



# *Producción de insectos para consumo humano*

*Descripción de procesos y perfil de riesgo*

- INFORME FINAL -



**GRUPO AD HOC “Polvo de insectos”**

Red de Seguridad Alimentaria

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

**Diciembre de 2021**

## ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD.....	3
2. CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	3
3. RESUMEN EJECUTIVO .....	6
4. INTRODUCCIÓN .....	7
5. PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GRILLOS PARA CONSUMO HUMANO .....	10
5.1. Etapas de la producción primaria de grillos.....	13
5.2. Almacenamiento, embalaje, etiquetado y transporte en plantas de producción primaria .....	20
5.3. Manejo de los descartes, abono.....	22
5.4. Automatización industrial y optimización del proceso .....	24
5.5. Plagas y enfermedades reportadas en la cría de ortópteros .....	25
5.6. Salud del personal y medidas preventivas .....	26
5.7. Contaminantes químicos y biológicos en producción primaria de insectos.....	27
6. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE INSECTOS PARA CONSUMO HUMANO .....	35
6.1. Material de entrada del procesamiento industrial de grillo .....	36
6.2. Acondicionamiento de las materias primas .....	36
6.3. Producción de ingredientes congelados .....	41
6.4. Producción de grillo entero deshidratado.....	42
6.5. Producción de polvo de grillo .....	45
6.6. Contaminantes químicos y biológicos en producción industrial de insectos .....	46
6.7. Usos propuestos de <i>A. domesticus</i> como nuevo alimento ( <i>novel food</i> , NF) .....	55
7. CONCLUSIONES .....	60
8. AGRADECIMIENTOS .....	62
9. REFERENCIAS.....	62
10. ANEXOS .....	78

## INFORME FINAL

### “Producción de insectos para consumo humano”

#### 1. DESCRIPCIÓN DE LA SOLICITUD

El presente documento surge a partir de una asistencia científica solicitada a la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) por parte de la Dirección Nacional de Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (DNICA) del SENASA. A raíz de esta solicitud, se realizó la búsqueda de expertos para conformar el grupo de investigadores *ad hoc* (GIAH) el cual realizó una búsqueda bibliográfica y redactó una guía con el objetivo de orientar sobre prácticas comunes y seguras para la producción de ingredientes alimentarios que utilizan insectos como materia prima.

Cabe destacar que tanto las etapas como los procedimientos descritos en el presente documento deben ser tomados como sugerencias o recomendaciones basadas en antecedentes científicos, las cuales tienen por objetivo de presentar un posible proceso productivo para la utilización, en principio, de grillos de la especie *Gryllus assimilis* destinados al consumo humano.

#### 2. CONFORMACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO

A continuación, se presenta el listado de integrantes del grupo *ad hoc* (orden alfabético):

##### Coordinadores temáticos:

**Dra. Victoria Brusa.** Investigadora Adjunta CONICET. Instituto de Genética Veterinaria “Ing. Fernando Noel Dulout” (IGEVET), La Plata. Especialista en evaluación de riesgos en cadenas agroalimentarias.

**Dr. Juan M. Oteiza.** Investigador Adjunto CONICET. Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), Centenario, Neuquén. Especialista en calidad e inocuidad alimentaria.

##### Coordinadores Grupo de Investigadores *ad hoc*, GIAH:

**Dr. Carlos Gabriel Arp.** Investigador Asistente CONICET. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), La Plata. Especialista en ciencia y tecnología de alimentos farináceos saludables.

**Mg. Désirée Lenz.** Investigadora en el Departamento de Desarrollo de Ingredientes perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

##### Integrantes Grupo *ad hoc*, GIAH:

**Lic. Vanina Ambrosi.** Investigadora del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA), INTA Hurlingham, Buenos Aires.

**Lic. Daniel Capporaletti.** Director de Grillos Capos.

**Dra. Valeria Fernández-Arhex.** Investigadora Adjunta CONICET. Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (IFAB) (INTA-CONICET), San Carlos de Bariloche, Río Negro. Especialista en biología y ecología de herbívoros plaga.

**Dra. Gabriela Gallardo.** Investigadora en el Departamento de Desarrollo de Ingredientes perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

**Dra. Ing. Agr. María Inés Lillo.** Docente Investigadora de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. Área de trabajo: Zoología Agrícola e insectos de importancia Bromatológica.

