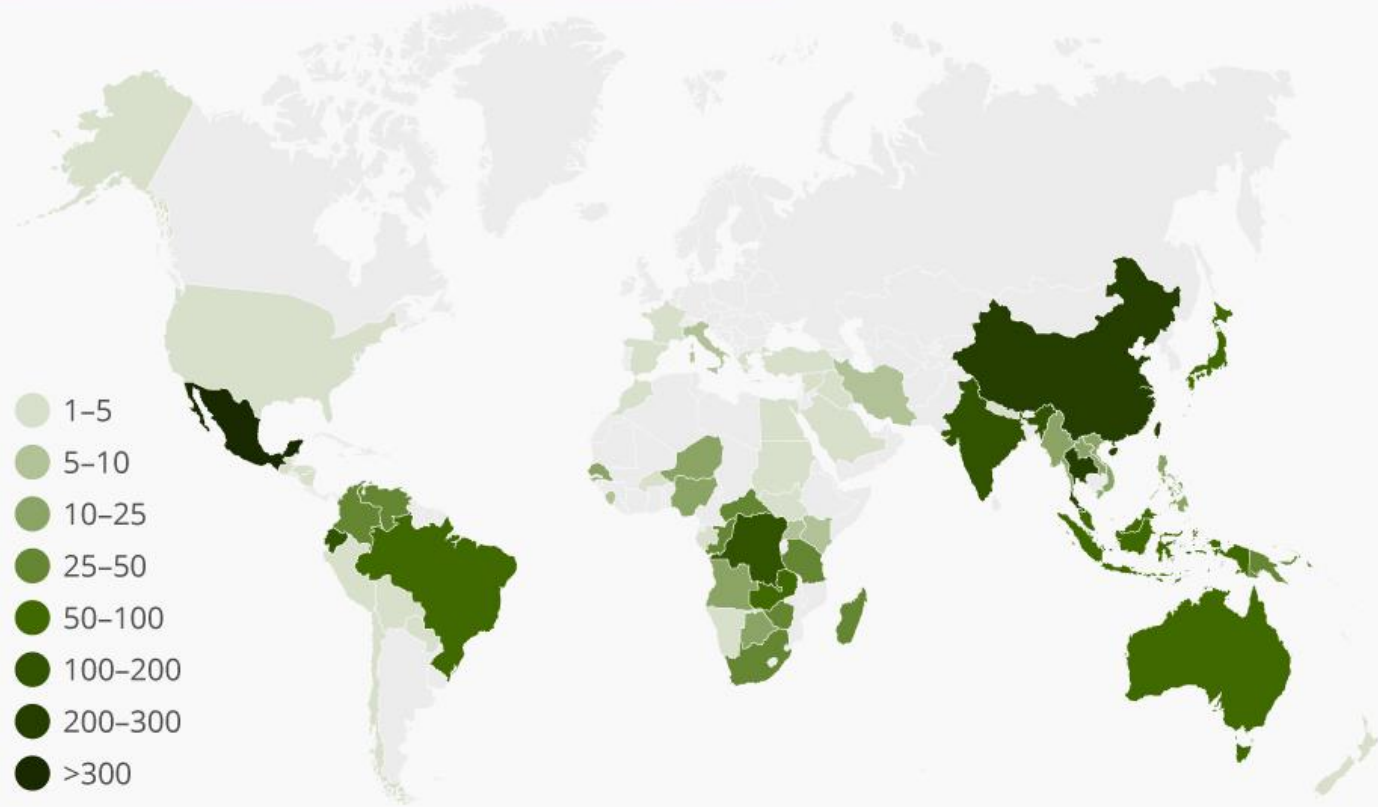


**ESPE**  
 ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
 CAMINO A LA EXCELENCIA

# INSECTOS COMESTIBLES – *Tenebrio molitor* L.

## Número de especies de insectos comestibles por país

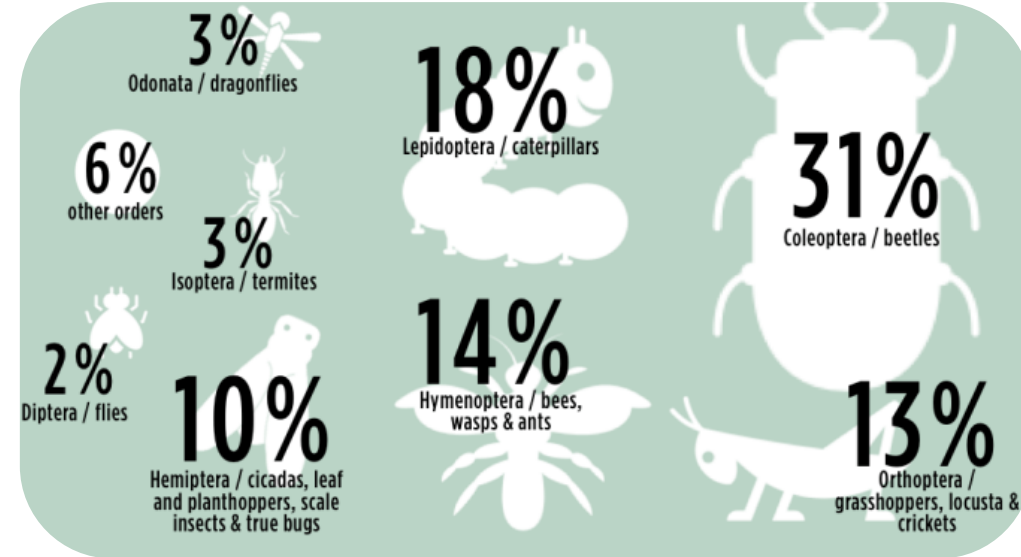
Recorded number of edible insect species by country



@StatistaCharts Sources: Meticulous Research and Wageningen University via Bloomberg

statista

## Especies de insectos más consumidos



- Mejores tasas de bioconversión
- Cosmopolita
- Fácil crianza
- Alta Adaptabilidad
- Alto valor nutricional



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



EATING JUNGLE GRUBS  
IN ECUADOR



# OBJETIVOS

## Objetivo General

Evaluar bajo condiciones *ex situ* (bioterio) el invertebrado *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) como bioconversor de subproductos orgánicos domésticos hacia una perspectiva alimentaria



# OBJETIVOS

## Objetivos Específicos

Determinar el grado de bioconversión de *Tenebrio molitor* L. criado bajo condiciones *ex situ* con dietas a base de subproductos orgánicos domésticos a través de la tasa de bioconversión y tasa de supervivencia.

Caracterizar bromatológicamente a *Tenebrio molitor* L. en estado larvario bajo condiciones *ex situ* mediante valoración de proteína total, grasa cruda, pH, cenizas, y humedad.

Analizar los parámetros microbiológicos de *Tenebrio molitor* L. en larva criado *ex situ* mediante la técnica de recuento en medios de cultivo.

# HIPÓTESIS

*Tenebrio molitor* L. en larva criado bajo condiciones *ex situ* con dietas a base de subproductos orgánicos domésticos tiene valores nutricionales y carga microbiana permisibles para el consumo alimentario.



### 1 Preparación de dietas para *T. molitor* L.

#### FACTOR A

Sustratos húmedos



SH1: apio pasado

SH2: Cáscaras de nabo

SH3: cáscaras de remolacha

Residuos Frutas y Vegetales - RFV

#### FACTOR B

Sustratos secos



Harina de trigo y harina de maíz

SS1: 25 g Harina de trigo + 75 g harina de maíz

SS2: 50 g Harina de trigo + 50 g harina de maíz

SS3: 75 g Harina de trigo + 25 g harina de maíz

SS4: 100 g Harina de trigo

#### FACTOR A + FACTOR B



#### Tratamientos o dietas

3 réplicas por tratamiento

Tratamiento 1: SH1 + SS1

Tratamiento 2: SH1 + SS2

Tratamiento 3: SH1 + SS3

Tratamiento 4: SH1 + SS4

Tratamiento 5: SH2 + SS1

Tratamiento 6: SH2 + SS2

Tratamiento 7: SH2 + SS3

Tratamiento 8: SH2 + SS4

Tratamiento 9: SH3 + SS1

Tratamiento 10: SH3 + SS2

Tratamiento 11: SH3 + SS3

Tratamiento 12: SH3 + SS4

2

## Crianza *ex situ* (Bioterio) de *Tenebrio molitor* L.

CONDICIONES CONTROLADAS



Temperatura: 22 – 25°C

Humedad: 60%



50 larvas por recipiente  
1800 organismos para medición



## 3 Bioconversión, crecimiento y desarrollo

Separación de larvas y residuos de la dieta no consumida por *T. molitor* L.



Pesaje



- Residuo húmedo no consumido
- Residuo seco no consumido
- Larva

Periodo experimentación: 45 días



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

### 3 Bioconversión, crecimiento y desarrollo

ÍNDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

$$FCR = \frac{\text{peso del alimento ingerido}}{\text{peso ganado del insecto}}$$

Residuos de las dietas



Bioconversión

Peso larvas



Crecimiento

Área superficial



Desarrollo



ImageJ  
Image Processing & Analysis in Java

$$T_s = \frac{N^{\circ} \text{ individuos vivos}}{N^{\circ} \text{ total de individuos utilizados}}$$

### 4 Análisis bromatológico

%Proteína bruta

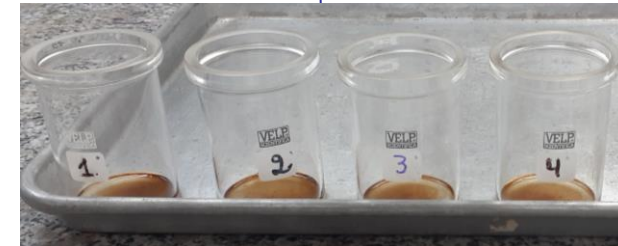
Método de Kjeldahl



$$PB = \frac{(VHCl - Vb) * 1,401 * NHCl * F}{g \text{ muestra}}$$

%Grasa bruta

Método de Soxhlet



$$G = \frac{W_2 - W_1}{W_0} * 100$$

%Humedad

Deshidratación  
105 °C



$$H = \frac{W_f}{W_i} * 100$$

4

## Análisis bromatológico

Ceniza

Mufla  
600 °C



$$C = \frac{W_2 - W_1}{W_0} * 100$$

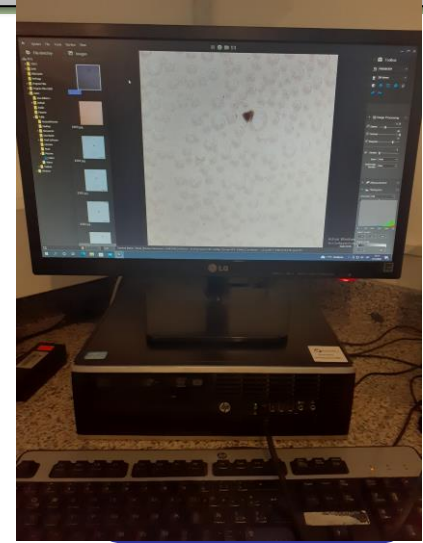
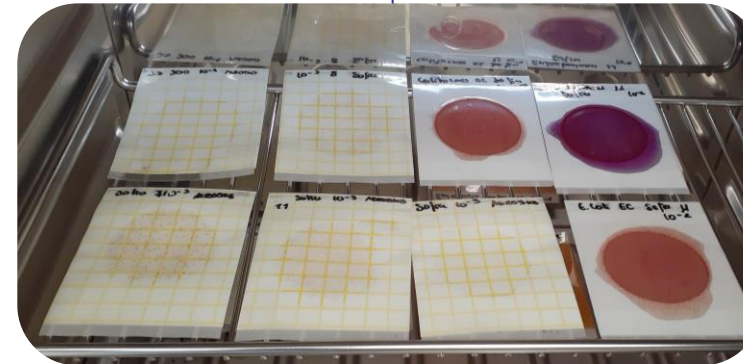
pH

Potenciómetro



5

## Análisis microbiológico



Mohos y levaduras

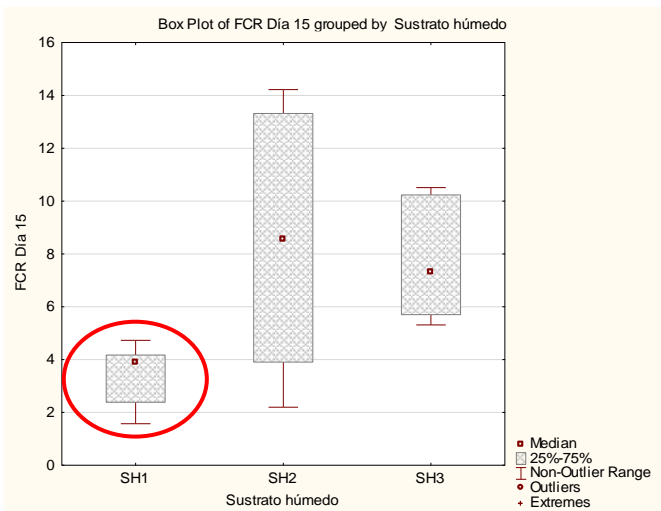
coliformes

*E. coli*

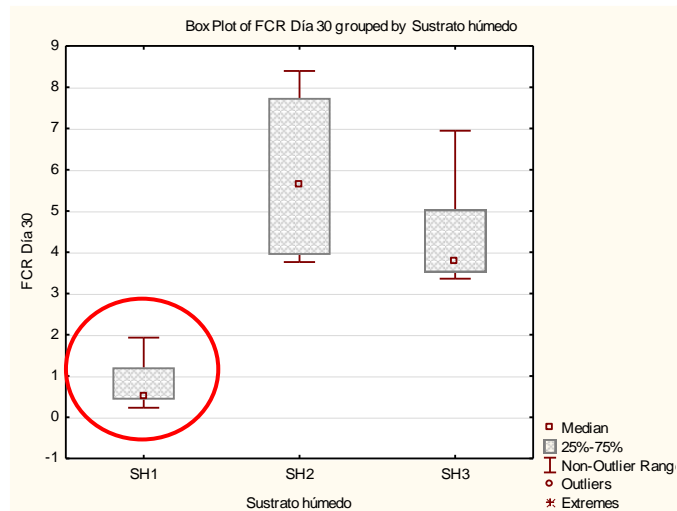
## TIPOS DE SUSTRATO vs ÍNDICE DE CONVERSIÓN – FCR

Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs FCR

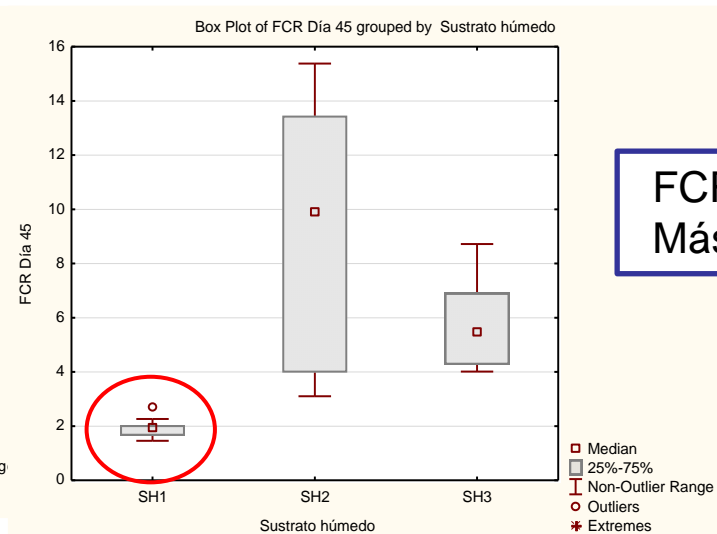
DÍA 15



DÍA 30



DÍA 45

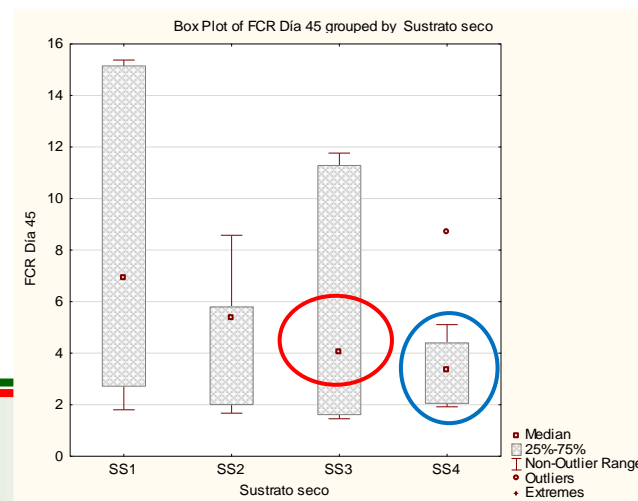
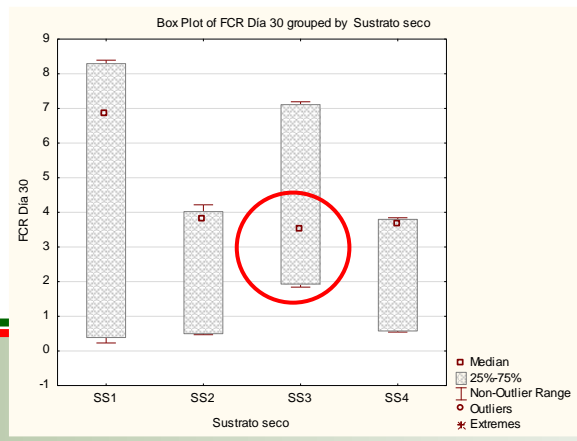
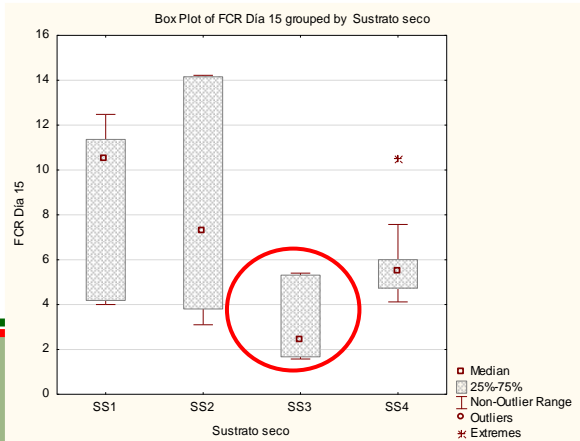


FCR más bajo  
Más eficiente

FACTOR A

ANOVA  
 $p < 0,0001$

Tipo de sustrato seco (factor B) vs FCR

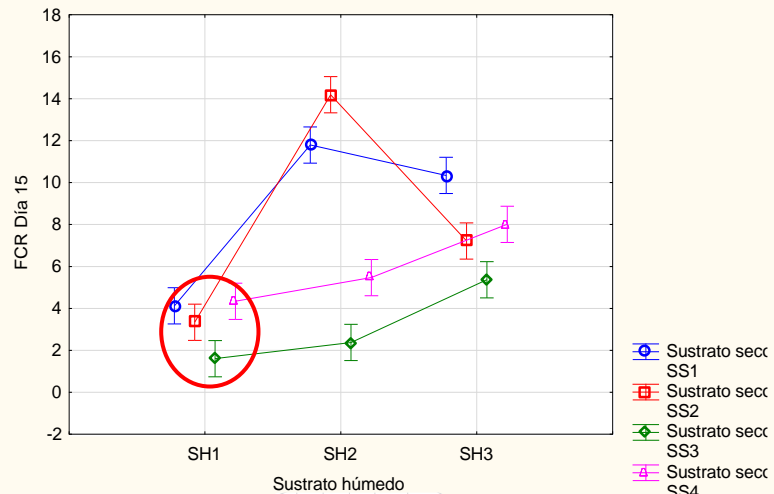


FACTOR B

# DIETA vs ÍNDICE DE CONVERSIÓN – FCR

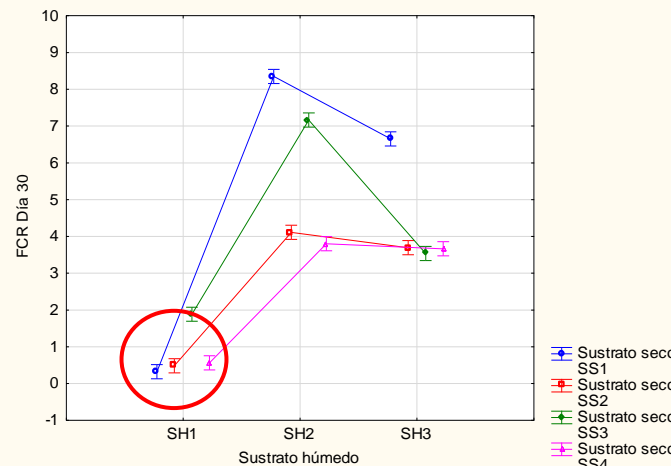
DÍA 15

Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=45,729, p=,00000  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



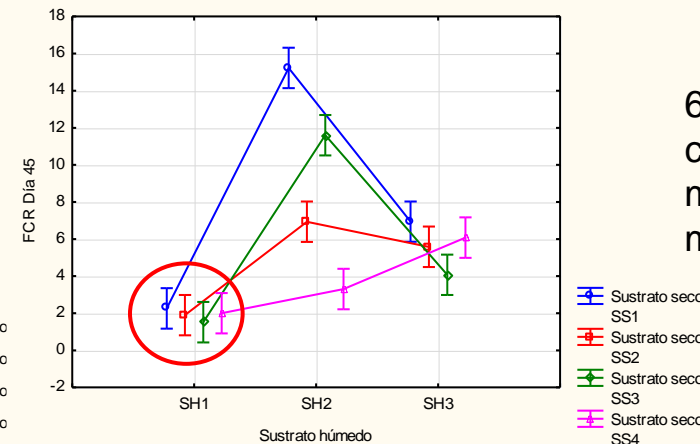
DÍA 30

Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=216,79, p=0,0000  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



DÍA 45

Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=33,513, p=,00000  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



TRATAMIENTO 3

SH1 + SS3

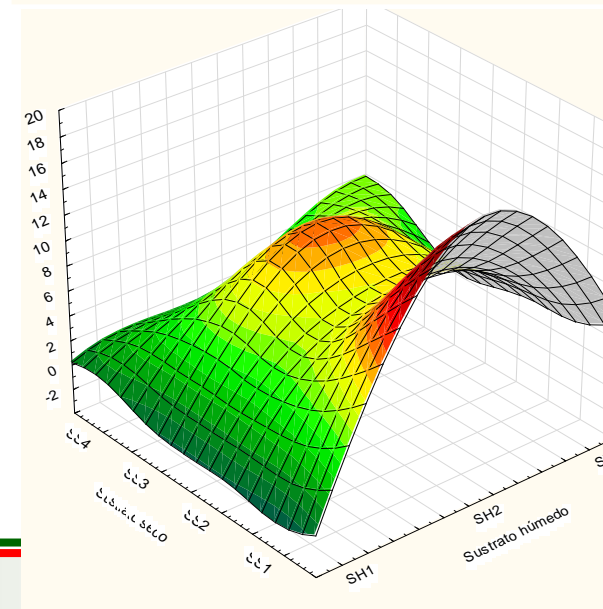
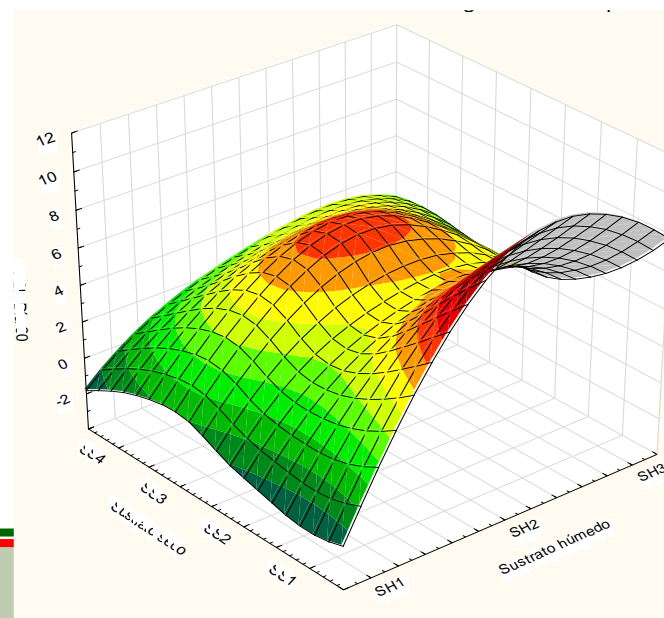
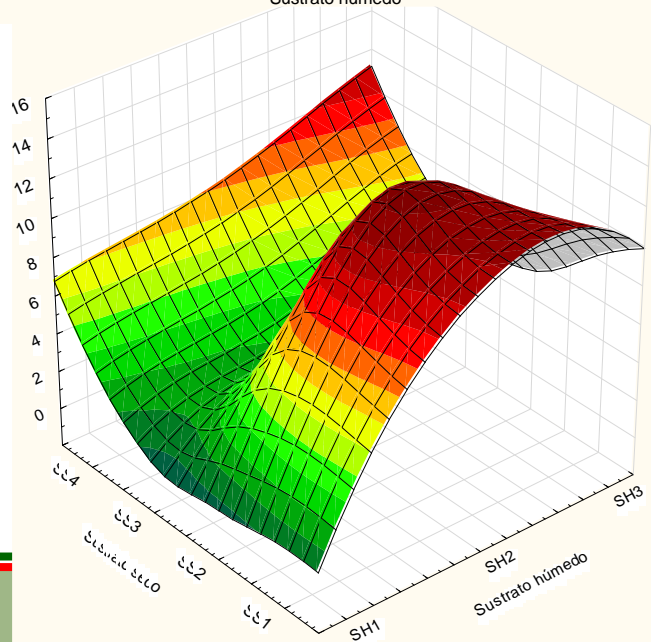
60 g de apio pasado con 75 g harina de trigo más 25 g harina de maíz

