

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

**GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y
AGROAMBIENTAL**



**DIMENSIONADO Y ESTUDIO DE VIABILIDAD DE
UNA GRANJA DE *TENEBRIO MOLITOR* EN EL
TÉRMINO MUNICIPAL DE LORQUÍ (MURCIA)**

TRABAJO FIN DE GRADO
JULIO - 2021

Autor: José Daniel Guillén Fajardo
Tutor: Iván Agea Durán

Dimensionado y estudio de viabilidad de una granja de *Tenebrio molitor* en el término municipal de Lorquí (Murcia)

Sizing and feasibility study of a *Tenebrio molitor* farm in the municipality of Lorquí (Murcia)

RESUMEN

Actualmente la cría de insectos está siendo considerada una alternativa a las fuentes tradicionales de proteína animal y vegetal (Stull y Patz, 2020). La implantación de las granjas de insectos está experimentando un fuerte incremento, sobre todo en Europa, única región donde existe un reglamento de seguridad alimentaria sobre insectos comestibles (Murefu *et al.*, 2019). El uso de insectos tiene numerosas ventajas, destacando su perfil nutricional y la sostenibilidad para el medio ambiente (Stull y Patz, 2020; Hlongwane *et al.*, 2020). El presente trabajo pretende estudiar las necesidades para el óptimo desarrollo del *Tenebrio molitor*, los requerimientos para su explotación ganadera y analizar la viabilidad económica de una granja dedicada a su producción para alimentación animal.

Palabras clave: *Tenebrio molitor*, insectos, viabilidad, granja, valor nutricional.

ABSTRACT

Insect farming is currently being considered an alternative to traditional sources of animal and vegetable protein (Stull y Patz, 2020). The implantation of insect farms is experiencing a strong increase, especially in Europe, the only region where there is a food safety regulation on edible insects (Murefu *et al.*, 2019). The use of insects has numerous advantages, highlighting their nutritional profile and sustainability for the environment (Stull and Patz, 2020; Hlongwane *et al.*, 2020). The present work aims to study the needs for the optimal development of *Tenebrio molitor*, the requirements for its livestock exploitation and analyze the economic feasibility of a farm dedicated to its production for animal feeding.

Keywords: *Tenebrio molitor*, insects, viability, farm, nutritional value.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
a. Análisis del sector y normativa aplicable	5
b. Antecedentes	11
I. ¿Por qué insectos?	11
II. Especies utilizadas para alimentación animal	14
III. Ciclos de producción	16
1. <i>Hermetia illucens</i>	16
2. <i>Tenebrio molitor</i>	19
3. <i>Acheta domesticus</i>	22
2. JUSTIFICACIÓN	24
a. Ventajas del <i>Tenebrio molitor</i>	24
3. OBJETIVOS	25
4. MATERIAL Y MÉTODOS	25
a. Dimensiones de la granja	25
I. Instalaciones	25
II. Insectos	31
b. Condiciones ambientales	32
c. Manejo reproductivo	32
d. Alimentación	33
e. Higiene y sanidad	33
f. Subproductos derivados de la cría	34
5. RESULTADOS	35
a. Producción de <i>Tenebrio molitor</i>	35
b. Estudio de viabilidad económica	37
6. DISCUSIÓN	42
7. CONCLUSIÓN	45
8. BIBLIOGRAFÍA	46

1. INTRODUCCIÓN

a. Análisis del sector y normativa aplicable

Para el año 2030 se estima que habrá que alimentar a más de 9.000 millones de personas, y a los miles de millones de animales que se crían todos los años con fines alimentarios, recreativos y como mascotas. Por ello, este crecimiento demográfico aumentará la demanda de alimentos a escala mundial, especialmente de las fuentes de proteína de origen animal y vegetal (Vantomme y Halloran, 2013).

Los factores externos como la contaminación del agua y del suelo debido a un mal uso de la ganadería intensiva, está contribuyendo al cambio climático, la degradación de los bosques y la reducción de la biodiversidad (Pérez, 2008). Como solución a estos problemas, se plantea la cría de insectos con la finalidad de cubrir la demanda extra de proteína para el ganado y, en un futuro no muy lejano, para la alimentación humana. Los insectos están presentes en todas las partes del mundo, poseen tasas de reproducción y crecimiento muy elevadas y suponen un reducido impacto ambiental durante su cría (Apolo-Arévalo y Iannacone, 2015).

La FAO ha estimado que más de 2.000 millones de personas en el mundo complementan sus dietas con insectos, principalmente en Asia, América Latina y África. La razón de su consumo es que son una fuente muy importante de proteínas, grasas y minerales (Vantomme y Halloran, 2013).

Según un estudio publicado por Meticulous Research, a nivel general, se espera que el mercado global de insectos comestibles crezca a una tasa compuesta anual del 26,5% de 2020 a 2027 para alcanzar los 4.630 millones de dólares en 2027 (Meticulous Research, 2020). A corto plazo, se espera que el mercado global de insectos pase de 406,5 millones de dólares en 2018 a 1.181,6 millones en 2023 (Figura 1) (De Sousa *et al.*, 2018).

Crecimiento mundial esperado sector insecticultura

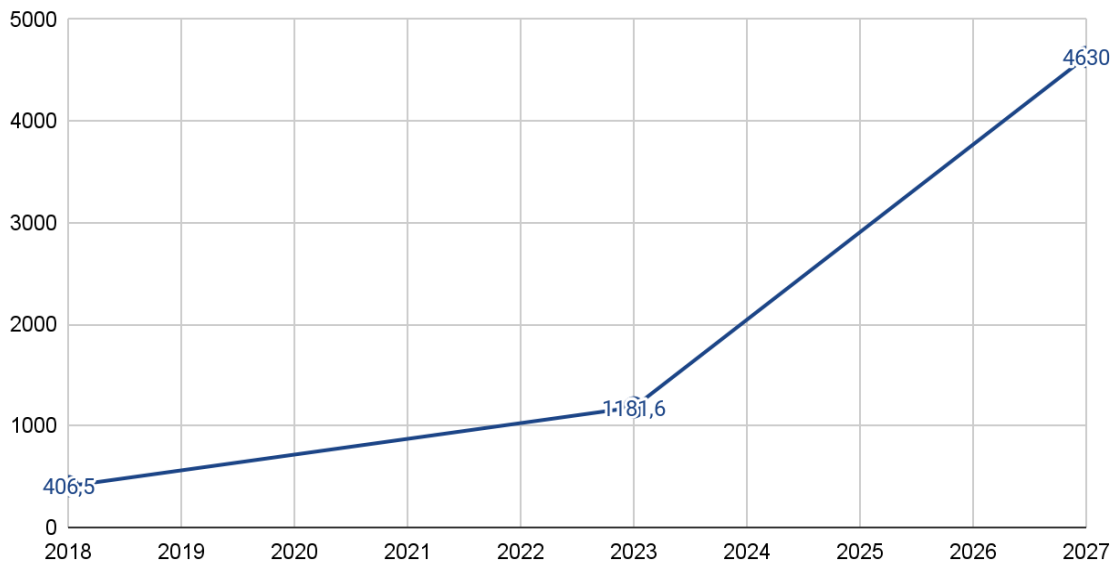


Figura 1. Crecimiento esperado del sector de la insecticultura en el mundo, en millones de dólares.

Nota. Basado en De Sousa *et al.*, 2018; Meticulous Research, 2020.

Como se puede ver en la Figura 2, el crecimiento del mercado mundial de insectos por continentes para el periodo 2018-2023, se incrementa notablemente a nivel general en todos los continentes, destacando sobre todo Asia-Pacífico y Europa.

Crecimiento del mercado mundial por continentes

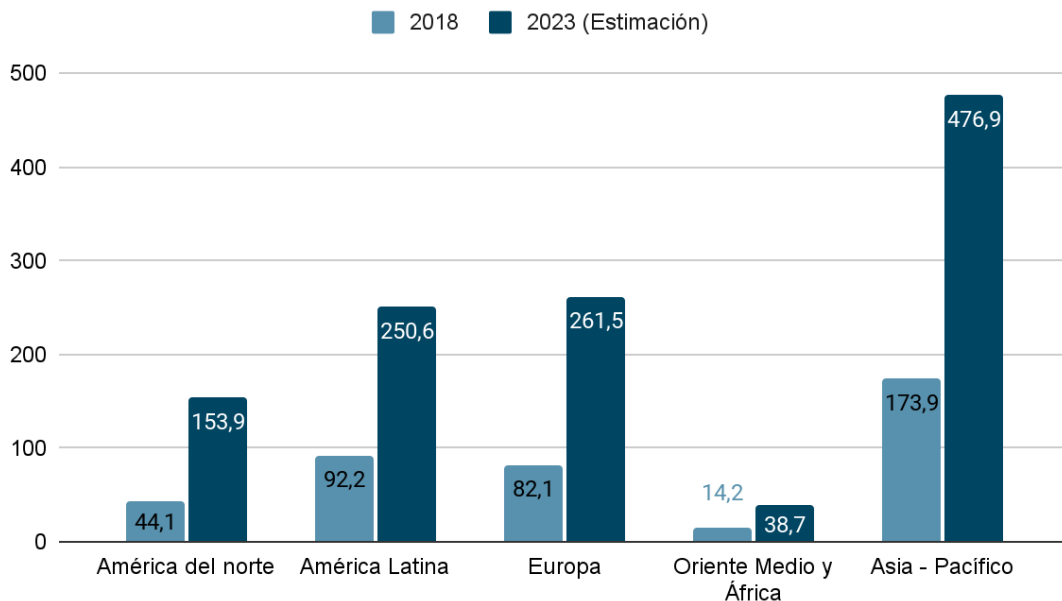


Figura 2. Crecimiento esperado del mercado mundial de insectos por continentes, en millones de dólares.

Nota. Basado en De Sousa *et al.*, 2018.

Rabobank prevé un potencial de mercado mundial de hasta 500.000 toneladas de proteínas de insecto como ingrediente de piensos para 2030. Para llegar a esas estimaciones, la empresa construyó un modelo que consta de 3 etapas: una fase de ampliación, donde se espera que los precios no sufran una fuerte caída, situándose entre 5.500-3.500 euros por tonelada; un periodo de uso más amplio, donde se espera que los precios caigan 1.000 euros por tonelada; y una fase de madurez, en la que también se espera que los precios bajen otros 1.000 euros por tonelada (De Jong y Nikolik, 2021).