**Dr. Agustín Luna.** Docente - Investigador Adjunto en el Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIByT, UNC-CONICET) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA, FCEfyN-UNC). Especialista en aves de cría intensiva, nutrición animal, insectos como alternativa nutricional (larva de mosca soldado negro).

**Dra. Adriana Pazos.** Investigadora del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA) INTA Hurlingham, Buenos Aires. Especialista en calidad nutricional de alimentos.

**Mg. Natalia Pesquero.** Investigadora del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA) INTA Hurlingham, Buenos Aires. Especialista en bromatología y tecnología de industrialización de alimentos.

**Dr. Gustavo Polenta.** Investigador del Instituto Tecnología de Alimentos (ITA) INTA Hurlingham, Buenos Aires. Coordinador de la plataforma alérgenos en alimentos de INTA.

**STAFF**

**Red de Seguridad Alimentaria**

**Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas**

**Dirección:** Carlos van Gelderen

**Coordinación General:** Javier Pardo

**Coordinador asistente:** María Durrieu

**Consejo Directivo:**

4 Unidades Ejecutoras:

-CIVETAN (Centro de Investigación Veterinaria de Tandil) – Fac. Cs. Veterinarias UNCPBA.

Titular: Paula Lucchesi

Suplente: María Emilia Latorre

-INPA (Inst. de Investigaciones en Producción Animal) – Fac. Cs. Veterinarias UBA.

Titular: Alejandra Volpedo

Suplente: Esteban Avigliano

-IPATEC (Inst. Andino Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales) - Univ Nac del Comahue.

Titular: Diego Libkind

Suplente: Martín Ducos

-ICYTESAS (Inst. de Ciencia y Tecnología de Sistemas Alimentarios Sustentables) – INTA

Titular: Sergio Vaudagna

Suplente: Marina Mozgovej

2 Instituciones pertenecientes al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación:

-INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria)

Titular: Dante Bueno

Suplente: Leonor Pilatti

-INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial)

Titular: Javier Martín Echazarreta

Suplente: Carolina Giannavola

2 Investigadores de la Carrera de Investigadores Científicos y Tecnológicos (CICT) del CONICET que no tengan asignado como lugar de trabajo una Unidad Ejecutora del CONICET:

Titular: Juan Martín Oteiza

Suplente: -

### **3. RESUMEN EJECUTIVO**

En el año 2012 se creó el Programa Internacional de Insectos para Alimentación (IPIFF) y en el año 2013, la Organización para la Agricultura y Gadería de las Naciones Unidas (FAO) publicó una revisión acerca de la producción y el consumo de insectos comestibles, su contribución a la seguridad alimentaria y a la protección del medio ambiente. A partir de esta revisión, numerosos autores estudiaron las diferentes propiedades biológicas de los insectos que hacen que su producción pueda ser sustentable. Los insectos se encuentran adaptados a consumir poca cantidad de agua y pueden llegar a emitir, según la especie, escasos o nulos gases de efecto invernadero. Además, al no consumir energía para regular su temperatura, pueden canalizar prácticamente todo el alimento consumido en su crecimiento, lo que se demuestra en sus altas tasas de conversión de alimento en masa corporal. A su vez, pueden procesar una amplia diversidad de sustratos, lo que los hace aptos para reconvertir residuos o subproductos de bajo valor industrial. Se ha demostrado que diversas especies de insectos contienen un alto porcentaje de proteína (50 – 60%), aminoácidos esenciales, vitaminas y micronutrientes típicos de los alimentos de origen animal. Sus heces secas pueden ser utilizadas como abono sin compostaje previo. En la actualidad a nivel mundial existen 83 empresas de cría de insectos, las cuales reportan inversiones acumuladas de 1.000 millones de euros. El mercado internacional de insectos comestibles se estima en unos 400 millones de dólares y se espera que para el 2030 esta cifra llegue a 3.000 millones. En Argentina existen más de 40 instalaciones de cría piloto de diferentes especies de insectos, asociadas generalmente a universidades e institutos de investigación. A nivel nacional, solo cuatro empresas comercializan insectos con fines de investigación, polinización, biocontrol y alimentación animal de insectívoros. Si bien en Argentina no existe una legislación que ampare la habilitación de estos establecimientos, recientemente SENASA habilitó en el Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA) la categoría de explotaciones “producción de insectos para consumo”. A raíz de la falta de legislación, el SENASA le solicitó a la Red de Seguridad Alimentaria (RSA-CONICET) la elaboración de un informe con el objetivo de evaluar el perfil de riesgo de insectos comestibles como los grillos, congelados, deshidratados y en polvo, que sirva de insumo para el desarrollo de productos seguros y adecuados para el consumo humano y la alimentación animal. Este documento se basa principalmente en los procesos involucrados en la Producción Primaria y en la Producción Industrial de grillos para consumo humano. Se tratan aspectos relacionados a las buenas prácticas de higiene en producción primaria e industrial de grillos destinados a consumo humano, prácticas que también resultan aplicables para alimentación animal (avicultura, porcicultura, piscicultura, acuicultura y animales domésticos, entre otros). Incluye también la descripción de los requisitos medioambientales y de salud animal, estructura organizativa de la empresa y sus empleados. En líneas generales se abordan las distintas etapas de la producción, los cuidados a contemplar durante la cría y la faena, así como la salud del personal y medidas preventivas a tener en cuenta. Por otro lado, a nivel industrial se