FCR > 2

TRATAMIENTO 11

SH3 + SS3

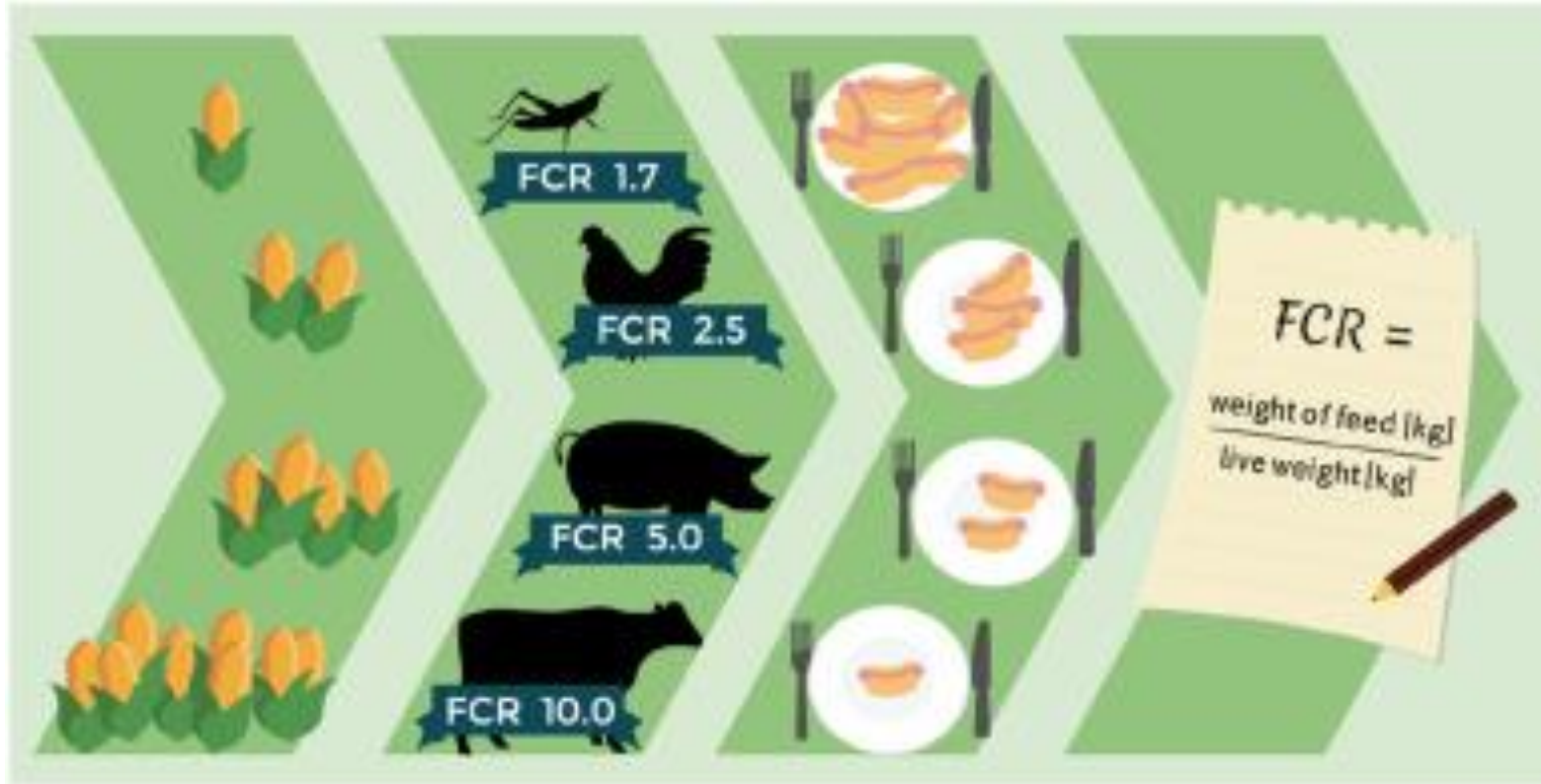
60 g de cáscaras de remolacha con 75 g harina de trigo más 25 g harina de maíz





# ÍNDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA – FCR

## *T. molitor L. vs Animales de consumo convencionales*



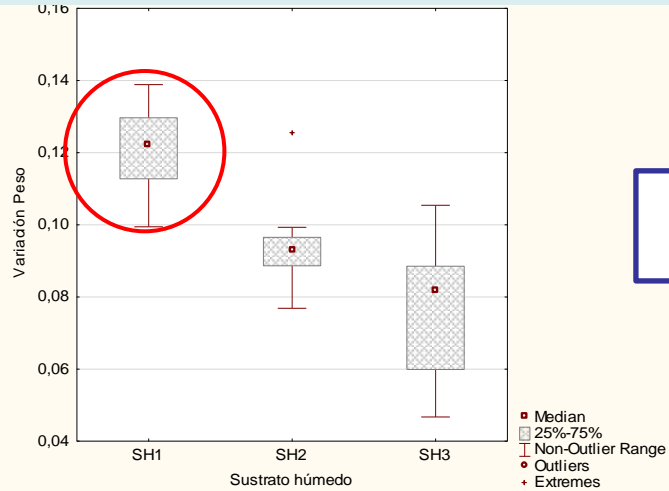
TRATAMIENTO 3

FCR > 2

FCR >3.8±0.63 (Oonincx et al. 2015)  
FCR >2,62 (van Broekhoven et al. 2015)  
FCR ~3.22 (Bordiean et al. 2020).

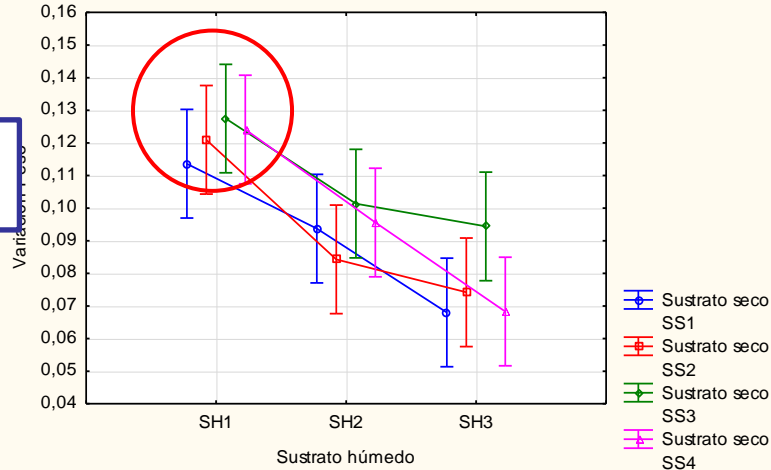
# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs VARIACIÓN DE PESO ( $\Delta P$ ) durante 45 días

Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs  $\Delta P$



ANOVA  
p<0,0001

Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=,63592, p=,70031  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

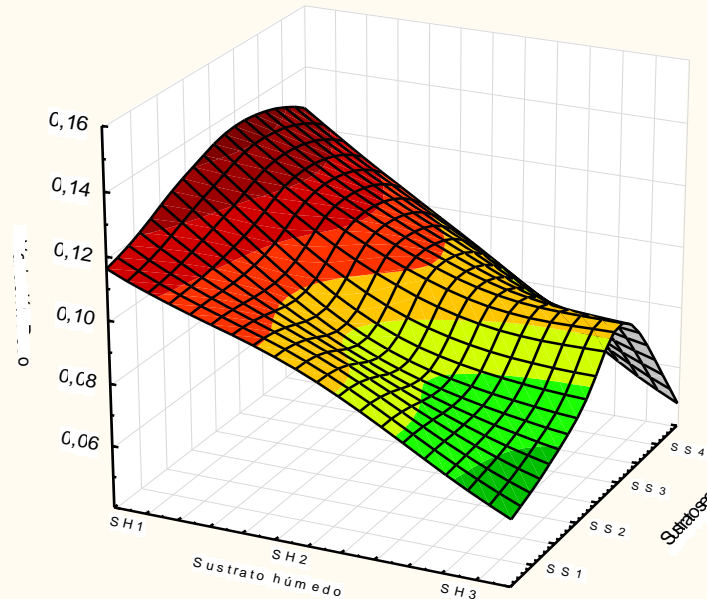
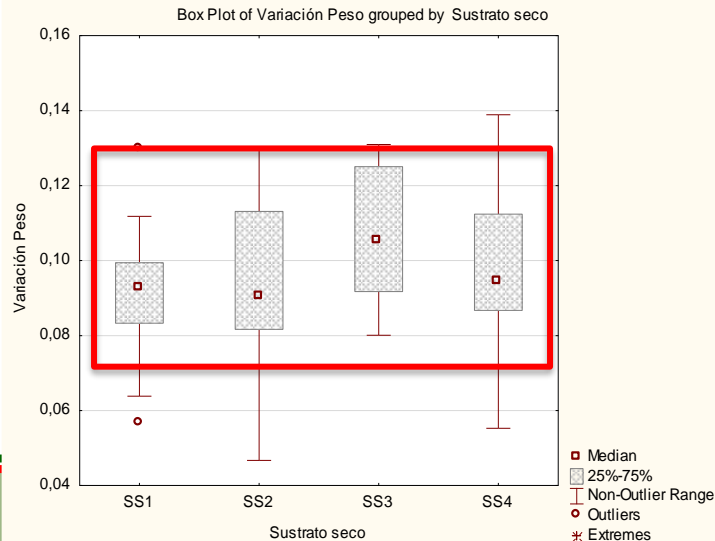


TRATAMIENTO 3

SH1 + SS3

60 g de apio pasado con  
75 g harina de trigo más  
25 g harina de maíz

Tipo de sustrato seco (factor B) vs  $\Delta P$



mayor aumento (>0,130 g) por  
larva

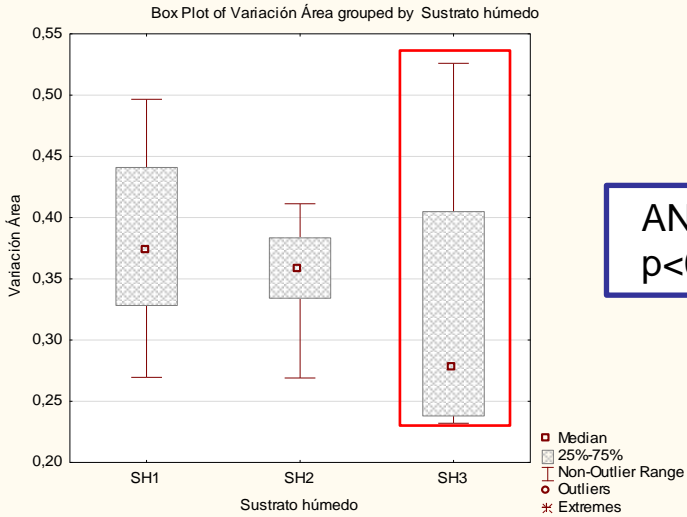
(Bordiean et al., 2020; Medrano, 2019)



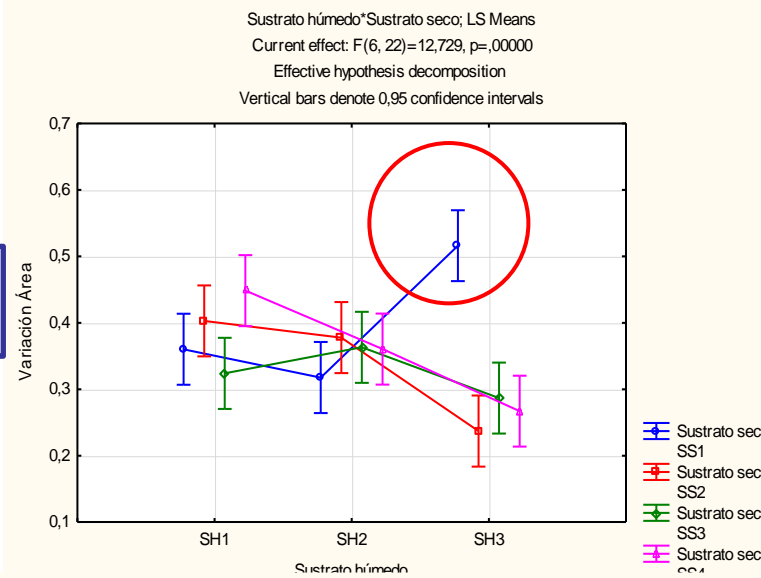
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs VARIACIÓN ÁREA ( $\Delta A$ ) durante 45 días

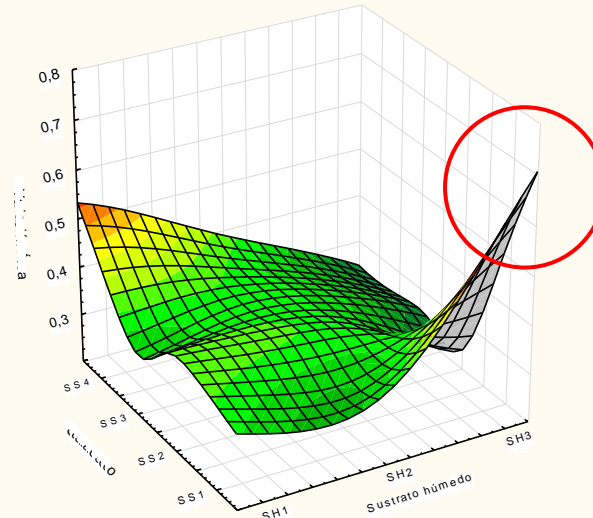
## Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs $\Delta A$