En las siguientes Figuras (3, 4 y 5) se muestran las distintas fases por las que pasará el mercado de insectos (fase de ampliación, fase de de uso más amplio y fase de madurez) y que tipo de especie animal consumirá mayor proporción de insectos en las diferentes fases (De Jong y Nikolik, 2021).

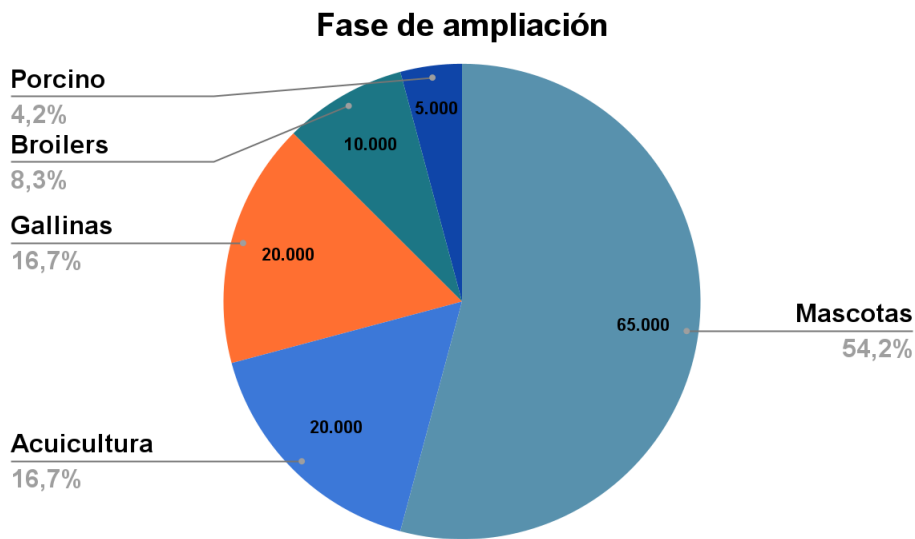


Figura 3. Producción y consumo de insectos en la fase de ampliación, medido en toneladas.

Nota. Basado en De Jong y Nikolik, 2021.

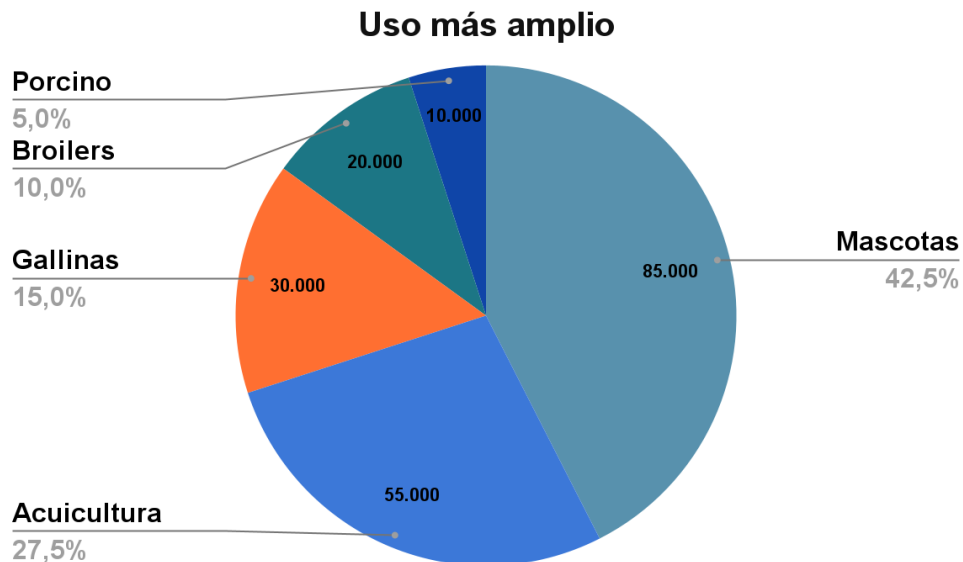


Figura 4. Producción y consumo de insectos en la fase de uso más amplio, medido en toneladas.

Nota. Basado en De Jong y Nikolik, 2021.

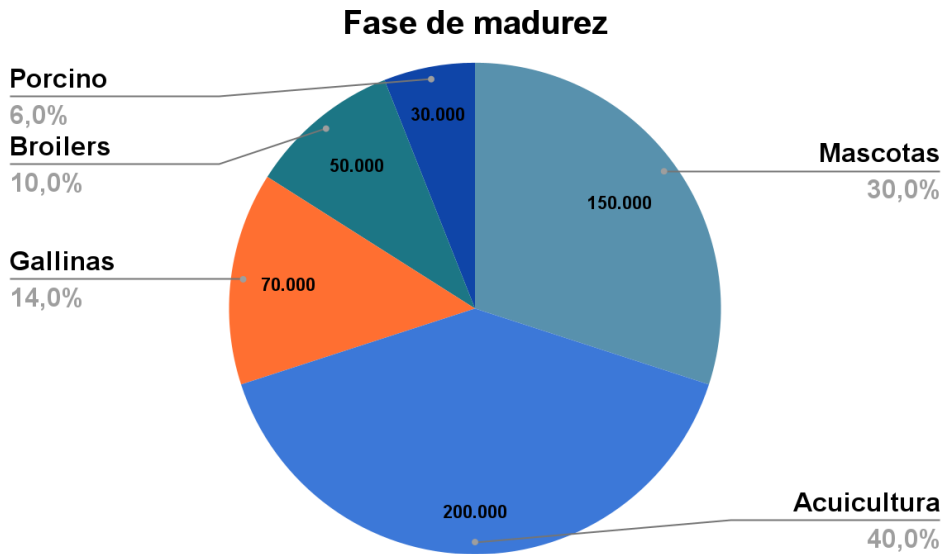


Figura 5. Producción y consumo de insectos en la fase de madurez, medido en toneladas.

Nota. Basado en De Jong y Nikolik, 2021.

En los Estados miembros de la Unión Europea (UE) está vigente desde el 1 de enero de 2018 el Reglamento UE 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos. Este Reglamento modifica el Reglamento UE 1169/2011 y deroga los Reglamentos CE 258/97 y 1852/2001 del Parlamento Europeo. Según esta legislación los insectos enteros y sus partes están incluidos en la definición de “nuevo alimento”.

El Reglamento 2017/893 de la Comisión, de 24 de mayo de 2017, modificó los anexos I y IV del Reglamento (CE) nº 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) nº 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere a las disposiciones sobre proteína animal transformada. Así queda prohibido alimentar a los insectos con proteínas de rumiantes, residuos de cocina, harina de carne y huesos o estiércol. Este Reglamento, modifica el Reglamento (CE) nº 999/2001 del Parlamento Europeo, y procede a autorizar el uso de proteína animal procedente de granjas de insectos para la alimentación en acuicultura. Además, indica las

especies de insectos que pueden ser utilizadas para la obtención de proteína animal transformada.

A continuación se muestra la Tabla 1 sobre el uso de insectos en la alimentación animal. En ella se puede observar los diferentes tipos de animales que se pueden alimentar con insectos y el tipo de material de insecto utilizado para alimentarlos (insectos vivos, proteína animal transformada (PAT), proteína hidrolizable e insectos muertos crudos).

Tabla 1. Esquema sobre el uso de insectos en la alimentación animal.

Tipo de animal a alimentar con insectos	Tipo de material de insecto utilizado para alimentarlos			
	Insectos vivos	PAT*	Proteína hidrolizada	Insectos muertos crudos
Rumiantes	X	X	✓	X
Animales de acuicultura	?	✓	✓	!
Animales de granja distintos a rumiantes y animales de acuicultura	?	X	✓	X
Animales de compañía	?	✓	✓	!
Animales de zoológico	?	✓	✓	!

Nota. *Proteína animal transformada. X= Prohibido su uso por Reglamento.

✓ = Autorizado su uso por Reglamento. ?= Se puede usar pero no está regulado en la legislación. != Solo si la autoridad competente lo autoriza. Basado en Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020, p.25.

b. Antecedentes

I. ¿Por qué insectos?

El uso de insectos para la alimentación animal tiene beneficios tanto directos como indirectos para el ser humano. Dentro de los directos, cabe destacar la oportunidad de negocio que supone montar una granja de insectos y el gran porcentaje de proteína que contienen respecto a otros alimentos como los guisantes o la torta de girasol. Por otro lado, en cuanto a los indirectos, los beneficios más importantes son los medioambientales, los cuales se describen a continuación:

- Índice de conversión alimenticia: es la cantidad de alimento, en kg, para ganar un kg de masa corporal. Como se puede ver en la Figura 6A, es necesario aportar unos 5 kg de comida para que un cerdo gane 1kg de peso y aportar 10 kg de comida para que una vaca gane 1kg de peso (Smil, 2002). Sin embargo, para obtener 1kg de insectos solo es necesario aportar 1,7 kg de comida. Esto nos indica que los insectos tienen un excelente índice de conversión, que se ve favorecido al ser organismos de sangre fría y no utilizar energía alimentaria para mantener la temperatura corporal (Van Huis *et al.*, 2013).
- Gases de efecto invernadero (GEI) emitidos: son los GEI liberados, en gramos (g), para que el animal adquiera 1kg de masa corporal. La producción de 1kg de insectos solo emite 7,58 g de gases, en comparación con la producción de 1kg de carne de vacuno, que son 2850 g de gases emitidos. Suponiendo una diferencia muy notable (Figura 6B) (Oonincx *et al.*, 2010).
- Agua requerida: es el consumo de agua, en litros (l), para producir un gramo de proteína. El agua es un elemento fundamental e imprescindible tanto para la ganadería como para la agricultura. Un

estudio estimó que para producir un gramo de proteína de pollo, cerdo o vacuno se requieren 34, 57 y 112 litros de agua, respectivamente. Mientras que para producir un gramo de proteína de insecto, la cantidad de agua necesaria es de 23 litros (Figura 6C) (Miglietta *et al.*, 2015).

- Terreno necesario: es la superficie requerida, en metros cuadrados (m^2), para producir 1 kg de proteína animal. Como se puede ver en la Figura 6D, el pollo, cerdo o vacuno necesitan 47, 55 y 201 m^2 , respectivamente (De Vries y De Boer, 2009). Mientras que para producir 1kg de proteína de insecto la cantidad de terreno necesaria es de tan solo 18 m^2 (Figura 6D) (Oonincx y De Boer, 2012).
- Uso de energía y porcentaje comestible del animal. Como se representa en las Figuras 6E y 6F, los insectos presentan un mayor consumo de energía (en megajulios) para producir un kg de proteína, (Oonincx y De Boer, 2012), aunque no muy superior a otras especies como el cerdo y el pollo (De Vries y De Boer, 2009); y un porcentaje comestible del animal más elevado (80%) (Van Huis *et al.*, 2013).