describen las condiciones de manejo de las materias primas, el almacenamiento de las mismas, y la obtención de tres posibles productos (congelado, deshidratado, polvo), con las medidas higiénico sanitarias adecuadas. Este documento fue elaborado a partir de una amplia base bibliográfica nacional e internacional que documenta la utilidad y conveniencia de generar insectos como producto destinado a la alimentación humana. Se espera que este trabajo de revisión sea de utilidad para los organismos gubernamentales de control, a los fines de legislar esta actividad emergente en la Argentina.

#### 4. INTRODUCCIÓN

En 2013, la Organización para la Agricultura y Ganadería de las Naciones Unidas (FAO) publicó su reconocida revisión denominada “*Insectos comestibles. Perspectivas de futuro para la alimentación y la seguridad alimentaria*” relevando y promocionando la producción y el consumo de insectos comestibles por su potencial contribución a la seguridad alimentaria y la protección del medio ambiente. Numerosos trabajos han sido publicados desde ese entonces. Actualmente el tema se encuentra en una etapa exponencial de generación de conocimiento técnico y biológico referido al manejo de cultivos de insectos.

Las bases de esta nueva industria, consolidada en un consumo ancestral, están relacionadas con diversas propiedades biológicas que hacen sustentable su producción. Los insectos se encuentran adaptados a consumir muy poca agua y, según la especie, emiten escasos o nulos gases de efecto invernadero. Por otra parte, al ser poiquiloterms (no gastan energía en regulación de temperatura), canalizan prácticamente todo el alimento consumido en su crecimiento, lo que se demuestra en sus altas tasas de conversión de alimento en masa corporal. Por otra parte, pueden procesar una amplia variedad de sustratos, lo que los hace aptos para reconvertir residuos o subproductos de bajo valor industrial. Resulta importante destacar que los insectos contienen un porcentaje cercano al 50-60% de proteína, aminoácidos esenciales, vitaminas y micronutrientes típicos de los alimentos de origen animal. Finalmente, sus excretas secas y eficientemente biodegradadas, son aptas para su uso directo como abono sin compostaje previo (FAO, 2013).

En el año 2012 se creó el Programa Internacional de Insectos para Alimentación (IPIFF, por sus siglas en inglés), hoy conformado por 83 empresas del rubro (el cual reporta inversiones acumuladas de 1.000 millones de euros)<sup>1</sup>. Actualmente, el mercado internacional de insectos comestibles se estima en unos 400 millones de dólares y se espera que para el 2030 esta cifra llegue a 3.000 millones. Muchas de estas empresas son capaces de generar toneladas de insectos diarios, tal como el caso de la recientemente inaugurada planta holandesa (de 14.000 m<sup>2</sup>) de la empresa Protix<sup>2</sup>, la cual canaliza toda su producción en alimentación animal (Reuters, 2019).

---

<sup>1</sup> <https://ipiff.org/>

<sup>2</sup> <https://protix.eu/>

El insecto entero, o sus extractos proteicos, son mayormente utilizados a nivel mundial para suplementar la dieta de peces (salmón, trucha y, en Argentina, propuesto para pacú), pollos, porcinos y mascotas. Recientemente, el IPIFF emitió un documento sobre Buenas Prácticas de Higiene (BPH) para la producción de insectos, el cual sentó las bases para la redacción de este documento (IPIFF, 2019).