ANOVA  
 $p < 0,0001$



3D Surface Plot of Variación Área against Sustrato húmedo and Sustrato seco

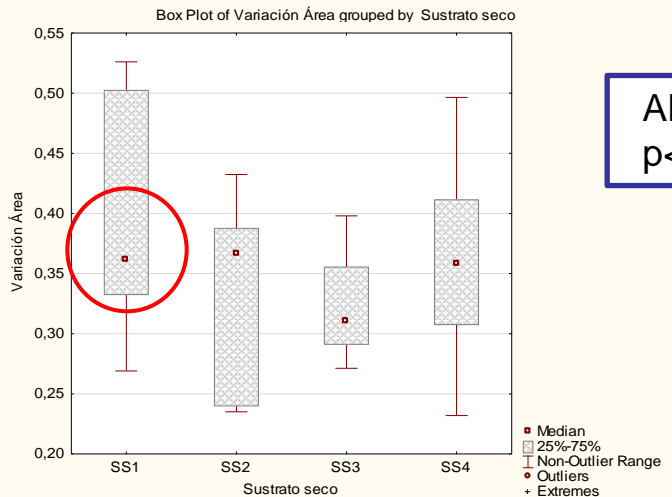


TRATAMIENTO 9

SH3 + SS1

60 g cáscaras de remolacha con 25 g harina de trigo más 75 g harina de maíz

## Tipo de sustrato seco (factor B) vs $\Delta A$



ANOVA  
 $p < 0,0001$

mayor crecimiento superficial de las larvas ( $< 0,500 \text{ mm}^2$ )

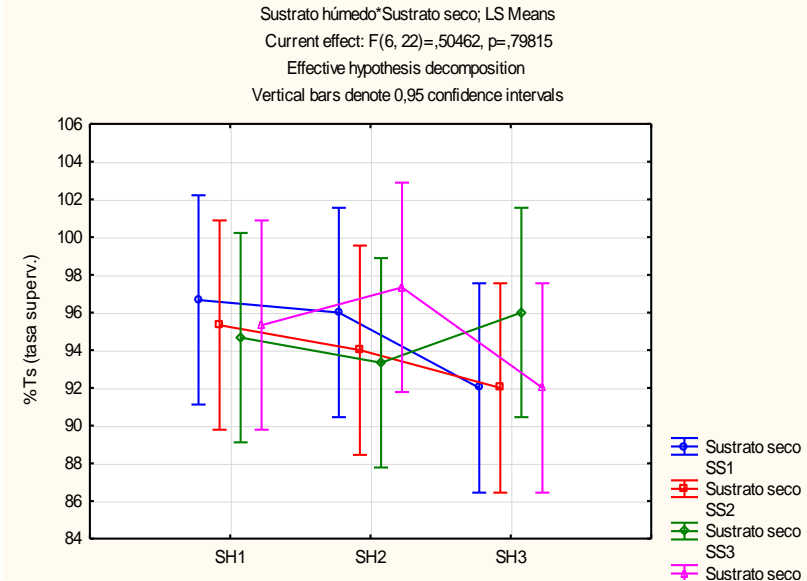
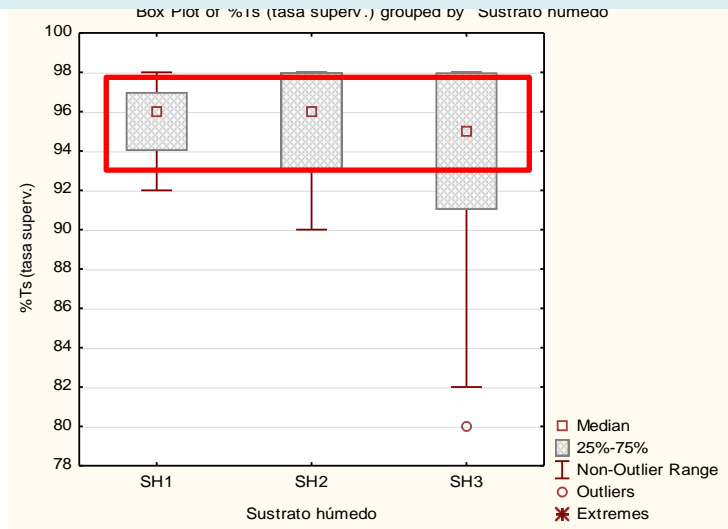
2 cm de largo (Vyavhare & Kerns, 2017)



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

# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs %Ts (TASA DE SUPERVIVENCIA)

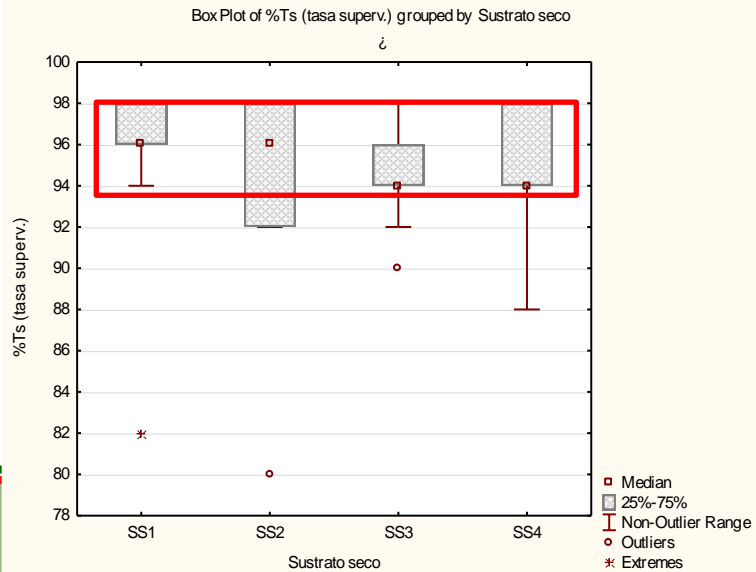
## Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %Ts



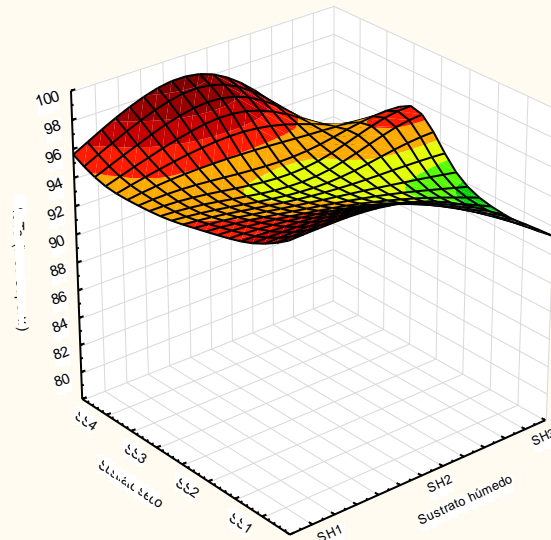
**TODOS LOS TRATAMIENTO**

86% al >99%, valores más altos a los de Oonincx et al. (2015) y similares al de van Broekhoven et al. (2015) y Kim et al. (2016).

## Tipo de sustrato seco (factor B) vs %Ts



3D Surface Plot of %Ts (tasa superv.) against Sustrato húmedo and Sustrato seco



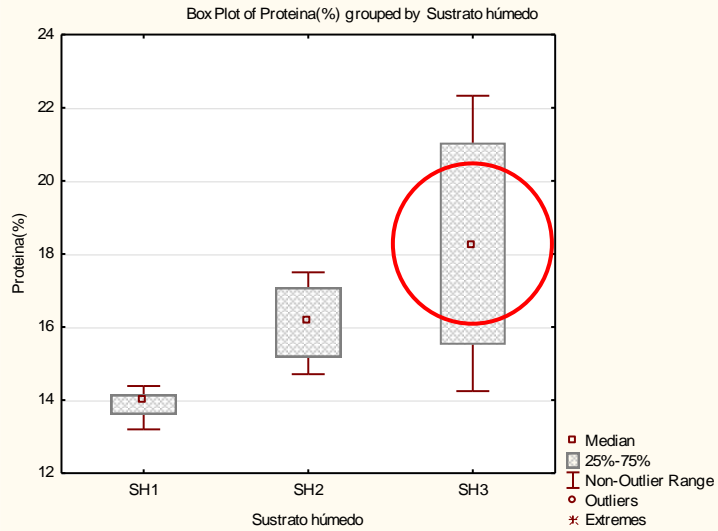
**ANOVA**  
p>0,05



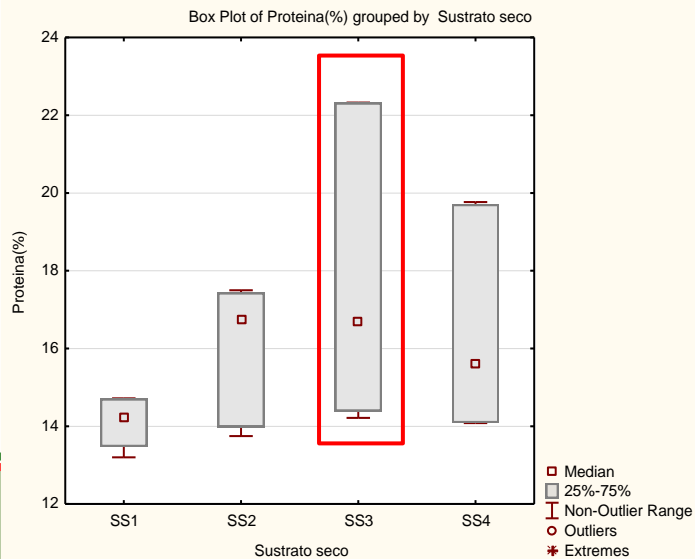
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs %P (PROTEÍNA BRUTA)

## Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %P



## Tipo de sustrato seco (factor B) vs %P

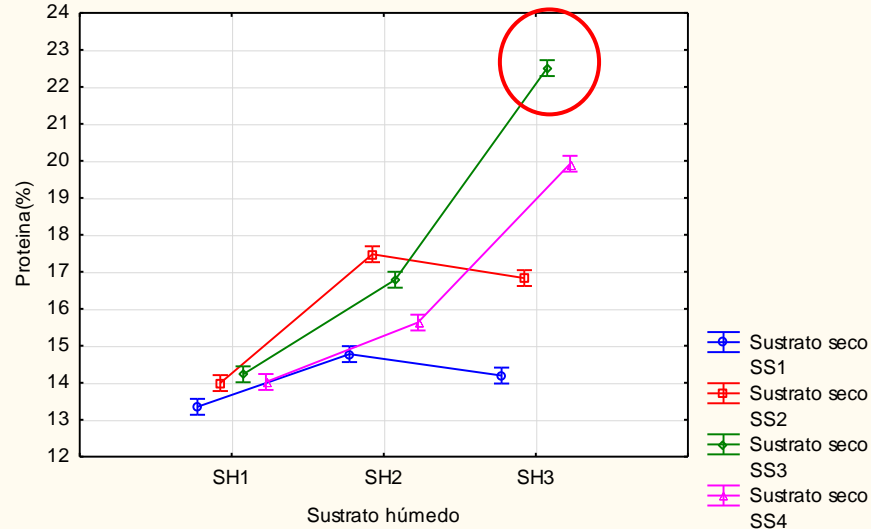


Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means

Current effect: F(6, 22)=349,85, p=0,0000

Effective hypothesis decomposition

Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



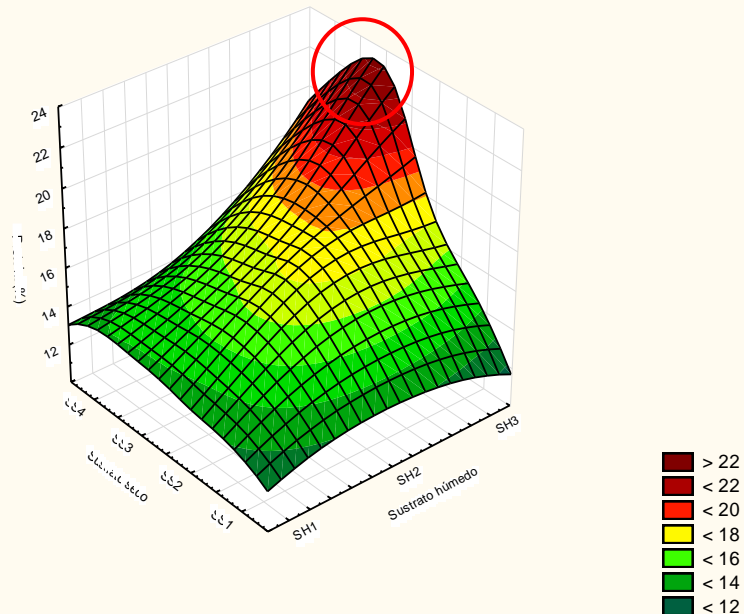
TRATAMIENTO 11

SH3 + SS3

60 g de cáscaras de remolacha con 75 g harina de trigo más 25 g harina de maíz

mayor % de proteína bruta (> 22%)

ANOVA  
p<0,0001



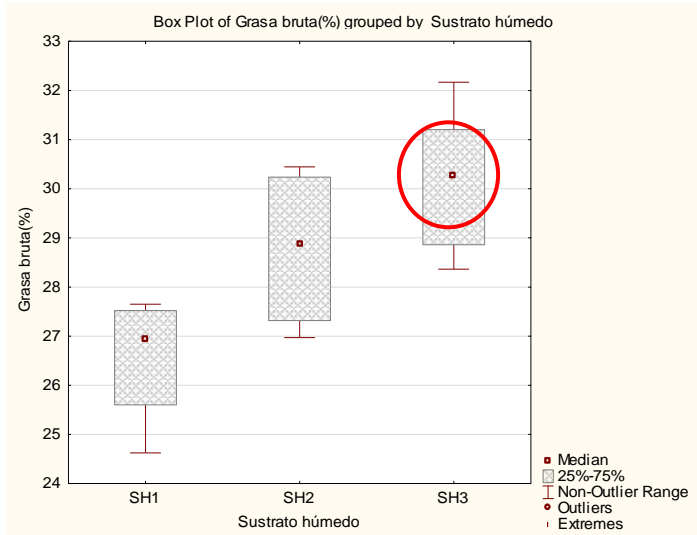
Mancini et al. (2019) que fue de 17,98%, Oonincx et al. (2015) con 17,5 %, y Costa et al. (2020) 17.4 –22.0%