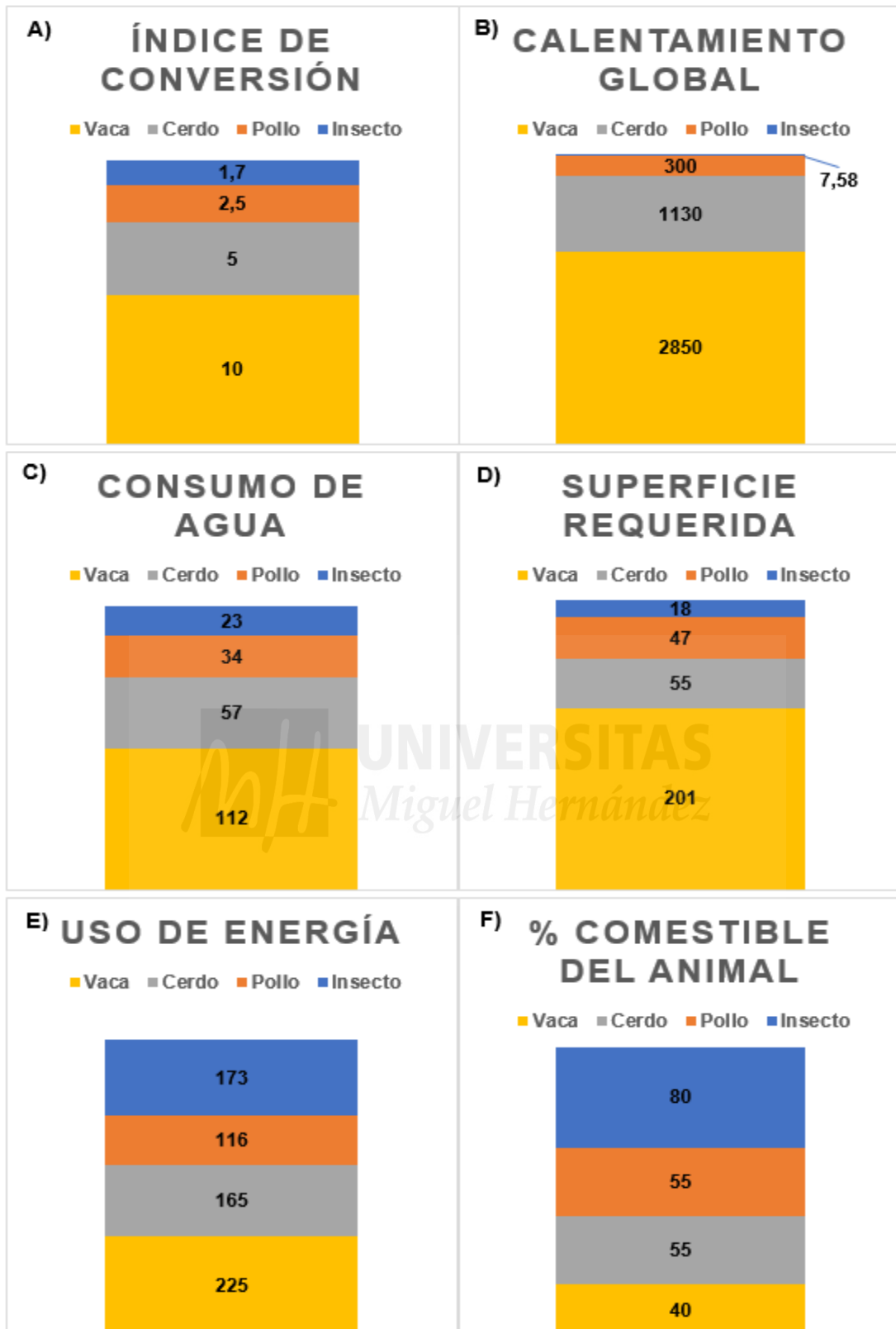


Figura 6. Comparativa del uso de recursos y el impacto ambiental entre una granja de insectos y otras granjas.

Nota. Basado en Smil, 2002; De Vries y De Boer, 2009; Oonincx *et al.*, 2010; Oonincx y De Boer, 2012; Van Huis *et al.*, 2013; Miglietta *et al.*, 2015.

II. Especies utilizadas para alimentación animal

En la actualidad, los únicos insectos que se pueden comercializar en nuestro país son aquellos autorizados para la alimentación animal.

Según el reglamento 2017/893 de la Comisión, de 24 de mayo de 2017, que modifica los anexos I y IV del Reglamento (CE) nº 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) nº 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere a las disposiciones sobre proteína animal transformada, los únicos insectos autorizados para la producción de proteína animal transformada son los siguientes:

- Mosca soldado negra (*Hermetia illucens*).
- Mosca común (*Musca domestica*).
- Gusano de la harina (*Tenebrio molitor*).
- Escarabajo de la cama (*Alphitobius diaperinus*).
- Grillo doméstico (*Acheta domesticus*).
- Grillo rayado (*Grylloides sigillatus*).
- Grillo bicolor (*Gryllus assimilis*).

De los insectos autorizados para la obtención de proteína animal transformada, la mosca soldado, el gusano de la harina y el grillo doméstico son los más empleados para su crianza en granjas. Poseen unos valores nutricionales muy destacados (Tabla 2) y, además, estas tres especies y particularmente la mosca soldado y el gusano de la harina, han experimentado un fuerte incremento de investigaciones publicadas en la base de datos internacional Web of Science, viéndose ese efecto a partir de 2015 (Van Huis, 2019).

En la Tabla 2, se muestra una recopilación exhaustiva de los diferentes valores nutricionales de los insectos autorizados por el Reglamento (UE) 2017/893.

Tabla 2. Valores nutricionales de las especies de insectos permitidas conforme el Reglamento (UE) 2017/893.

Espece de insecto (Basado en materia seca)	P R O T E Í N A (%)	G R A S A (%)	F I B R A (%)	C E N I Z A (%)	C A L C I O (%)	L I S I N A (% de P)	M E T I O N I N A (% de P)	E N E R G Í A (Kcal/100g)
<i>Hermetia illucens</i>	44,8	18,0	7,0	17,7	7,6	4,9	1,3	527,75
<i>Musca domestica</i> (Larva)	63,9	24,3		5,2	2,0	8,2	3,7	552,40
<i>Musca domestica</i> (Pupa)	63,1	15,5		5,3		5,2	2,6	
<i>Tenebrio molitor</i> (Adulto)	65,1	14,9	20,2	3,3	0,06	4,4	1,3	379,61
<i>Tenebrio molitor</i> (Larva)	49,1	35,2	14,9	2,4	0,05	6,5	2,0	593,63
<i>Tenebrio molitor</i> (Pupa)	53,1	36,7	5,1	3,2				550,00
<i>Alphitobius diaperinus</i>	58,0 - 65,0	13,4 - 29,0		3,6		6,3	1,1	
<i>Acheta domesticus</i> (Adulto)	66,6	22,1	22,1	3,6	0,2	5,4	1,5	455,19
<i>Acheta domesticus</i> (juvenil)	55,0	9,8	16,4	9,1	1,3			
<i>Acheta domesticus</i> (ninfa)	67,3	14,4	15,7	4,8	0,1	6,2	1,5	414,41
<i>Gryllodes sigillatus</i>	65,3	23,5	7,1	4,2	0,1			
<i>Gryllus assimilis</i>	65,5	21,8	8,4	4,1	0,04			

Nota. Basado en Arango *et al.*, 2004; Rumpold y Schlüter, 2013; Makkar *et al.*, 2014; Anankware *et al.*, 2018; Rumbos *et al.*, 2018; Kawasaki *et al.*, 2019; Ribeiroa *et al.*, 2019; Leni *et al.*, 2020.

III. Ciclos de producción

1. *Hermetia illucens*

Hermetia illucens es un insecto de la orden de los dípteros (Tabla 3), vulgarmente conocida como “mosca soldado negra”. Actualmente se encuentra distribuido por todas las regiones tropicales húmedas y subtropicales del planeta (James, 1935).

Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Hermetia illucens*.

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Arthropoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Diptera</i>
Familia	<i>Stratiomyidae</i>
Género	<i>Hermetia</i>
Especie	<i>Hermetia illucens</i>
Nombre común	Mosca soldado

Nota. Basado en Bernad González, 2019.

Su ciclo de vida presenta cuatro fases (Tabla 4): huevo, larva, pupa y adulto.

Tabla 4. Ciclo de vida y duración de cada fase de *Hermetia illucens*.

	Huevo	Larva	Pupa	Adulto	Total ciclo
Duración* (días)	2,6 ± 0,84	30,1 ± 4,77	23,1 ± 5,78	6,8 ± 0,79	63,8 ± 12,07

Nota. *Las temperaturas óptimas para el correcto desarrollo del ciclo biológico se sitúan en el rango de 24 a 34,5 °C y con una humedad relativa del aire del 65 al 80%. Basado en Singh *et al.*, 2021.

-Huevo

El huevo de la mosca soldado negra tiene una longitud de 1 a 1,4 mm y un diámetro de 0,4 a 0,6 mm. Tiene forma ovoide y es alargado y rectilíneo. Su coloración varía de blanco-lechoso horas después de la oviposición, hasta amarillento con el paso del tiempo y la maduración del embrión (Chirinos Aguirre, 2019).



Figura 7. Postura (masa de huevos) de *Hermetia illucens*.

Nota. Chirinos Aguirre, 2019.

-Larva

Según la edad, la larva presenta un color de blanquecino a más oscuro y está fuertemente esclerotizada. Tiene forma alargada con una longitud de 0,85 a 30 mm. Es de crecimiento rápido y se caracteriza por cinco estadios larvales, más una etapa de prepupa (Gobbi, 2012).



Figura 8. Larva de *Hermetia illucens*.

Nota. Chia *et al.*, 2018.

-Pupa

La pupa de *Hermetia illucens* posee un exoesqueleto oscuro, tiene un tamaño de 17 a 20 mm (Chirinos Aguirre, 2019) y se encuentran en áreas secas. Esta fase está caracterizada por la falta de movimiento activo (Gobbi, 2012).



Figura 9. Pupa de *Hermetia illucens*.

Nota. James Castner, University of Florida (Díclaro y Kaufman, 2009).