Otro antecedente en producción que resulta importante mencionar es el caso las ento-granjas de la península de indochina, principalmente Tailandia, donde se relevaron cerca de 20.000 establecimientos (Hanboonsong y col., 2013). Con una producción anual de 7.500 toneladas, se han convertido en el principal exportador de harina de grillo. En muchos casos, las mismas son granjas familiares las cuales aprovechan la temperatura favorable del ambiente para la cría sin consumo de energía en calefacción. Por otra parte, existen empresas acopiadoras que procesan el grillo para exportarlo en forma de harina o pastas proteicas secas listas para el consumo (Reverberi, 2020). El Ministerio de Agricultura de Tailandia publicó oficialmente las primeras BPH específicas para cría de grillo. Este documento contiene las indicaciones que los agricultores deben seguir para criar grillos de manera segura, optimizada y estandarizada (Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand, 2017).

La cría de insectos a gran escala tiene su antecedente en el control de plagas. Por ejemplo, la técnica del insecto estéril requiere la liberación de una enorme cantidad de individuos, como en el caso del manejo de la mosca de la fruta (FAO, 2012). Los insectos comestibles, por su parte, han sido cultivados principalmente para el consumo vivo para mascotas tales como reptiles y anfibios. Durante el año 2012, en los Estados Unidos se relevaron un total de 32 PyMES, y una incontable cantidad de pequeños emprendimientos los cuales permitían alimentar a un mercado de 6 millones de mascotas insectívoras (Weissman y col., 2012). Esto sentó las bases para el desarrollo técnico y de instalaciones, los cuales rápidamente se reconvirtieron para satisfacer la nueva tendencia de consumo humano y animal.

En el caso de Argentina, se cuenta con experiencia en el manejo de plagas utilizando la técnica del insecto estéril, y se están realizando crías de insectos para su uso como controladores biológicos de plagas (ISCAMEN, Mendoza). Actualmente, en el país existen más de 40 instalaciones de cría piloto de diferentes especies de insectos, asociadas generalmente a universidades e institutos de investigación. Por otro lado, funcionan al menos 4 empresas proveedoras de insectos con fines de investigación, polinización, biocontrol y alimentación animal de insectívoros: AgIdea<sup>3</sup>, BioCerta<sup>4</sup>, Brometán S.R.L.<sup>5</sup> y Grillos Capos<sup>6</sup>. Aunque no existe actualmente una legislación nacional que ampare la habilitación de estos establecimientos (Polack y col., 2020), recientemente SENASA

---

<sup>3</sup> [www.agidea.com.ar/es/index.php](http://www.agidea.com.ar/es/index.php)

<sup>4</sup> [www.biocerta.com.ar](http://www.biocerta.com.ar)

<sup>5</sup> [www.brometan.com.ar](http://www.brometan.com.ar)

<sup>6</sup> [www.grilloscapos.com.ar](http://www.grilloscapos.com.ar)