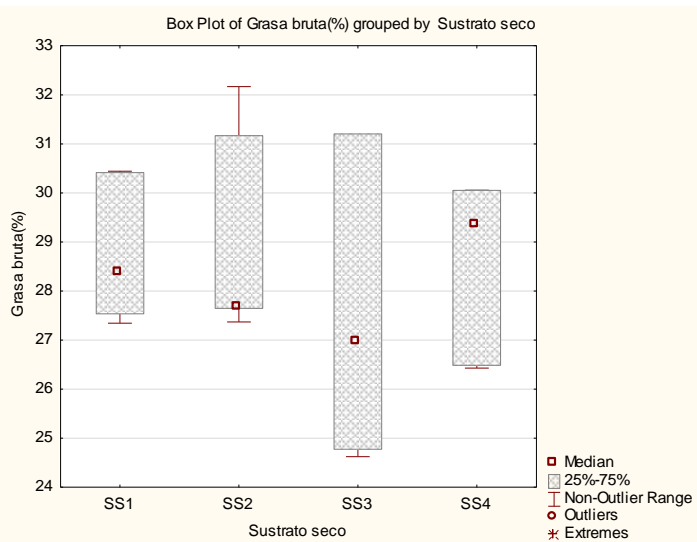
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DIETA (SUSTRATO SECO & HÚMEDO) vs %G (GRASA BRUTA)

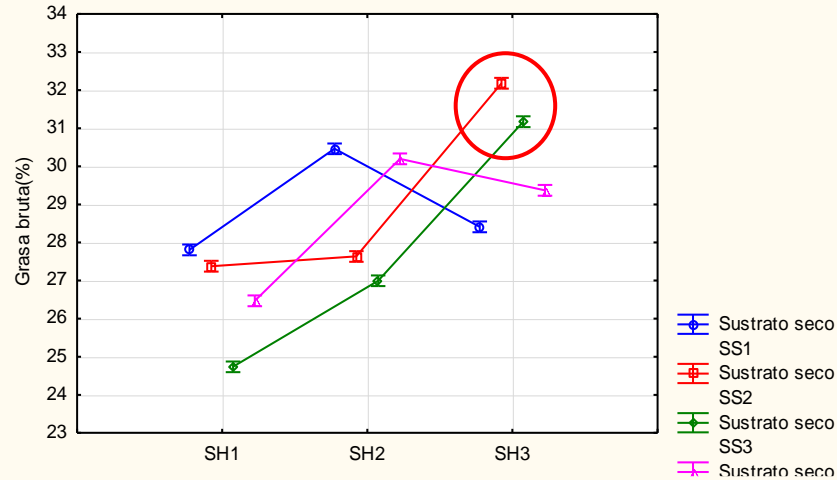
## Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %G



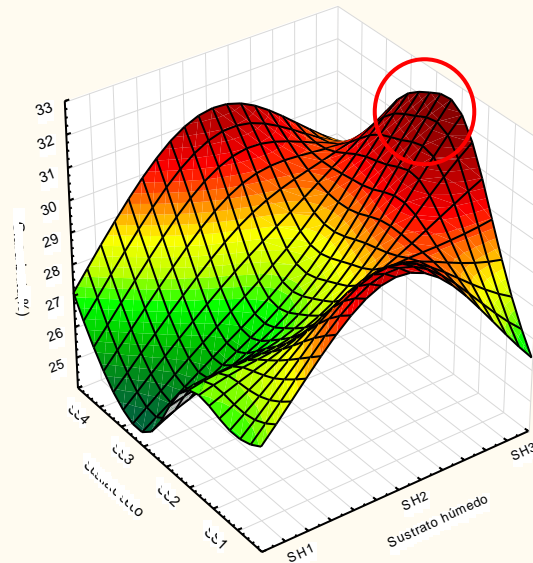
## Tipo de sustrato seco (factor B) vs %G



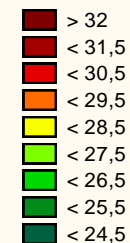
Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=719,27, p=0,0000  
Effectiv e hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



3D Surface Plot of Grasa bruta(%) against Sustrato húmedo and Sustrato seco



ANOVA  
p<0,0001



TRATAMIENTO 11

SH3 + SS2

60 g de cáscaras de nabo con 50 g harina de trigo con 50 g harina de maíz

TRATAMIENTO 11

SH3 + SS3

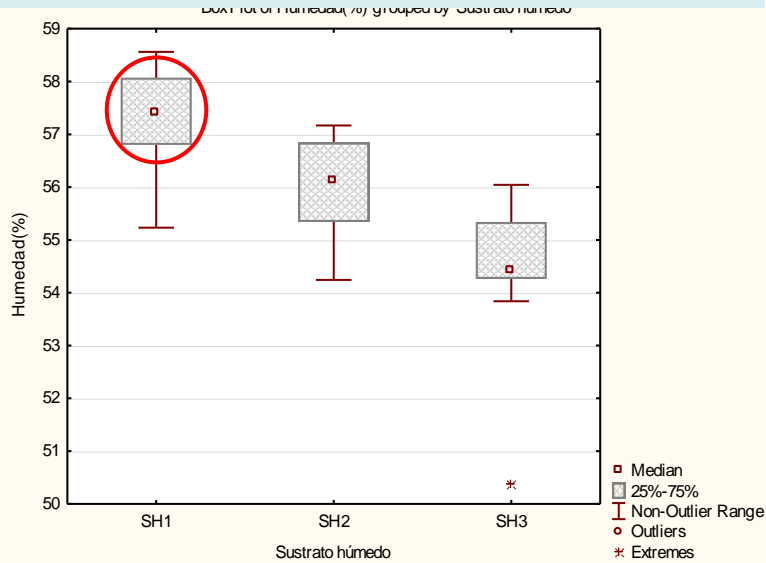
60 g de cáscaras de remolacha con 75 g harina de trigo más 25 g harina de maíz

mayor % de grasa bruta (> 30%)

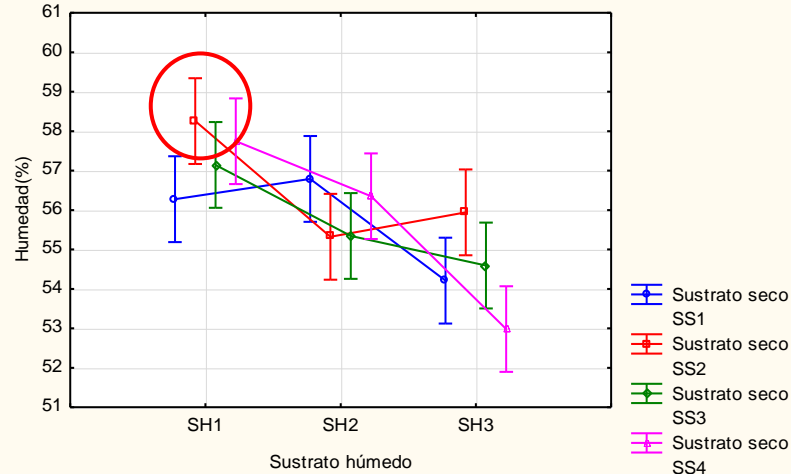
Oonincx et al. (2015) con 23,6 – 30,9%, van Broekhoven et al. (2015) con 18,9 – 26,3% y Hong et al. (2020) con 19,1% a 36,7%.

# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs %H (HUMEDAD)

Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %H



Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=4,1486, p=.00617  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals

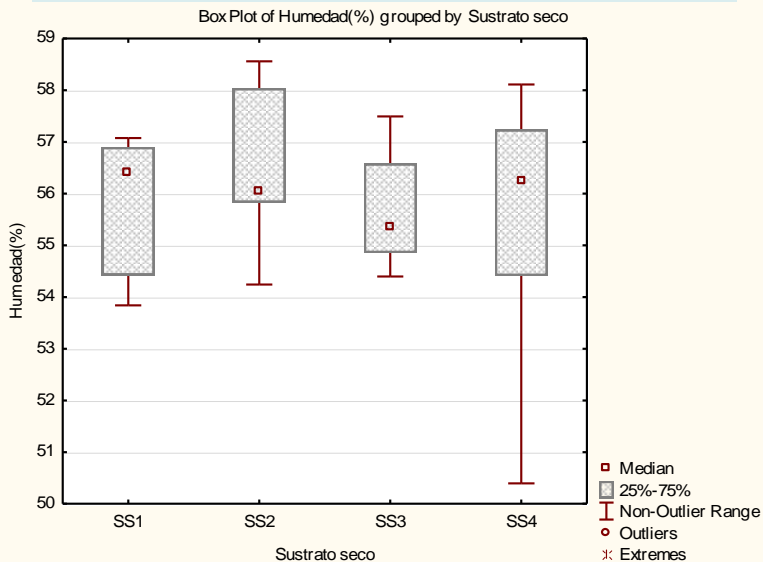


TODOS LOS TRATAMIENTOS  
CON SUSTRATO HÚMEDO 1 Y 3

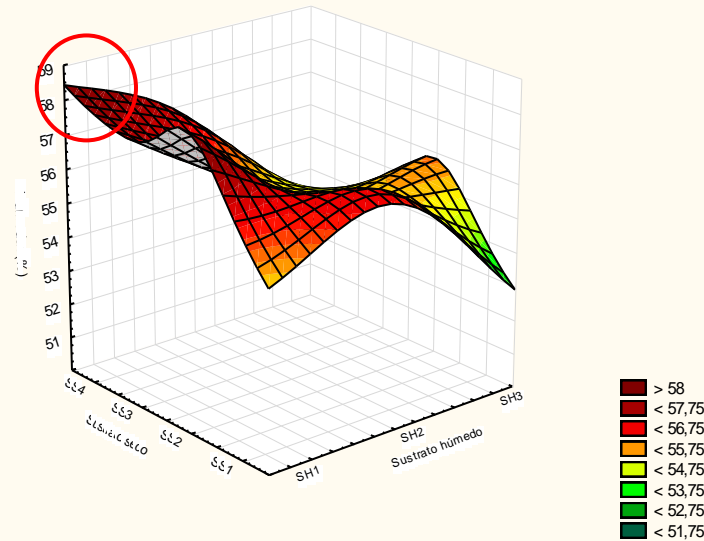
51,75 – 58%

60,8 ± 0,1 y el 72,9 ± 0,5%

Tipo de sustrato seco (factor B) vs %H



3D Surface Plot of Humedad(%) against Sustrato húmedo and Sustrato seco



salvado de trigo (sustrato seco) y zanahoria  
(sustrato húmedo al 75 y 50% de humedad).

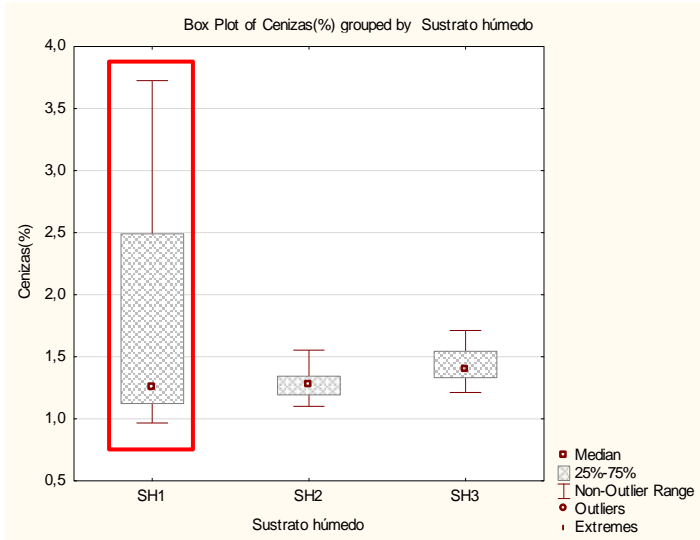
Kröncke y Benning (2022)



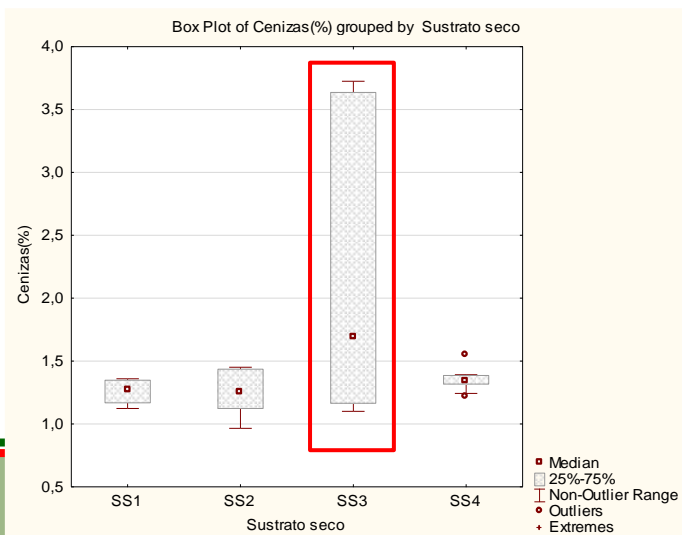
**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs %C (CENIZAS)