-Adulto

La mosca adulta presenta una apariencia robusta, es de color negro y puede medir de 13 a 20 mm de longitud. Tiene áreas claras en el primer segmento abdominal (TEXAS A&M Agrilife extension, s.f.).



Figura 10. Adulto de *Hermetia illucens*.

Nota. © Peter J. Bryant

2. *Tenebrio molitor*

El *Tenebrio molitor* es un insecto de la orden de los coleópteros (Tabla 5) y sufre varias metamorfosis desde su fase inicial de larva hasta convertirse en escarabajo. En su fase larvaria es conocido como “gusano de la harina” (Alonso *et al.*, 2018).

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Tenebrio molitor*.

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Arthropoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Coleoptera</i>
Familia	<i>Tenebrionidae</i>
Género	<i>Tenebrio</i>
Especie	<i>Tenebrio molitor</i>
Nombre común	Gusano de la harina, escarabajo molinero

Nota. Basado en Alonso *et al.*, 2018

Su ciclo de vida presenta 4 fases (Tabla 6): huevo, larva, pupa y escarabajo (Sarmiento Hernández, 2018; Alonso *et al.*, 2018).

Tabla 6. Ciclo de vida y duración de cada fase del *Tenebrio molitor*.

	Huevo	Larva	Pupa	Escarabajo	Total ciclo
Duración* (días)	7-10	60 - 90	7- 20	20**	94 - 140

Nota. *Los tiempos de cada fase pueden tener pequeñas diferencias, ya que no trabajamos con insectos modificados genéticamente. Si mantenemos rangos de temperatura de 28 a 30 °C y humedad del 50 al 60% los tiempos estimados de cada

fase son los presentados en la tabla. **Los escarabajos pueden vivir hasta 2 meses, pero son en los primeros 20 días cuando son más útiles para la reproducción, puesto que ponen huevos hasta un total de 5 veces. Basado en Sarmiento Hernández, 2018; Proteinsecta.

-Huevo

Los huevos están dispuestos en grupos, son de color blanco y con forma oval. Su longitud es de tan solo unos milímetros (Sarmiento Hernández, 2018).

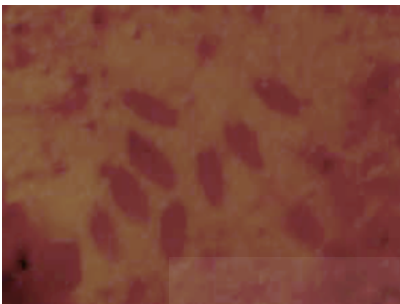


Figura 11. Huevo de *Tenebrio molitor*.

Nota. www.proteinsecta.es



-Larva

Las larvas nacen directamente de los huevos y tienen un color dorado. Tras la eclosión son muy activas, consumiendo alimento y desplazándose libremente (Sarmiento Hernández, 2018). Tienen un tamaño de 1 a 30 mm, dependiendo de en qué fase de larva se encuentre, y poseen pequeñas patas torácicas. (Arias, 2018).



Figura 12. Larva de *Tenebrio molitor*.

Nota. Canteri de Souza *et al.*, 2018

-Pupa

Las larvas sufren una metamorfosis y se convierten en pupas. Presenta un estado inmóvil, una forma curvada y un color blanco-amarillento (Sarmiento Hernández, 2018).



Figura 13. Pupa de *Tenebrio molitor*.

Nota. Canteri de Souza *et al.*, 2018

-Escarabajo



Los escarabajos son el resultado de la metamorfosis de la larva. Es de hábito nocturno y sexualmente maduro a los 10-12 días (Sarmiento Hernández, 2018). Presenta un color oscuro y brillante, con tonalidades que van del rojizo al negro. Pueden llegar a medir entre 12 y 17 mm de longitud y 4 mm de ancho (Arias, 2018).



Figura 14. Escarabajo de *Tenebrio molitor*.

Nota. Canteri de Souza *et al.*, 2018

3. *Acheta domesticus*

Acheta domesticus es un insecto conocido comúnmente como “grillo doméstico”, perteneciente a la orden *Orthoptera* (Tabla 7). Es originario del suroeste de Asia, pero actualmente se encuentra en todo el mundo (Walker, 1999).

Tabla 7. Clasificación taxonómica de *Acheta domesticus*.

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Arthropoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden	<i>Orthoptera</i>
Familia	<i>Gryllidae</i>
Género	<i>Acheta</i>
Especie	<i>Acheta domesticus</i>
Nombre común	Grillo doméstico

Nota. Basado en Bernad González, 2019.

Su ciclo de vida tiene 3 fases (Tabla 8): huevo, ninfa y adulto. No realiza metamorfosis para pasar de una fase a otra, sino que realiza varias mudas de exoesqueleto (cubierta que lo envuelve) que le permite ir creciendo (Viñeta Valdevira, 2017).

Tabla 8. Ciclo de vida y duración de cada fase de *Acheta domesticus*.

	Huevo	Ninfa	Adulto	Total ciclo
Duración* (días)	13	45	70	128

Nota. *Las temperaturas óptimas para el correcto desarrollo del ciclo biológico se sitúan en el rango de 28 a 30 °C y con una humedad relativa del aire del 50 al 90%. Basado en Viñeta Valdevira, 2017; McCluney y Rishabh, 2008.

-Huevo

Los huevos son de color blanco-amarillento, de forma alargada y bastante grandes, llegando a medir unos 2-3 mm de largo y de 0,4 a 0,6 mm de diámetro (Douan *et al.*, 2020).



Figura 15. Huevo de *Acheta domesticus*.

Nota. Viñeta Valdelvira, 2017.

-Ninfa

Las ninfas nacen directamente de los huevos y se suelen llamar microgrillos, porque tienen el mismo aspecto que los adultos. Miden apenas unos milímetros y no poseen alas todavía. Durante esta fase, su exoesqueleto cambia un total de 6 veces (Proteinsecta, 2020).



Figura 16. Ninfa de *Acheta domesticus*.

Nota. Viñeta Valdelvira, 2017.

-Adulto

El paso de ninfa a adulto se produce durante la muda 7, en la que aparecen las alas y los órganos sexuales. Alcanzan los 30 mm en su fase adulta y existe un marcado dimorfismo sexual, debido a que las hembras son mayores en tamaño que los machos. La hembra tiene un apéndice llamado oviscapto con el que es capaz de poner 200 huevos durante esta fase (Vaca Monteros, 2020; Proteinsecta, 2020).



Figura 17. Hembra adulta (abajo) y macho adulto (arriba) de *Acheta domesticus*.

Nota. Viñeta Valdelvira, 2017.



2. JUSTIFICACIÓN

a. Ventajas del *Tenebrio molitor*

El *Tenebrio molitor* es el primer insecto evaluado por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) como seguro para el consumo alimentario, tanto para dietas de animales como de humanos, ya sea en su forma completa o como aditivo en polvo para piensos (EFSA, 2021).

Según Vantomme y Halloran (2013), a través de su publicación en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el *Tenebrio molitor* es una de las especies que posee el máximo potencial inmediato para la producción de piensos a gran escala, junto con la mosca soldado negra.

Además, el *Tenebrio molitor* es un insecto que tiene un fácil manejo, lo cual permite una reducción de la mano de obra en comparación con otras especies de insectos como el grillo doméstico (Bernad González, 2019).

3. OBJETIVOS

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Describir una granja de producción de *Tenebrio molitor* para alimentación animal.
- Estimar la producción anual de una granja de *Tenebrio molitor* en Lorquí para su comercialización en alimentación animal.
- Estudiar la viabilidad de una granja de *Tenebrio molitor* en Lorquí para su comercialización en alimentación animal.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

a. Dimensiones de la granja

I. Instalaciones

La granja/nave está ubicada en el término municipal de Lorquí (Murcia), en el polígono industrial Base 2000 - San Martín. La nave tiene un tamaño de 260 m² en una sola planta y consta de espacios diferenciados en oficina, baño, cámara climatizada, lavadero y almacén de materiales de insectos y de residuos (Figura 18).

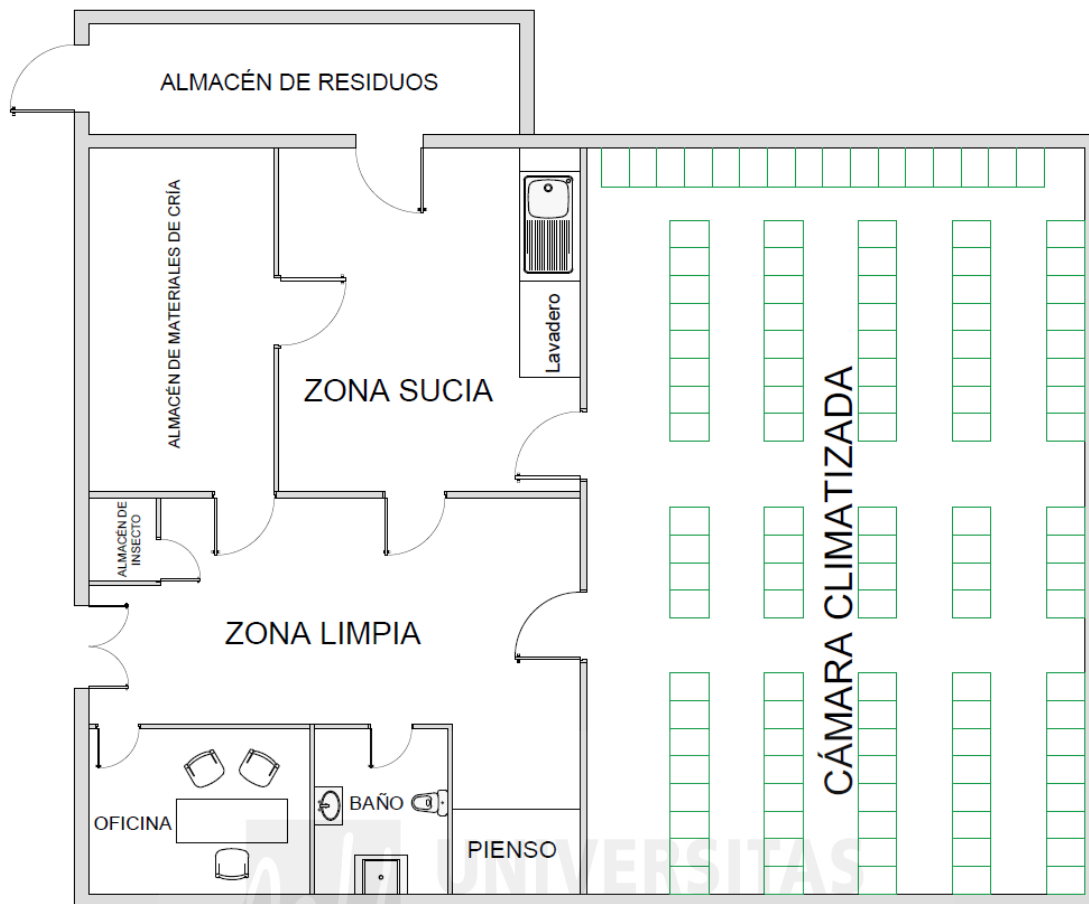


Figura 18. Vista en planta de la granja.

Nota. Elaboración propia, 2021.

Las instalaciones, materiales necesarios y elementos de conservación para la cría y reproducción del *Tenebrio molitor* se describen a continuación:

-Cámara climatizada

Es el lugar donde se va a ubicar el *Tenebrio molitor* durante todo su ciclo de vida. Para la conformación del recinto de la cámara, se empleará panel frigorífico de 80 mm de espesor. El acceso a ella se realizará a través de una puerta de alta estanqueidad, ubicada en la zona limpia. Además, esta cámara contará con dos espacios no delimitados dentro de ella, uno destinado a la reproducción de los escarabajos y otro para la cría y el engorde de las larvas.

Para la estimación de la potencia frigorífica requerida por la cámara se han de considerar los datos mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros de la cámara climatizada

CÁMARA CLIMATIZADA	
Dimensiones Interiores	13,50 x 9 x 2,5 m (ancho x fondo x alto)
Volumen	303,75 m ³
Espesor panel frigorífico	80 mm
Producto a introducir	<i>Tenebrio molitor</i>
Temperatura a mantener en el interior	28-30°C
Tiempo de funcionamiento estimado de los compresores	10 h/día
Potencia frigorífica necesaria*	10,40 kW

Nota. *Potencia frigorífica estimada según dimensiones, a partir de una empresa dedicada a la construcción de cámaras para insectos. Elaboración propia, 2021.

Con los datos de la tabla, se instalará una unidad condensadora con una potencia frigorífica igual o superior a 10,40 kW.

Un punto fundamental de la cámara es que debe de disponer de un sistema de renovación de aire y control de CO₂. Este recinto se encuentra herméticamente cerrado con animales vivos en su interior que respiran, lo que provoca una bajada progresiva del nivel de oxígeno y un aumento de la concentración de CO₂ en el interior. Por ello, se instalará un sistema automático de renovación de aire, que se activará cuando en el interior de la cámara se alcance un nivel elevado de CO₂.

Otro aspecto a destacar en el interior de la cámara es que se tiene que mantener una humedad del 50 al 60% para el buen desarrollo de los insectos. Por ello, se procederá a la instalación de un sistema de humidificación compuesto por boquillas nebulizadoras de baja presión, por si fuera necesario

realizar un aporte de humedad a la cámara en algún momento, ya que, después de realizar una renovación de aire puede desequilibrarse el sistema.

Para controlar y automatizar el proceso de generación de frío, calor, renovación de aire y humedad, se instalarán tres sondas, para controlar la temperatura, la humedad relativa y la concentración de CO₂ en el interior de la cámara.

-Materiales de cría

Los materiales utilizados para la cría y reproducción son básicos y suelen ser bandejas y cajas de plástico, estanterías de metal galvanizado y tamices para el cribado.

Las bandejas de plástico (Figura 19) están diseñadas para colocar en su interior las larvas y proceder a su engorde. Tienen unas dimensiones de 57x42x9 cm (largo x ancho x alto).



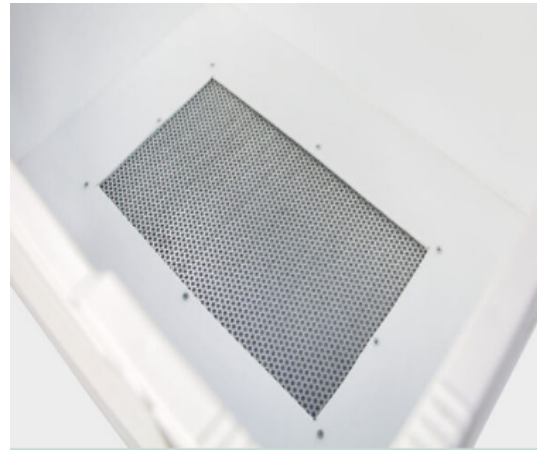
Figura 19. Bandeja de plástico para el engorde.

Nota. www.proteinsecta.es

Los escarabajos se colocan en una caja de plástico (Figura 20A) con una rejilla (Figura 20B) en su parte baja. Esto permite que las larvas procedentes de los huevos eclosionados puedan pasar a través de esa rejilla y se depositen en una posterior bandeja de plástico ubicada en la parte inferior. Las dimensiones de estas cajas son de 50x28x37,5 cm (largo x ancho x alto).



(A)



(B)

Figura 20. Caja de plástico para reproducción (A) y detalle de malla en la parte baja de la caja (B).

Nota. www.proteinsecta.es

Las estanterías metálicas (Figura 21 y 22) están diseñadas para albergar las bandejas y cajas de plástico, dependiendo si es para el engorde de las larvas o la reproducción de los escarabajos. En el caso de las estanterías metálicas destinadas al engorde de las larvas (Figura 21), cuyas dimensiones son de 1840x1935x400 mm (largo x alto x ancho), tienen capacidad para albergar 68 bandejas de engorde. Por otro lado, las estanterías destinadas a la reproducción de los escarabajos (Figura 22), tienen unas dimensiones de 1840x1800x400 mm (largo x alto x ancho) y capacidad para albergar 20 cajas de plástico.



Figura 21. Estantería metálica con bandejas de engorde.

Nota. www.proteinsecta.es



Figura 22. Estantería metálica con cajas de reproducción.

Nota. www.proteinsecta.es

Finalmente, otro material para la cría es el tamiz (criba) (Figura 23), ya que es un elemento necesario para proceder al cribado de los tenebrios y poder separar de esta forma los diferentes estadios larvarios de las heces y los restos de comida.

MH UNIVERSITAS
Miguel Hernández



Figura 23. Tamiz con mallas de diferente diámetro para el cribado.

Nota. www.proteinsecta.es

-Elementos para la conservación

Los principales elementos para la conservación son los siguientes:

- Abatidor: es un elemento que disminuye la posibilidad de multiplicación de bacterias en alimentos mediante la congelación rápida. En la granja

este elemento es esencial, ya que se utiliza para sacrificar a los insectos, evitando el sufrimiento.

- Congelador: cuyo objetivo es guardar y conservar los insectos procedentes del abatidor. Se pondrá especial atención en mantener los niveles de temperatura dentro de un rango adecuado, para evitar la pérdida de los valores nutritivos.

-Lavadero

Es un espacio acondicionado para lavar y desinfectar las bandejas, cajones y otros elementos de cría para su posterior uso en la granja. Estará formado por un lavabo con agua fría y caliente y un mueble para guardar diversos materiales.

II. Insectos

La cantidad de *Tenebrio molitor* vivo que utilizaremos para la puesta en marcha de la granja es de 40 kg y vendrán en la fase de larva, procedente de otra granja de insectos. Cabe destacar que se podría comenzar la granja con una cantidad de 60 kg para llegar a la máxima capacidad productiva en el primer ciclo, pero se ha optado por comprar una cantidad menor (40 kg) para poder familiarizarnos con el manejo y ver como se adapta a las condiciones del medio.

En la granja estarán presentes las 4 fases del *Tenebrio molitor*: huevo, larva, pupa y escarabajo. La fase que estará en mayor cantidad será la de larva, porque la finalidad de esta empresa es la de producir insecto vivo para la alimentación de reptiles, aves, peces, ratones o erizos. Por ello, el número de estanterías metálicas con bandejas de engorde será mayor que con cajas de reproducción.

b. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales ideales para el correcto desarrollo del *Tenebrio Molitor* son: una temperatura constante en el interior de la cámara de 28-30°C y una humedad del 50 al 60%. En cuanto al fotoperiodo, el *Tenebrio molitor* es una especie de hábito nocturno y se desarrolla mejor en los lugares oscuros. Por ello, dentro de la cámara climatizada se va a optar por un régimen de 12 horas de luz y 12 de oscuridad.

c. Manejo reproductivo

La producción del *Tenebrio molitor* se realiza en bandejas para proceder al engorde de las larvas y en cajas para la formación de nuevas colonias adultas. Hay que distinguir entre dos tipos de bandejas, las destinadas al engorde de las larvas, que son de polipropileno, y las destinadas a la reproducción de los escarabajos, que son de polietileno de alta densidad (HDPE). Además estas últimas disponen de una rejilla en la parte inferior para facilitar el paso de las larvas eclosionadas hacia las bandejas de engorde.

El manejo reproductivo llevado a cabo en las fases de adulto, larva y pupa se detallan a continuación:

-Adultos. Los escarabajos son sexualmente maduros a los 10-12 días de su transformación, y en los primeros 20 días son muy productivos, llegando a poner huevos hasta un total de 5 ocasiones. En cada puesta pueden poner unos 200 huevos, aunque cabe destacar que con el paso del tiempo las puestas son menos productivas (Sarmiento Hernández, 2018).

-Larva. Tras la eclosión de los huevos, las larvas de muy pequeño tamaño se colocarán en las bandejas para que crezcan y se conviertan en producto final para la venta. A los 60 - 90 días las larvas serán recolectadas y nos

quedaremos con 60 kg de ellas para la producción de escarabajos, y el resto se preparará para su posterior comercialización.

-Pupa. Las larvas que nos hemos quedado para reposición continuarán en las mismas bandejas hasta que se convierten en pupas. La fase de pupa dura de 7 a 20 días y su movimiento es prácticamente nulo. Transcurrido ese tiempo, son trasladadas a las cajas de reproducción.

d. Alimentación

Según indica el Reglamento 2017/893, está prohibido alimentar a los insectos con proteínas de rumiantes, residuos de cocina, harina de carne y huesos o estiércol.

La alimentación para el engorde y la cría del *Tenebrio molitor* consiste en un sustrato de salvado de trigo y la aportación de pequeñas cantidades de fruta y verdura, puesto que el sustrato no es suficiente para obtener unos valores nutricionales adecuados. El aporte de fruta y verdura cubrirá las necesidades de agua del insecto, y los alimentos empleados en su dieta serán manzanas, patatas y zanahorias.