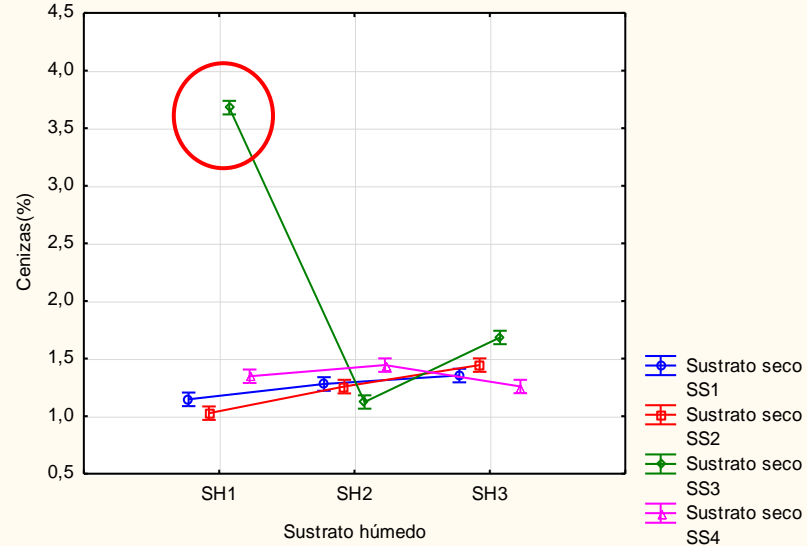
## Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %C



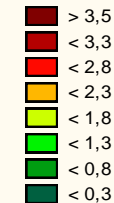
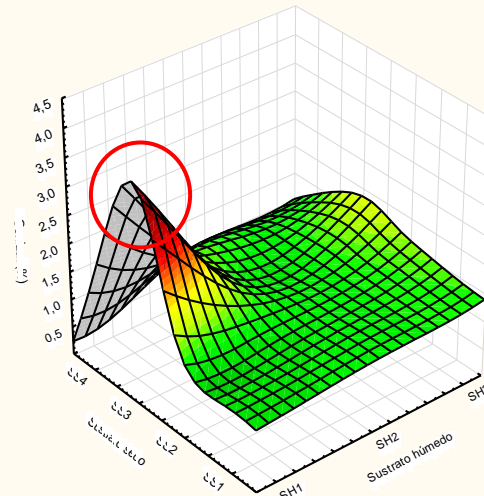
## Tipo de sustrato seco (factor B) vs %C



Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=662,96, p=0,0000  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



3D Surface Plot of Cenizas(%) against Sustrato húmedo and Sustrato seco



## TRATAMIENTO 3

SH1 + SS3

60 g de apio pasado con  
75 g harina de trigo más  
25 g harina de maíz

%C >3,726%

Bordiean y colaboradores (2020) alcanzaron datos entre 4,16 – 7,33, con dietas a base pan molido y salvado de trigo, así como Ríaz et al. (2023) ~7,71% con la misma dieta.

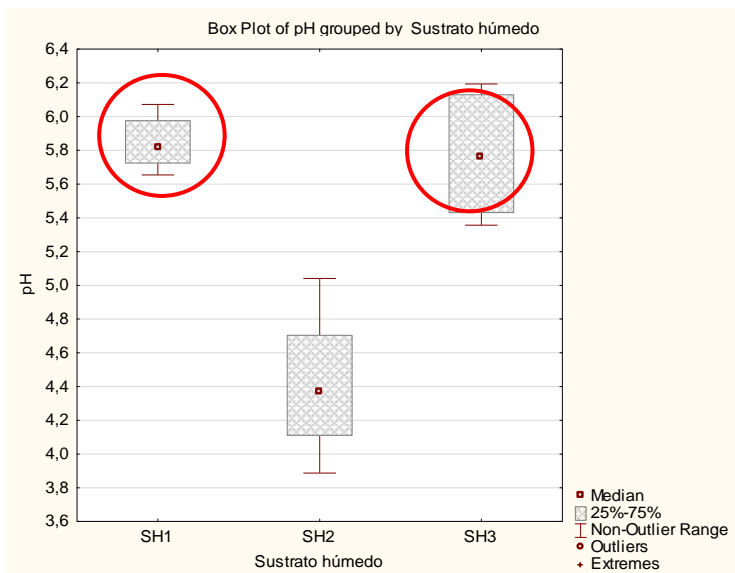


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

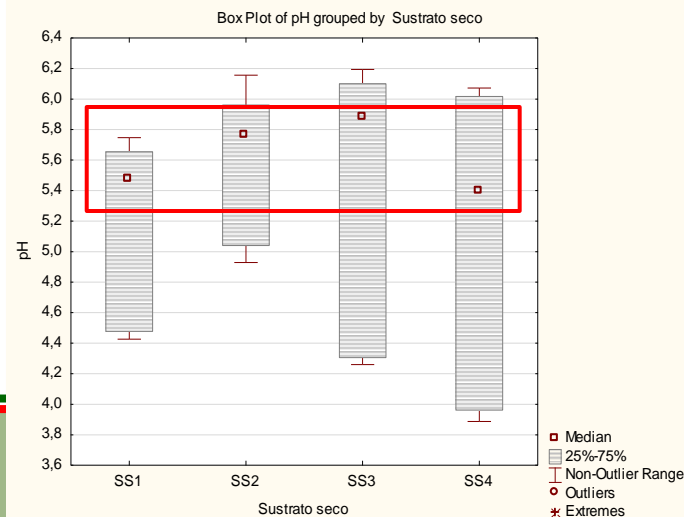


# DIETA (SUSTRATO HÚMEDO & SECO) vs pH

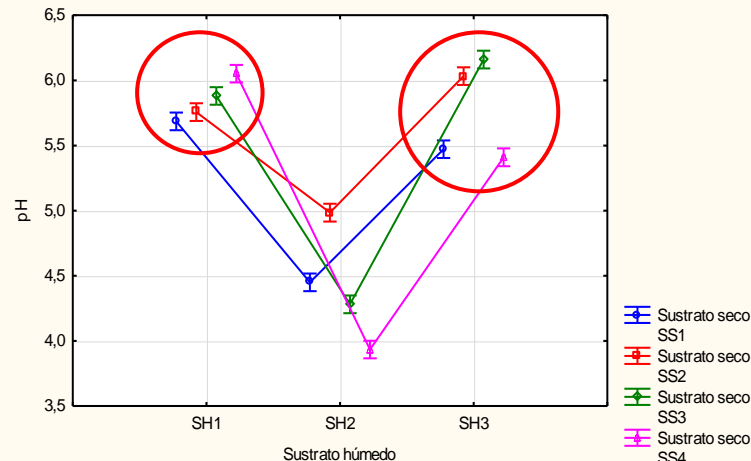
Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %C



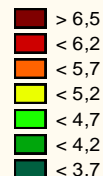
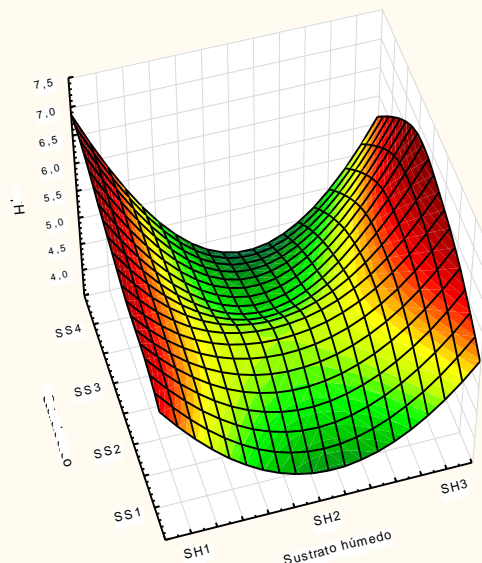
Tipo de sustrato húmedo (factor A) vs %C



Sustrato húmedo\*Sustrato seco; LS Means  
Current effect: F(6, 22)=106,86, p=,00000  
Effective hypothesis decomposition  
Vertical bars denote 0,95 confidence intervals



3D Surface Plot of pH against Sustrato húmedo and Sustrato seco



TODOS LOS TRATAMIENTOS  
CON SUSTRATO HÚMEDO 1 Y 3  
C

pH > 5

pH 5.6 is the optimum pH of *Tenebrio molitor* L.

La cantidad de cenizas también expuso correlación con el pH, a mayor contenido de cenizas mayor valor del pH, esto podría inferir en que los escarabajos tendrían altos valores en oligoelementos como calcio, magnesio y potasio (ceniza básica) (Molnár et al. 2022).

propiedades coagulantes importantes para la industria alimentaria, y la digestibilidad animal.

Song et al. (2021)

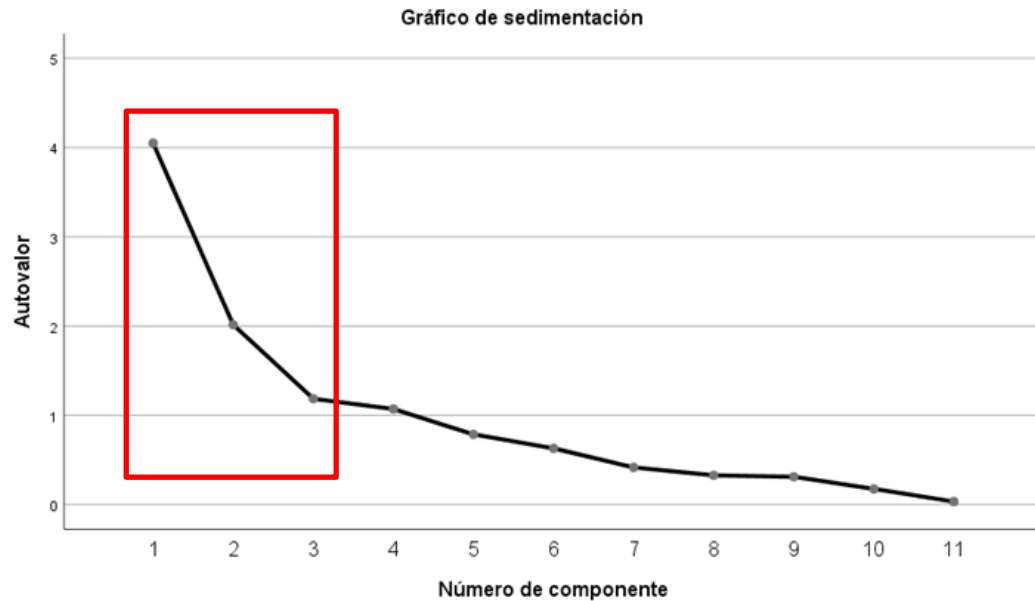


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS INTERACCIONES ENTRE VARIABLES

## Matriz de componentes

Gráfico de sedimentación



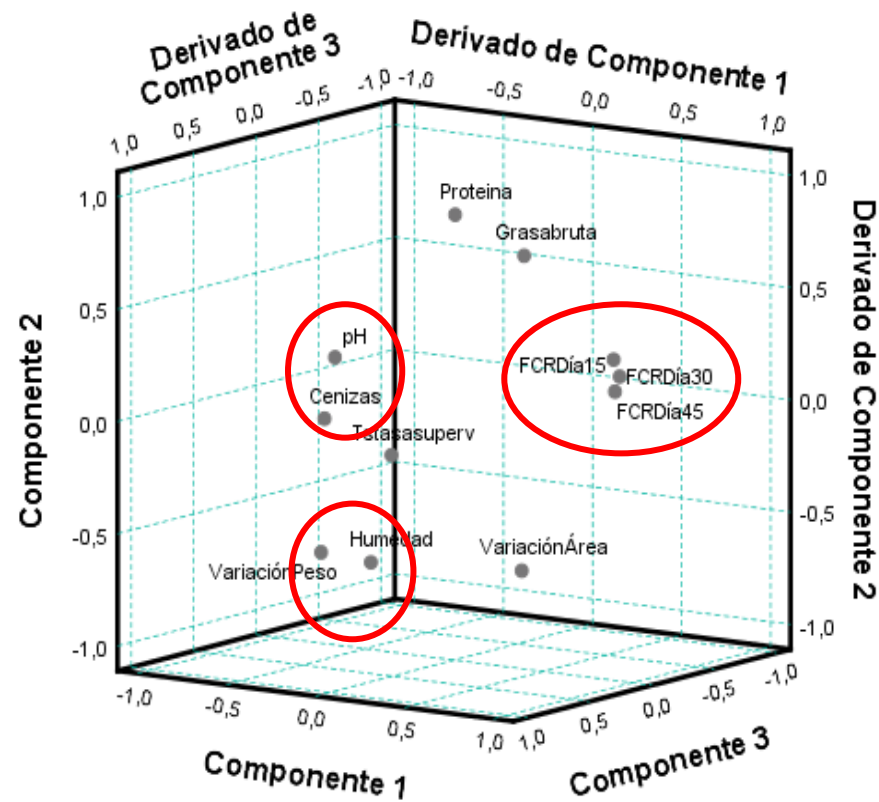
| Variable           | Componente |       |       |
|--------------------|------------|-------|-------|
|                    | 1          | 2     | 3     |
| FCR Día 15         | ,689       | ,197  | -,276 |
| FCR Día 30         | ,799       | ,398  | ,181  |
| FCR Día 45         | ,753       | ,450  | ,219  |
| %Ts (tasa superv.) | -,191      | ,147  | ,610  |
| Variación Área     | -,276      | ,630  | -,542 |
| Variación Peso     | -,813      | ,203  | ,252  |
| Proteína (%)       | ,527       | -,671 | ,139  |
| Grasa bruta (%)    | ,690       | -,337 | ,095  |
| Humedad (%)        | -,663      | ,357  | ,161  |
| Cenizas (%)        | -,448      | -,253 | ,328  |
| pH                 | -,449      | -,633 | -,371 |

FCR día 15,30 y 45 ha incidido en mayor grado sobre el resto de variables representan mayor variabilidad con un acumulado de 65,918%.