En cuanto a la periodicidad de la alimentación, cada dos o tres días se le aportará frutas y verduras frescas, retirando los desechos viejos. Por otro lado, al inicio del engorde de las larvas o reproducción de los escarabajos se añadirá un espesor de salvado de trigo de unos 4 cm en cada bandeja, y se repondrá aproximadamente cada dos días.

e. Higiene y sanidad

Cada vez que se vacíe una bandeja o caja, se procederá a su limpieza y desinfección, con el fin de alojar a nuevas larvas y adultos para su posterior

engorde y reproducción. Debido a sus diferentes estadios larvarios, la sincronización de sus ciclos productivos en grandes producciones se hace muy complicado. Por tanto, es conveniente separar las larvas en función del tamaño (pequeño, mediano y grande); para ello se procederá a un cribado masivo de las diferentes bandejas, utilizando una cribadora automática.

Una vez separado el producto final en diferentes categorías, podrá ser comercializado como alimento vivo para diferentes especies de animales (reptiles, aves, peces y algunos mamíferos insectívoros como los erizos o ratones).

f. Subproductos derivados de la cría

La cría de insectos produce diversos subproductos que pueden ser de gran interés para la industria agraria, química o farmacéutica. Los subproductos más destacados son los siguientes:

- **Abonos orgánicos:** mudas de larvas, excrementos y restos de frutas, verduras y cereales no aprovechados. Este abono es conocido como guano. Las heces de este insecto son muy ricas en materia orgánica (80%) y alcanza valores de NPK (Nitrógeno, fósforo y potasio) de 4-4-3. El nitrógeno actúa como factor de crecimiento y desarrollo, el fósforo como factor de precocidad y el potasio como factor de calidad. Además, la presencia de cereales en la alimentación de las larvas, genera de 1-3% de carbono, que ayuda a regenerar la vida del suelo al que se aporte. Este abono también contiene quitina, que en su utilización en agricultura, presenta numerosos beneficios como: promotor del crecimiento y desarrollo vegetal, fitofortificante frente a estreses abióticos, biopesticida antifúngico, antibacteriano y nematicida, inductor de resistencia y favorecedor de relaciones simbióticas (Arias, 2018).
- **Quitina:** los restos de exoesqueletos de los insectos en su edad adulta presentan quitina. Actualmente este subproducto se puede destinar a

actividades muy diversas, desde industrias farmacéuticas, hasta aplicaciones en cosmética (Polo Galindo, 2016).

5. RESULTADOS

a. Producción de *Tenebrio molitor*

La sala en la que el *Tenebrio molitor* estará situado tiene unas dimensiones de 13,5 x 9 m (ancho x fondo) y la capacidad de albergar 60 estructuras metálicas, ya que cada una de ellas ocupa alrededor de 0,8 m². De esas 60 estructuras hábiles, 52 serán destinadas al engorde de las larvas y 8 a la reproducción de los escarabajos.

Como se ha mencionado anteriormente, la granja contará inicialmente con 40 kg de larvas. Como cada larva pesa de media 0,1 gramos, se obtendrán un total de 400.000 larvas, que serán destinadas para la obtención de adultos. Estas larvas se convertirán en pupas y, finalmente, pasarán a la fase de escarabajo. El total de larvas que llegarán a la fase de adultos será de 382.000, ya que se tiene en cuenta que la mortalidad es de aproximadamente el 4,5% (Damborsky *et al.*, 1999) en la fase de pupa. Del total de escarabajos, el 50% serán hembras. Además, hay que descontar la mortalidad en fase adulta (5%), resultando 181.450 hembras.

Cada hembra es capaz de poner huevos hasta en un total de 5 veces, poniendo en cada puesta hasta 200 huevos. Por tanto, considerando que ponen una una media de 600 huevos, de los cuales el 50% eclosionarán (Damborsky *et al.*, 1999), se obtendrá una población de larvas de 54.435.000. A esta población se le restará un 30% de tasa de mortalidad, quedando 38.104.500 larvas maduras como producto final. Cada larva pesa de media 0,1 gramos, de manera que se obtendrá un total de 3.810 kg de larvas de *Tenebrio molitor* en el primer ciclo. Sin embargo, de la producción obtenida en este ciclo, me quedo con 60 kg de larvas para continuar con la producción en los

siguientes ciclos. Con lo cual nos queda en este ciclo un total de 3.750 kg de producto final (Tabla 10).

En ciclos posteriores se utilizarán 60 kg de larvas para continuar con la producción y alcanzar la máxima capacidad productiva. Como se sabe que su peso medio es de 0,1 gramos, se obtienen 600.000 larvas, destinadas para la reproducción. Pasarán por el estado de pupa, con la reducción de la población por la mortalidad que se produce en esta fase, para después convertirse en escarabajos adultos. Las larvas que se convertirán en adultos serán 573.000. El 50% serán hembras, es decir, 286.500 a las que habrá que restarle un 5% de mortalidad de la fase adulta, quedando 272.175 hembras. Como cada hembra es capaz de poner 600 huevos de media con un 50% de eclosión de los huevos (Damborsky *et al.*, 1999), se obtendrá una población de 81.652.500 larvas, a las que habrá que restarle un 30% de tasa de mortalidad que se produce durante la fase de su engorde, es decir, nos quedarían 57.156.750 larvas maduras. Como cada una pesa de media 0,1 gramos, se obtendrá en el segundo ciclo de producción 5.655 kg de producto final (Tabla 10), al cual se le han descontado 60 kg que guardaremos para la producción en el ciclo siguiente.

En años posteriores se espera que la producción en los ciclos no varíe mucho y se sitúe en 5.655 kg (Tabla 10). La producción total en el primer año es inferior (15.060 kg) a la obtenida en futuros años (16.955 kg). Esto es debido a que en el primer ciclo del año 1 se comienza con menos kg de larvas.

Tabla 10. Producción obtenida estimada por ciclos a lo largo del año.

Año	1 ^{er} ciclo (kg)	2 ^o ciclo (kg)	3 ^{er} ciclo (kg)	Total año (kg)
1	3.750	5.655	5.655	15.060
2-10	5.655	5.655	5.655	16.965

Nota. Elaboración propia, 2021.

b. Estudio de viabilidad económica

-Inversión inicial

La inversión inicial se detalla en la Tabla 11. Como se puede observar se ha optado por la adquisición de una nave industrial y no por su alquiler, ya que este proyecto pretende tener en el futuro un gran desarrollo. Además, se puede ver que lo que supone una mayor inversión, tras la nave, son los materiales de cría y la cámara climatizada, ya que hay que invertir en componentes de calidad.

Por otro lado, la inversión en colonias iniciales va a suponer un gasto total de 640 €, ya que se comienza la granja con 40 kg de larvas (Tabla 12).

Tabla 11. Detalle inversión inicial.

Concepto	Año 1 (€)
Nave industrial*	60.000
Cámara climatizada con iluminación**	30.436
Materiales de cría***	38.888,20
Equipos informáticos****	1.100
Inversión en incendios activa y pasiva	3.500
Licencias y puesta en marcha	1.200
Honorarios ingeniería	10.000
Inmovilizado material	145.124,20

Nota. *Estimado según precios de naves similares en el polígono industrial Base 2000 - San Martín, Lorquí (Murcia). **Presupuesto proporcionado por una empresa dedicada a montajes de refrigeración y climatización. ***Presupuesto proporcionado por una empresa referente a nivel nacional en la construcción de granjas de insectos. ****Presupuesto compuesto por ordenador, impresora y material de oficina. Elaboración propia, 2021.

Tabla 12. Inversión en colonias.

Materia prima	Cantidad	Precio/unidad	Total
Colonias iniciales (kg)	40	16 €	640 €
Existencias iniciales			640 €

Nota. Elaboración propia, 2021.

-Costes anuales de explotación

En la Tabla 13 se describe detalladamente los costes anuales de la explotación de *Tenebrio molitor*. El coste del personal es el más elevado, ya que se cuenta con dos socios trabajadores a tiempo completo.

Tabla 13. Costes anuales de explotación.

Costes	Unidad	Coste/unidad €	Total año (€)
Personal (2 socios trabajadores)	12 meses	3.000	36.000
Pienso (IC 2,5)*	42,4 Tm	240	10.179
Frutas y verduras**	600 kg	0,50	300
Energía (2€/m ²)***	12 meses	240	2.880
Materiales, portes****	16.965	0,30	5.090
Agua(36€/mes)*****	12	36	432
Costes indirectos (5% personal)			1.800
Asesoría	12	145,50	1.746
Seguro	1	1.000	1.000
Total costes explotación			59.427 €

Nota. *Suponiendo un índice de conversión de 2,5 y un precio por tonelada de 240 €.

Estimando un consumo de 50 kilos de frutas y verduras al mes. *Se estima que el

gasto en electricidad ronda los 2€/m² según una empresa referente a nivel nacional. ****Su precio se calcula sobre un promedio de los kilos de insectos producidos al año. Ronda los 30 céntimos por kilo producido. *****Según precios orientativos de la zona en la que está ubicada la nave. Elaboración propia, 2021.

-Ingresos anuales de explotación

Los ingresos del año 1 serán inferiores que los de años posteriores (Tabla 14 y 15). Esto es debido a que en el primer año se obtiene una menor producción.

Año 1

Tabla 14. Ingresos anuales en el año 1.

Ingresos	Unidad	Precio/unidad (€)	Total año (€)
<i>Tenebrio molitor</i> (kg)	15.060	5,90*	88.854
Pérdidas de producción**	88.854	12%	-10.662
Abono <i>tenebrio</i> (kg)***	37.650	0,30	11.295
Ingresos			89.487 €

Nota. *Precio promedio de venta masiva del *Tenebrio molitor* según información proporcionada por empresa reconocida a nivel nacional. **Por diversas razones como un mal manejo, enfermedades... ***Según estimaciones, producir un kilo de *Tenebrio molitor* supone la producción de 2,5 kilos de abono orgánico. Elaboración propia, 2021.

Año 2-10

Tabla 15. Ingresos anuales año 2-10.

Ingresos	Unidad	Precio/unidad (€)	Total año (€)
<i>Tenebrio molitor</i> (kg)	16.965	5,90	100.094
Pérdidas de producción	100.094	12%	-12.011
Abono <i>tenebrio</i> (kg)	42.413	0,30	12.274
Ingresos			100.806 €

Nota. Elaboración propia, 2021.

-Beneficio bruto y neto

En el primer año no se obtienen beneficios, porque durante este año es cuando se realiza la inversión. A partir del segundo año ya se empieza a obtener beneficios a una tasa constante (Tabla 16).

Las fórmulas empleadas para el cálculo son las siguientes:

Beneficio bruto = Ingresos - costes

Beneficio neto = Beneficio bruto - Impuestos (25% beneficio bruto)

Tabla 16. Beneficio bruto y neto en cada año.

Año	Beneficio bruto (€)	Beneficio neto (€)
1	-115.704 €	-115.704 €
2	41.380 €	31.035 €
3	41.380 €	31.035 €
4	41.380 €	31.035 €
5	41.380 €	31.035 €
6	41.380 €	31.035 €
7	41.380 €	31.035 €
8	41.380 €	31.035 €
9	41.380 €	31.035 €
10	41.380 €	31.035 €

Nota. Elaboración propia, 2021.

-Flujos de caja

Los flujos de caja son la diferencia entre las entradas y salidas de efectivo en un periodo dado de una empresa (Tabla 17).

La forma de proceder a su cálculo se detalla a continuación:

Flujo de efectivo = cobros - pagos

$$\text{Flujo de efectivo a valor presente}^* = \frac{F.e.}{(1+k)^n}$$

Donde:

F.e. = flujo efectivo

k = tasa de descuento = 4%

Flujo de efectivo acumulado** = flujo de efectivo a valor presente n + flujo efectivo acumulado n-1.

*Actualización de los flujos de efectivo al año 0.

**Dinero acumulado en cada año.

Tabla 17. Flujos de caja en cada año.

Año	Flujo de efectivo	Flujo de efectivo a valor presente	Flujo de efectivo acumulado
0	-145.764 € (inversión)		
1	30.060 €	28.904 €	28.904 €
2	41.380 €	38.258 €	67.162 €
3	41.380 €	36.786 €	103.948 €
4	41.380 €	35.371 €	139.319 €
5	41.380 €	34.011 €	173.330 €
6	41.380 €	32.703 €	206.033 €
7	41.380 €	31.445 €	237.478 €
8	41.380 €	30.236 €	267.714 €
9	41.380 €	29.073 €	296.786 €
10	41.380 €	27.955 €	324.741 €

Nota. Elaboración propia, 2021.

-Periodo de retorno de la inversión (PRI)

El periodo de retorno de la inversión mide en cuanto tiempo se recuperará el total de la inversión. En este estudio el PRI es igual a 4,2 años (Tabla 18).

$$\text{PRI} = a + \frac{b - c}{d}$$

Donde:

a= año inmediato anterior en que se recupera la inversión

b= inversión inicial

c= flujo de efectivo acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión

d= flujo de efectivo a valor presente del año en el que se recupera la inversión.

Tabla 18. Resultado del periodo de retorno de la inversión.

PRI	4,2 Años
-----	----------

Nota. Elaboración propia, 2021.



6. DISCUSIÓN

El *Tenebrio molitor* es una especie utilizada para la obtención de proteína para la alimentación animal. Como se puede ver en la Tabla 19, el *Tenebrio molitor* en forma de larva es el que contiene mayor porcentaje de grasa, respecto a las fuentes de proteína animal y vegetal más usadas en la actualidad (harina de soja, guisantes, torta de girasol, harina de carne, pescado y aves). En relación con el porcentaje de proteína, se puede observar variaciones en su nivel. Las fuentes de origen vegetal presentan menores cantidades de proteína, a excepción de la soja, que las fuentes de origen animal (incluyendo el *Tenebrio*). Hay que tener en cuenta que la harina de carne, pescado y aves no se pueden utilizar en la alimentación de algunas especies de animales, porque está prohibido su uso (Rumpold y Schlüter, 2013; FEDNA).

Tabla 19. Composición porcentual del *Tenebrio molitor* comparada con la de fuentes proteicas habituales en alimentación animal.

Alimento	PROTEÍNA (%)	GRASA (%)	FIBRA (%)	CENIZA (%)	CALCIO (%)	LISINA (% de P)	METIONINA (% de P)	ENERGÍA (Kcal/100g)
<i>Tenebrio molitor</i> (Larva)	49,1	35,2	14,9	2,4	0,05	6,5	2,0	593,6
Harina de soja	44-51	1,7-1,9	3,5-5,9	6,2-6,7	0,23	6,9	1,5-1,6	185-300
Guisantes	20,6-21,5	1,0-1,4	6,0	2,8	0,08	7,7-7,8	1,6-1,9	242-282
Torta de Girasol	34,8	9,1	20,2	7,0	0,3	3,6	2,3	198-281
Harina de carne	52,3	14,1	1,0	25,2	7,4	5,0	1,3	238-275
Harina de pescado	59,0	9,0	1,0	21,5	5,3	7,1	2,5	278-290
Harina de aves	64,8	13,0	1,2	15,8	5,0	5,4	1,7	275-330

Nota. Basado en Rumpold y Schlüter, 2013; FEDNA.

También en la Tabla 19 se puede contemplar que el *Tenebrio molitor* y la torta de girasol contienen un mayor porcentaje de fibra respecto al resto de alimentos. Además, la energía que posee cien gramos de *Tenebrio molitor* es aproximadamente el doble (593,63 Kcal) de lo que proporcionan cien gramos del resto de alimentos citados. Sin embargo, en referencia a la ceniza, el *Tenebrio molitor* en forma de larva y los guisantes, presentan un porcentaje de residuo inorgánico después de quemar la materia orgánica bastante inferior que el resto de alimentos. Asimismo este insecto presenta una cantidad de calcio bastante inferior que el resto de fuentes de proteína de origen animal. Finalmente, el porcentaje de aminoácidos esenciales, tales como la lisina y la metionina, de todos los alimentos (*Tenebrio*, harina de soja, guisantes, torta de girasol, harina de carne, pescado y aves) poseen valores muy parecidos (Rumpold y Schlüter, 2013; FEDNA).

Un subproducto destacado de la cría de *Tenebrio molitor* es el guano. Según Arias (2018), este tipo de guano presenta valores de NPK de 4-4-3, con mayor riqueza que el estiércol de vacuno (0,6-0,4-1), el de porcino (0,7-0,3-1,6) o la gallinaza (1,4-1,6-1,9). Esto nos indica que la cantidad de guano de *Tenebrio* a aportar por hectárea será inferior que si utilizamos otro tipo de abono orgánico. Además, este tipo de guano es seco e inoloro por lo que se facilita su comercialización y aplicación en campo.

La producción de *Tenebrio molitor* obtenida en este estudio es de aproximadamente 17.000 kg distribuida en 3 ciclos a lo largo del año, lo que supone una producción de insecto vivo de 140 kg/m². Apoyando el presente estudio, Rodilla (2020) muestra una producción de insecto vivo de 117 kg/m². Aunque ambos estudios no tienen la misma finalidad productiva, ya que este último se destina a la producción de insectos para la obtención de harina, si podemos darnos cuenta que la producción de insecto vivo de *Tenebrio molitor* por superficie es similar en los dos trabajos.

En cuanto al análisis de su viabilidad, el presente estudio ha estimado que se recupera la inversión inicial en 4 años y 2 meses (Tabla 17). Sin embargo, otros estudios, como el publicado por Viñeta Valdevira (2017), estimó que el periodo de retorno de una granja de *Acheta domesticus* para producción de harina era de 6 años y 1 mes. Se puede apreciar una diferencia notable entre los dos estudios, ya que su proyecto se dedica a la obtención de harina de *Acheta domesticus* y, por lo tanto, requiere de una mayor inversión en materiales para poder convertir los insectos en harina. Por el contrario, este proyecto se dedica a la obtención de alimento vivo sin pasar por un procesamiento posterior. Por ello, es lógico pensar que la recuperación de la inversión inicial sea ligeramente diferente.

7. CONCLUSIÓN

- *Tenebrio molitor* es un insecto fácil de manejar y con requerimientos de instalaciones y de control ambiental fáciles de cubrir en la Región de Murcia.
- Este insecto completa tres ciclos de producción al año, lo que supone obtener un rendimiento uniforme en el tiempo con una elevada producción por superficie. Sería interesante desarrollar futuras investigaciones para poder corroborar mejor estos resultados obtenidos, ya que en la actualidad el número de estudios de producción y rentabilidad son limitados.
- La puesta en marcha de una granja de *Tenebrio molitor* proporciona ingresos el primer año del comienzo de la actividad y permite recuperar la inversión total a los 4 años y 2 meses. Se considera por ello, una empresa viable a corto plazo.
- La producción de insectos para alimentación animal presenta ventajas nutricionales y medioambientales debiendo estudiarse en mayor profundidad su uso en racionamiento animal. La legislación europea al respecto continúa desarrollándose, abriéndose la oportunidad empresarial tanto para la producción de insectos en sí misma como para la comercialización de sus subproductos.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, G., Ruiz-Urquijo, J.C., Vanegas, V., & Lopez, D. (2018). Diseño de un sistema de costos para la producción de *Tenebrio molitor* (gusano de harina) en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico. En *Costos de producción pecuaria: Estudios de caso en el trópico alto colombiano* (pp. 91-110). Colombia: Entrelibros E-book Solutions.

Anankware, P.J., Ayizanga, R.A., Opoku, O., & Obeng-Ofori, D. (2018). Potential of the black soldier fly (*Hermetia illuscens*) as a replacement for fish/soybean meal in the diet of broilers. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 7 (8), 272 - 280. https://www.researchgate.net/publication/327744353_Potential_of_the_black_soldier_fly_Hermetia_illuscens_as_a_replacement_for_fishsoybean_meal_in_the_diet_of_broilers.

Apolo-Arévalo, L., & Iannacone, J. (2016). Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, 17, 155-167. <https://doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389>.

Arango Gutiérrez, G.P., Vergara Ruiz, R.A., & Mejía Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illuscens* L (diptera:stratiomyiidae) en angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2499.

http://www.scielo.unal.edu.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472004000200009&lng=pt&nrm=

Arias, J.P. (2018). Nuevos abonos a partir de excrementos de insecto: el caso del gusano de la harina (*Tenebrio molitor*). *Ingeniería y Región*, 19, 1-10. <https://doi.org/10.25054/22161325.1840>.

Bernad González, V. (2019). Proyecto de una granja de insectos en el T.M. de Villamayor de Gállego (Zaragoza) (Trabajo final de grado). Universidad de Zaragoza. Recuperado de: <https://zaguan.unizar.es/record/86848/files/TAZ-TFG-2019-4875.pdf?version=1>.