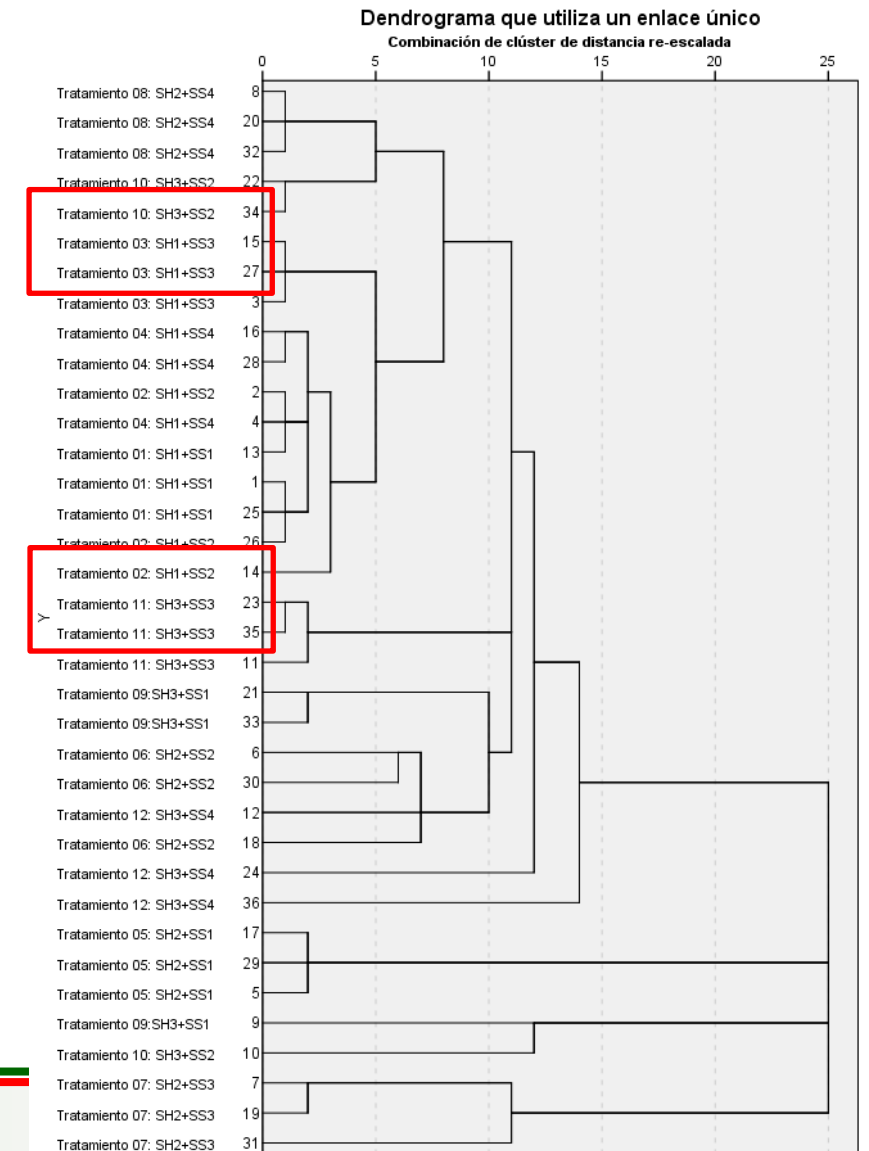
# Análisis de componentes principales (ACP)

Gráfico de componentes en el espacio rotado (3 dimensiones)



TRATAMIENTO 11: Más eficiente y beneficiosa a los parámetros de crecimiento, supervivencia, y valor nutricional

Dendrograma: Interacción entre tratamientos, factores y variables

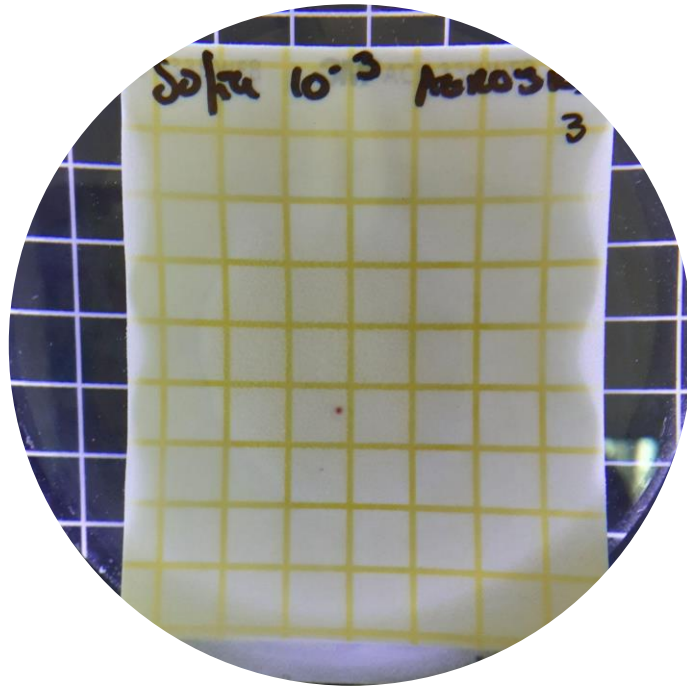


# Resultados y Discusión

## Conteo de colonias en Petrifilm

Aerobios mesófilos

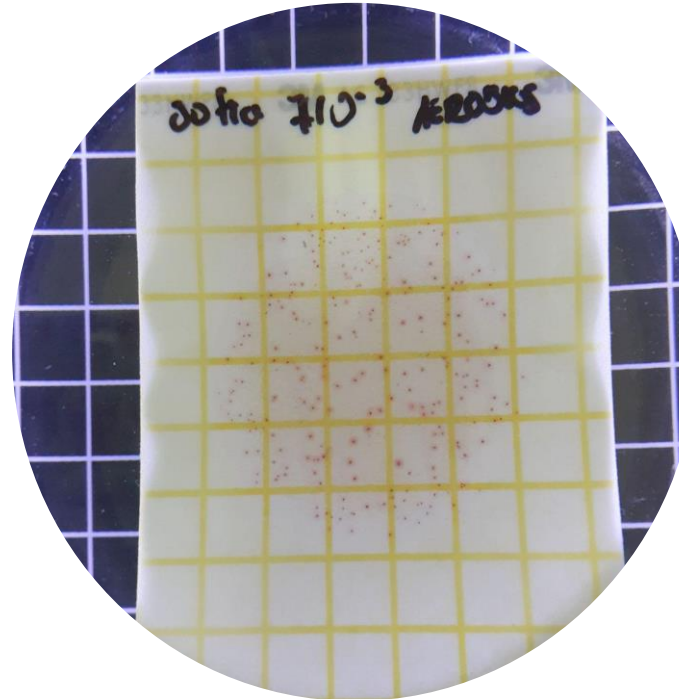
Tratamiento 3: SH1 + SS3



$1 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,001 UFC/mL

Presencia / Permisible

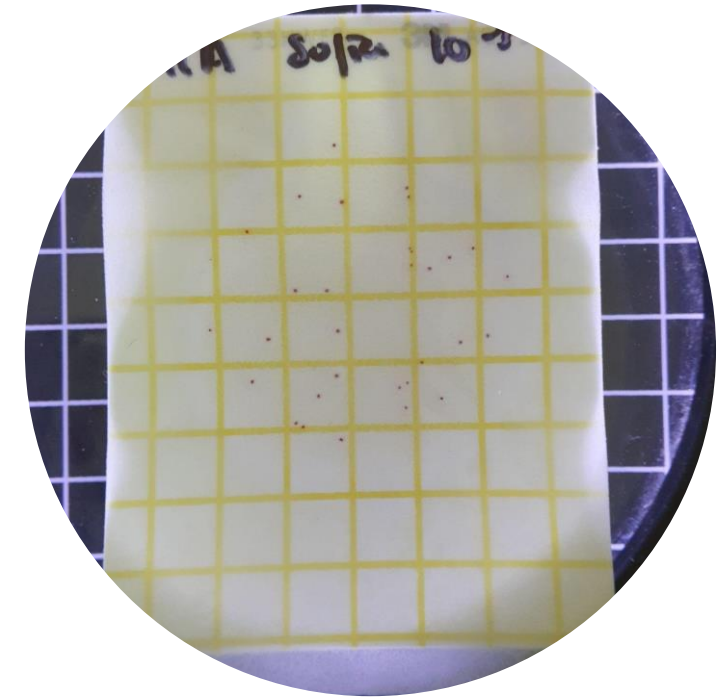
Tratamiento 7: SH2 + SS3



0,245 UFC/mL

Presencia / Permisible

Tratamiento 11: SH3 + SS3



$673 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,673 UFC/mL

Presencia / Permisible

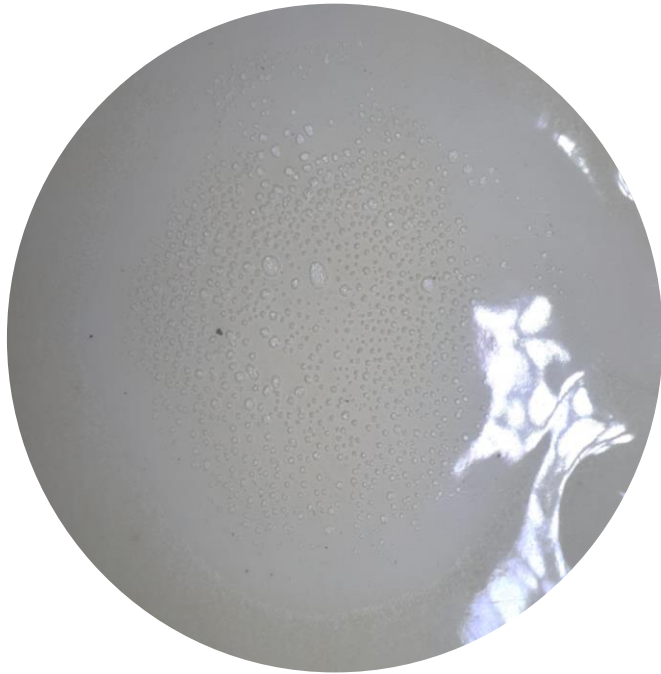


**ESPE**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

# Conteo de colonias en Petrifilm

## Mohos y Levaduras

Tratamiento 3: SH1 + SS3



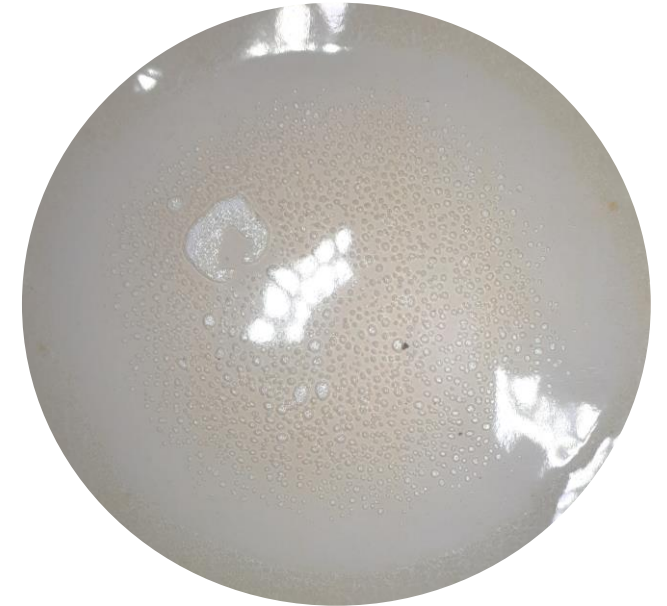
$1 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,001 UFC/mL  
Presencia / Permisible

Tratamiento 7: SH2 + SS3



$4 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,004 UFC/mL  
Presencia / Permisible

Tratamiento 11: SH3 + SS3



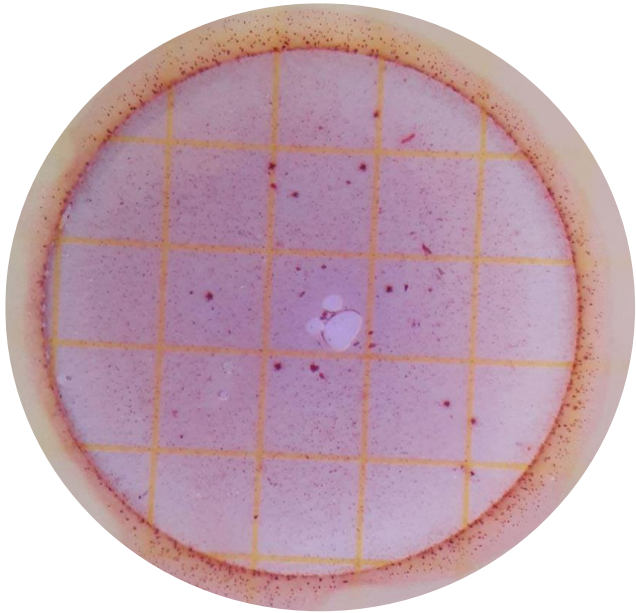
$3 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,003 UFC/mL  
Presencia / Permisible