Canteri de Souza, P., Custódio Caloni, C., Wilson, D., & Sergio Almeida, R. (2018). An Invertebrate Host to Study Fungal Infections, Mycotoxins and Antifungal Drugs: *Tenebrio molitor*. *Journal of fungi (Basel, Switzerland)*, 4(4), 125. <https://doi.org/10.3390/jof4040125>.

Chia, S.Y., Tanga, C.M., Khamis, F.M., Mohamed, S.A., Salifu, M., Sevgan, S., Fiaboe, K.K.M., Niassy, S., Lonn, J.J.A., Dicke, M., & Ekesi, D. (2018). Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *Plos One*, 13(11), e0206097. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206097>.

Chirinos Aguirre, Y.A. (2019). Estudio del ciclo biológico de *Hermetia illucens* (*Diptera: stratiomyidae*) bajo las condiciones de laboratorio en la Irrigación Majes, Caylloma Arequipa (Trabajo fin de grado). Universidad Católica de Santa María. Recuperado de: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/9471/68.0877.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Damborsky, M.P., Sandrigo-Ybran, T., Bar, M.E., & Oscherov, E. (1999). Ciclo de vida de *Tenebrio molitor* (Coleoptera, Tenebrionidae) en condiciones experimentales. *UNNE*. https://www.researchgate.net/publication/267942372_Ciclo_de_Vida_de_Tenebrio_molitor_Coleoptera_Tenebrionidae_en_Condiciones_Experimentales.

De Jong, B., & Nikolik, G. (2021). No longer crawling: insect protein to come of age in the 2020s [página web]. Rabobank. Recuperado de: https://research.rabobank.com/far/en/documents/113766_Rabobank_No-Longer-Crawling-Insect-Protein-to-Come-of-Age-in-the-2020s_de-Jong_Nikolik_Feb2021.pdf [2-6-2021].

De Sousa, A., Warren, H., & Rekoma, R. (2018). Bugs are coming soon to your dinner table [página web]. Bloomberg. Recuperado de: <https://www.bloomberg.com/graphics/2018-insects-as-food/> [4-6-2021].

De Vries, M., & De Boer, I.J.M. (2009). Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, 128 (1-3), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>.

Diclaro, J.W., & Kaufman, P.E. (2009). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (*insecta: diptera: stratiomyidae*). <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN830>.

Douan, B. G., Doumbia, M., Kwadjo, K. E., & Kra, K. D. (2020). Morphological description of the house cricket (*Acheta domesticus* Linnaeus, 1758; *Orthoptera: Gryllidae*) egg in captivity. *International Journal of Tropical Insect Science*, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1007/s42690-020-00338-x>.

EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H.J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S., Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Ververis, E., & Knutsen, H.K. (2021). Scientific Opinion on the safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1), e06343. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>.

FEDNA (2019). Tablas de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos, 4a ed. De Blas C., Mateos G.G., García-Rebollar P. y Gorrachategui M. (eds.), Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España.

Gobbi, F.P. (2012). Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758) (*Diptera: Stratiomyidae*). Bases para su producción masiva en Europa (Tesis doctoral). Universidad de Alicante. Recuperado de: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28345>.

Hlongwane, Z. T., Slotow, R., & Munyai, T. C. (2020). Nutritional Composition of Edible Insects Consumed in Africa: A Systematic Review [Review]. *Nutrients*, 12(9), 28, Article 2786. <https://doi.org/10.3390/nu12092786>.

James, M. T. (1935). The genus *Hermetia* in the United States (*Diptera: Stratiomyidae*). *Bulletin of the Brooklyn Entomological Society*, 30 (4), 165-170. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/50578470#page/183/mode/1up>.

Kawasaki, K., Hashimoto, Y., Hori, A., Kawasaki, T., Hirayasu, H., Iwase, S., Hashizume, A., Ido, A., Miura, C., Miura, T., Nakamura, S., Seyama, T., Matsumoto, Y., Kasai, K., & Fujitani, Y. (2019). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae and pre-pupae raised on household organic waste, as potential ingredients for poultry feed. *Animals*, 9(3), 98. <https://doi.org/10.3390/ani9030098>.

Leni, G., Soetemans, L., Jacobs, J., Depraetere, S., Gianotten, N., Bastiaens, L., Caligiani, A., & Sforza, S. (2020). Protein hydrolysates from *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* larvae treated with commercial proteases. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6 (4), 393-404. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0037>.

Makkar, H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>.

McCluney, K.E. & Rishabh C.D. (2008). The effects of hydration on growth of the house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Science*, 8(1), 32. <https://doi.org/10.1673/031.008.3201>.

Meticulous Research. (17 de diciembre de 2020). *Edible insects market to reach \$4.63 billion by 2027*. <https://www.meticulousresearch.com/pressrelease/184/edible-insects-market-2027>.

Miglietta, P.P., De Leo, F., Ruberti, M., & Massari, S. (2015). Mealworms for food: a water footprint perspective. *Water*, 7(11), 6190–6203. <http://dx.doi.org/10.3390/w7116190>.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2020). Documento de preguntas y respuestas sobre la normativa relativa al uso de insectos en la alimentación animal. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/alimentacion-animal/2020-docnc-aa4_2020preguntasypuestasusodeinsectosenalimentacionanimal_tcm30-559201.pdf.

Murefu, T. R., Macheke, L., Musundire, R., & Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review [Review]. *Food Control*, 101, 209-224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003>.

Oonincx, D.G.A.B., Van Itterbeeck, J., Heetkamp, M.J.W., Van Den Brand, H., Van Loon, J.J.A., & Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5(12), e14445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>.

Oonincx, D.G.A.B., De Boer, I.J.M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – a life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>.

Pérez Espejo, R. (2008). El lado oscuro de la ganadería. *Problemas del desarrollo*, 39(154), 217-227. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0301-70362008000300011&script=sci_arttext.

Polo Galindo, I.M. (2016). Sostenibilidad: obtención de quitina a partir de sustancias de desecho (Trabajo final de grado). Universidad de Sevilla. Recuperado de: [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/50471/Polo%20Galindo%2c%20%20%20Ignacio%20Mar%2c%20%20%20ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/50471/Polo%20Galindo%2c%20%20Ignacio%20Mar%2c%20%20%20ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Proteinsecta. 13 de febrero de 2020. Ciclo de la vida de los grillos o cuánto vive un grillo. <https://proteinsecta.es/ciclo-de-vida-de-los-grillos/>

Proteinsecta. (2021). Granjas de insectos. <https://proteinsecta.es/granja-de-insectos/>.

Reglamento (EU) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) nº 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1852/2001 de la Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea 11 de diciembre de 2015. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX%3A32015R2283>

Reglamento (UE) 2017/893 de la Comisión, de 24 de mayo de 2017, que modifica los anexos I y IV del Reglamento (CE) nº 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo y los anexos X, XIV y XV del Reglamento (UE) nº 142/2011 de la Comisión por lo que se refiere a las disposiciones sobre proteína animal transformada. Diario Oficial de la Unión Europea nº138, de 25 de mayo de 2017. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2017-81011>.

Ribeiroa, J. C., Lima, R.C, Maia, M.R., Almeida, A.A., Fonseca, A.J.M., Cabrita, A.R.J., & Cunha, L.M. (2019). Impact of defatting freeze-dried edible crickets (*Acheta domesticus* and *Gryllodes sigillatus*) on the nutritive value, overall liking and sensory profile of cereal bars. *Food Science and Technology*, 113, 108335. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108335>.

Rodilla Puentes, R. (2020). Granja de insectos Organia. (Trabajo final de grado). Universidad de Valladolid. Recuperado de: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/43766/TFG-J-225.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Roig Cléries, P. (2019). Puesta en marcha de una granja experimental para la cría de insectos destinados a alimentación (Trabajo final de grado). Universidad de Zaragoza. Recuperado de: <https://zaguan.unizar.es/record/86877/files/TAZ-TFG-2019-4453.pdf?version=1>.

Rumbos, C.I., Karapanagiotidis, I.T., Mente, E., & Athanassiou, C.G. (2018). The lesser mealworm *Alphitobius diaperinus*: a noxious pest or promising nutrient source. *Reviews in Aquaculture*, 11, 1418-1437. <https://doi.org/10.1111/raq.12300>.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(5), 802-823. <https://doi.org/10.1111/raq.12300>.

Sarmiento Hernández, A.P. (2018). Establecimiento e implementación de un protocolo de cría de gusano de harina *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), como apoyo al programa de conservación de la rana venenosa dorada *Phyllobates terribilis* (Anura: Dendrobatidae) en el Bioparque Wakatá, Parque Jaime Duque (Tesis doctoral). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/17749/35425648.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Singh, A., Srikanth, B.H., & Kumari, K. (2021). Determining the Black Soldier fly larvae performance for plant-based food waste reduction and the effect on Biomass yield. *Waste Management*, 130, 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.028>.

Smil, V. (2002). Eating meat: evolution, patterns, and consequences. *Population and Development Review*, 28 (4), 599-639. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2002.00599.x>.

Soares Araújo, R.R., dos Santos Benfica, T.A.R., Ferraz, V.P., & Moreira Santos, E. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.

Soldier Fly – Field guide to common Texas insects. (s.f). *Texas A&G agrilife extension*. Recuperado de: <https://texasinsects.tamu.edu/soldier-fly/> [19-6-21].

Stull, V., & Patz, J. (2020). Research and policy priorities for edible insects [Article]. *Sustainability Science*, 15(2), 633-645. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00709-5>.

Vaca Monteros, J.G. (2020). Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (*Acheta domestica Linnaeus*) para la obtención de harina en la Granja experimental la Pradera-Chaltura (Trabajo final de grado). Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Recuperado de:

<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10548/2/03%20AGP%20272%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects - Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>.

Van Huis, A. (2019). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6, 1-18. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017>.

Vantomme, P., & Halloran, A. (2013). The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. https://www.researchgate.net/publication/264623953_The_contribution_of_insects_to_food_security_livelihoods_and_the_environment.

Viñeta Valdelvira, J. (2017). Diseño y acondicionamiento de una nave para la producción de insectos como piensos alimentarios (Trabajo final de grado). Universitat Jaume I. Valencia. Recuperado de: http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/174558/Vi%c3%b1eta_Valdelvira_TFG_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Walker, T.J. (1999). House cricket, *Acheta domesticus* (Linnaeus) (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). University of Florida IFAS extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIN%5CIN22000.pdf>.