# Conteo de colonias en Petrifilm

Comisión de la Unión Europea, 2021

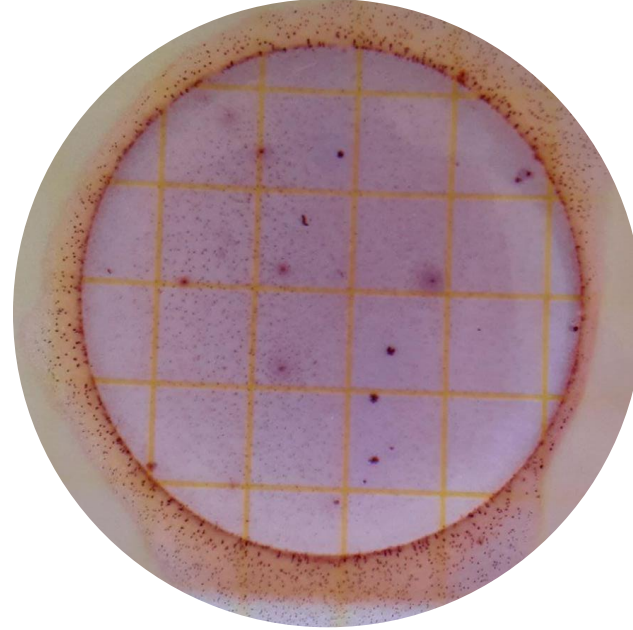
Coliformes totales



$1027 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 1,027 UFC/mL

Presencia / Permisible

*Escherichia coli*



$493 \cdot 10^{-3}$  UFC/mL = 0,493 UFC/mL

Presencia / Permisible

## Crterios microbiológicos

|   |                   |
|---|-------------------|
| Recuento total de colonias aerobias (UFC/g) | ≤ 10 <sup>5</sup> |
| Enterobacterias (presunción) (UFC/g)        | ≤ 100             |
| <i>Escherichia coli</i> (UFC/g)             | ≤ 50              |
| <i>Listeria monocitogenes</i>               | Ausencia en 25 g  |
| <i>Salmonella</i> spp.                      | Ausencia en 25 g  |
| <i>Bacillus cereus</i> (presunción) (UFC/g) | ≤ 100             |
| Estafilococos coagulasa positivos (UFC/g)   | ≤ 100             |
| Anaerobios sulfito-reductores (UFC/g)       | ≤ 30              |
| Levaduras y mohos (UFC/g)                   | ≤ 100             |

## NTE INEN, 2019

5.4 Requisitos microbiológicos. La harina de trigo debe cumplir con los requisitos microbiológicos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos.

| Requisitos         | Unidad   | Limite máximo | Método de ensayo  |
|--------------------|----------|---------------|-------------------|
| Aerobios mesófilos | ufc/g    | 100 000       | NTE INEN 1 529-5  |
| Col iformes        | ufc/g    | 100           | NTE INEN 1 529-7  |
| E. Coli            | ufc/g    | 0             | NTE INEN 1 529-8  |
| Salmonella         | ufc/25 g | 0             | NTE INEN 1 529-15 |
| Mohos y levaduras  | ufc/g    | 500           | NTE INEN 1 529-10 |



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

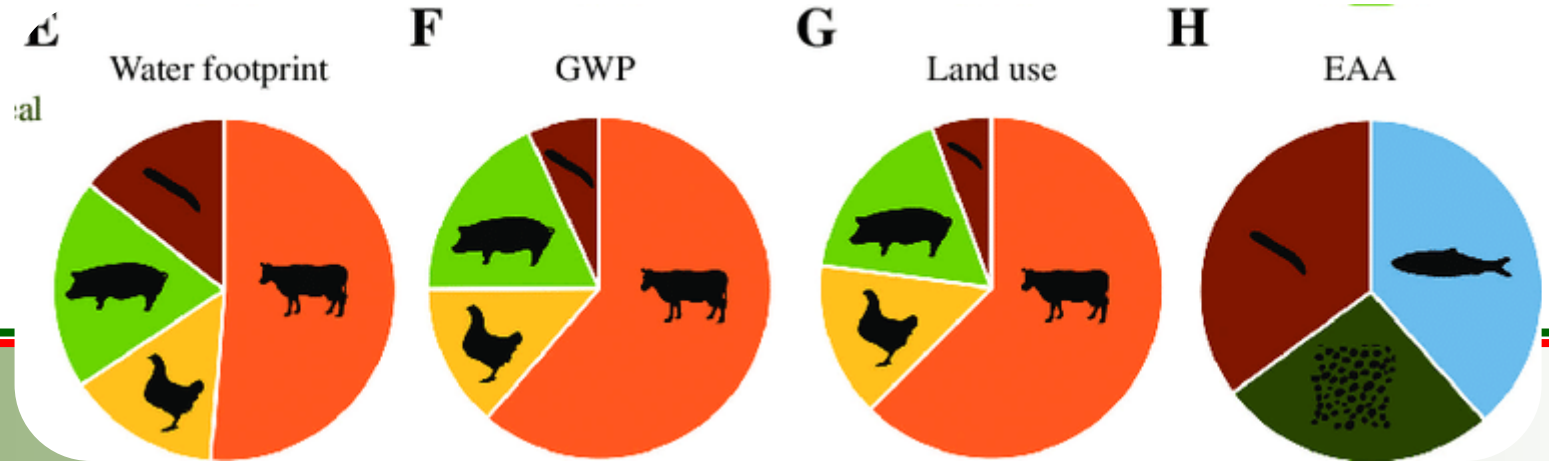
# COMPARACIÓN FRENTE A FUENTES DE CONSUMO CONVENCIONAL

All **PROTEIN SOURCES** are not the same

| Source                       | Water (%) | Protein (%) | Fat (%) | Ash (%) | Feed Conversion Ratio (kg Feed per kg of Live Weight) | References |
|------------------------------|-----------|-------------|---------|---------|---|------------|
| Beef (lean)                  | 75.0      | 22.3        | 1.8     | 1.2     | 10.0  | [109,110]  |
| Veal (lean)                  | 76.4      | 21.3        | 0.8     | 1.2     | -   | [109]      |
| Pork (lean)                  | 75.1      | 22.8        | 1.2     | 1.0     | 5.4   | [109,110]  |
| Lamb, raw (unspecified part) | 60        |             | 22.7    | 1       | -   | [111]      |
| Goat, lean, raw              | 74.6      | 19.5        | 4.3     | 1       | -   | [111]      |
| Chicken                      | 75.0      | 22.8        | 0.9     | 1.2     | 2.5   | [109,110]  |
| Fish (cod fillet, raw)       | 81.6      | 17          | 0.6     | 1.2     | 1.5 (for carp)  | [110,111]  |

***Tenebrio molitor L.*** 58,2 24,86 32,12 3,86 <2

|                | COMPLETE | SUSTAINABLE | ETHICAL |
|----------------|----------|-------------|---------|
| MEAT PROTEIN   | ✓        | ✗           | ✗       |
| PLANT PROTEIN  | ✗        | ✓           | ✓       |
| INSECT PROTEIN | ✓        | ✓           | ✓       |



(Grau et al. 2017; Kasza et al. 2023)

## SOYBEAN FLOUR

## OUR FLOUR BASED ON *INSECTS*

| <b>Nutrition Facts</b>   |            |
|--|------------|
| 10 servings per container  |            |
| <b>Serving size</b>  | (85g)      |
| <b>Amount Per Serving</b>  |            |
| <b>Calories</b>  | <b>370</b> |
| % Daily Value*   |            |
| <b>Total Fat</b> 19g   | <b>24%</b> |
| Saturated Fat 2.7g   | <b>14%</b> |
| Trans Fat 0g   |            |
| <b>Cholesterol</b> 0mg   | <b>0%</b>  |
| <b>Sodium</b> 10mg   | <b>0%</b>  |
| <b>Total Carbohydrate</b> 26g  | <b>9%</b>  |
| Dietary Fiber 8g   | <b>29%</b> |
| Total Sugars 6g  |            |
| Includes 0g Added Sugars   | <b>0%</b>  |
| <b>Protein</b> 32g   | <b>64%</b> |
| Vitamin D 0mcg   | 0%         |
| Calcium 160mg  | 10%        |
| Iron 5mg   | 30%        |
| Potassium 1735mg   | 35%        |
| *The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. |            |

VS

| <b>Nutrition Facts</b>   |            |
|--|------------|
| Serving size (100g)  |            |
| <b>Amount Per Serving</b>  |            |
| <b>Calories</b>  | <b>540</b> |
| % Daily Value*   |            |
| <b>Total Fat</b> 21g   | <b>27%</b> |
| Saturated Fat 8.6g   | <b>43%</b> |
| Trans Fat 0g   |            |
| <b>Sodium</b> 140mg  | <b>6%</b>  |
| <b>Total Carbohydrate</b> < 1g   | <b>0%</b>  |
| Dietary Fiber 5g   | <b>18%</b> |
| Total Sugars 0g  |            |
| Includes 0g Added Sugars   | <b>0%</b>  |
| <b>Protein</b> 36g   | <b>72%</b> |
| Not a significant source of cholesterol, vitamin D, calcium, iron, and potassium   |            |
| *The % Daily Value (DV) tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. |            |

30 USD/  
cwt

10 USD/  
cwt

**3 times cheaper  
than soybean meal**



# Conclusiones

- Se determinó el grado de bioconversión de *Tenebrio molitor* L. criado bajo condiciones *ex situ* con dietas a base de subproductos orgánicos domésticos a través de la tasa de bioconversión y tasa de supervivencia, evidenciando valores más eficientes que la de estudios previos y por lejos, demostrando ser más eficaz que la carne de origen bovino, porcino y aviar.
- Se caracterizó bromatológicamente a *Tenebrio molitor* L. en estado larvario bajo condiciones *ex situ* mediante valoración de proteína total, grasa cruda, pH, cenizas, y humedad, mostrando una tabla nutricional más alta que la de carne de origen bovino, porcino y aviar, especialmente en valor proteico.
- Se demostró la influencia de los sustratos húmedos y secos de las dietas para *T. molitor* L. sobre el crecimiento, desarrollo, y contenido nutricional del insecto; siendo de los pocos estudios que cuantifican el nivel de importancia de la composición seca y húmeda de las dietas a base de residuos orgánicos domésticos (van Broekhoven et al. 2015) por lo que esta investigación es un importante referente para la nutrición entomológica.
- Ningún tratamiento (dieta) representó un riesgo para la crianza de *T. molitor* L según los datos de supervivencia (>88%), y todos se desarrollaron en un periodo de tiempo más corto a la de estudios previos con las mismas condiciones.



# Conclusiones

- La dieta compuesta por 60 g cáscaras de remolacha con 75 g Harina de trigo y 25 g harina de maíz (tratamiento 11) obtuvo valores más eficientes y beneficiosos para la crianza, desarrollo y valor nutricional del gusano de la harina amarillo.
- Se analizaron los parámetros microbiológicos de *Tenebrio molitor* L. en larva criado *ex situ* mediante la técnica de recuento en medios de cultivo, estableciendo que todos los tratamientos producen extractos de *T. molitor* L. permisibles para el consumo humano.
- Aunque el tratamiento 11 mostró ser el más eficiente, los tratamientos 3 (60 de apio pasado con harina de trigo (75%) y harina de maíz (25%)), y 7 (60 de cáscaras de nabo con harina de trigo (75%) y harina de maíz (25%)) también generan larvas de *T. molitor* L. que se pueden producir eficientemente para el consumo humano.
- Finalmente, se ha demostrado que la harina a base de *T. molitor* L. representa una de las principales fuentes de super alimentos del futuro, que promueve una industria alimentaria sustentable que promueve el reuso de residuos domésticos a base de la bioeconomía, y mostraría mayor rentabilidad en comparación a las fuentes de consumo convencional como el sector bovino, porcino, acuícola y aviar.



# Recomendaciones

- Utilizar el tratamiento 11 (60 g cáscaras de remolacha con 75 g Harina de trigo y 25 g harina de maíz) para pruebas de manufactura de *Tenebrio molitor* L a mayor escala, ya que la utilización de dietas de bajo costo como las diseñadas en este estudio podrían representar una alta tasa de rentabilidad en el sector alimentario animal y humano.
- Testear el tratamiento 11 (60 g de cáscaras de remolacha con 75 g Harina de trigo más 25 g harina de maíz) combinado con sustratos húmedos de otros tratamientos que obtuvieron mayor incremento en peso, y % de cenizas, para mejorar su rendimiento.
- Testear el tratamiento 11 frente a variaciones de altitud, con el objetivo de probar si esta dieta es funcional para distintas regiones del país.



# Recomendaciones

- Los tratamientos compuestos por el sustrato húmedo 2 (cáscaras de nabo) combinados con todos los tipos de sustrato seco eran propensos a contaminarse, lo que pudo bajar su eficiencia de bioconversión, crecimiento y desarrollo por lo que se podría sustituir este sustrato húmedo por otro tipo de cáscaras de alguna leguminosa rica en almidón para incrementar su rendimiento.



# Agradecimientos



Tutor de tesis

Centros de Investigación y Laboratorios

Pasantes & amigos

FAMILIA



SEDE  
SANTO DOMINGO



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

# Agradecimientos



GLOBAL  
**STUDENT**  
**ENTREPRENEUR**  
AWARDS BY THE ENTREPRENEURS'  
ORGANIZATION



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