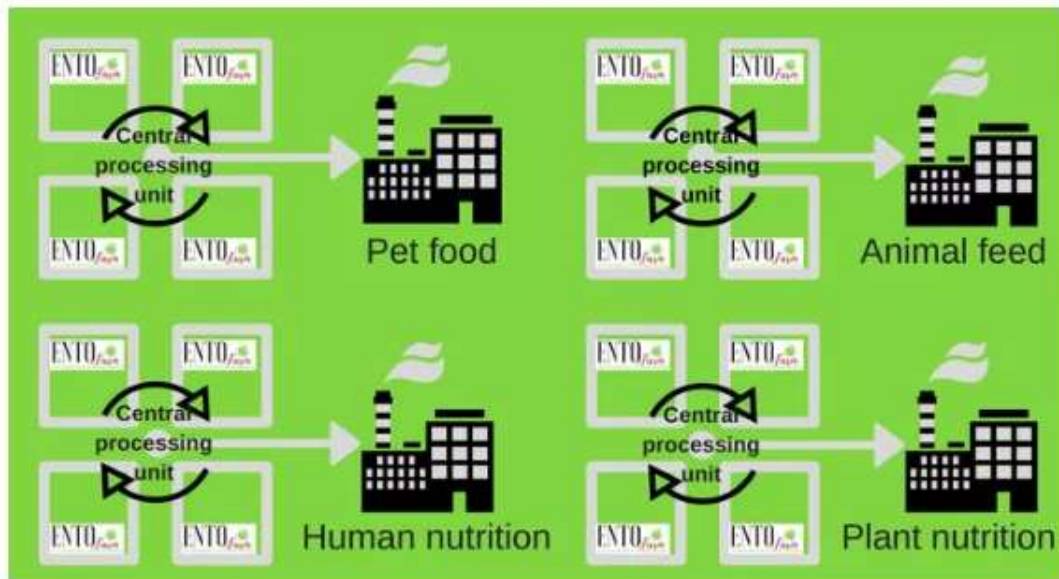
habilitó en el Registro Nacional Sanitario de Productores Agropecuarios (RENSPA) la categoría de explotaciones “producción de insectos para consumo”, sentando las bases para que los establecimientos dedicados a esta actividad puedan inscribir sus producciones<sup>7</sup>. Previo a esto, la solución más habitual era la habilitación de los establecimientos como “bioterio de cría de animales de experimentación” los cuales se suelen ubicar como anexos a laboratorios, hospitales, zoológicos, universidades o museos. Sin embargo, esta situación resulta impracticable cuando se evalúa su aplicación en instalaciones de producción masiva mayores a 500 m<sup>2</sup>.

A la fecha, a nivel mundial se han realizado numerosos perfiles de riesgo que incluyen la producción de insectos para consumo humano o animal. Entre ellos se destacan dos trabajos realizados por la Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria de la Alimentación y el Medio Ambiente de Francia (ANSES, 2015) y por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2015). Recientemente la EFSA ha realizado perfiles de riesgo específicos de especies particulares de insectos utilizados para producción en sus formas congeladas o deshidratadas. De esta manera se dispone de estudios realizados en ortópteros: grillo *Acheta domesticus* (EFSA, 2021), grillo *Grylloides sigillatus* (Vandeweyer y col., 2018), langosta *Locusta migratoria* (EFSA, 2021a) y coleópteros: escarabajo *Tenebrio molitor* (EFSA, 2021b) del cual se utiliza su larva. Estas publicaciones sientan las bases del presente documento, orientado a la especie *Gryllus assimilis* (también del orden orthoptera). Sin embargo, es esperable que los protocolos propuestos en presente informe no difieran sustancialmente con los de las otras tres especies de grillos criados para consumo animal y humano: *A. domesticus*, *Gryllus bimaculatus*, y *G. sigillatus*. Por otra parte, las langostas *Schistocerca gregaria* y *L. migratoria*, ortópteros cuya dieta puede estar basada enteramente en pasturas, requerirían otro tipo de instalaciones que incluyan mayor seguridad (sistema de mallas tipo mosquiteros) dada su capacidad voladora. Para el caso de insectos holometábolos como los coleópteros *T. molitor* y *Zophobas morio*, en donde se cosechan sus larvas, el proceso se simplifica ya que se pueden utilizar bandejas sin mosquiteros y cintas de transporte que a la vez sirvan de tamiz, semi-automatizando la cosecha. La mosca soldado negra, *Hermetia illucens*, es probablemente el insecto más criado en la actualidad si evaluamos la biomasa producida, siendo capaz de crecer en casi cualquier sustrato. De este díptero se aprovecha principalmente su larva, la cual posee una elevada proporción proteica (Huis, 2013). De esta forma, el 99% de las larvas son cosechadas, mientras que el 1% restante se emplea para generar la siguiente camada, en un proceso que toma aproximadamente 1 mes y medio. Para este caso, así como el de las langostas, se disponen de dispositivos especiales para los adultos una vez que desarrollan capacidad voladora.

A grandes rasgos, se pueden mencionar cuatro tipos de productos y producciones entomológicas según el destino que se le dé a los mismos (Melgar-Lalanne, y col., 2019; Kauppinen, 2019; Ojha y col., 2021), los cuales se mencionan a continuación (Figura 1):

---

<sup>7</sup> <https://aps2.senasa.gov.ar/Renspa/faces/pages/altaRenspa.jsp>



**Figura 1.** Formas diferentes de canalizar el producto de una ento-granja (Fuente: Ento.Farm).

- 1) Alimento vivo para mascotas, zoológicos y laboratorios.
- 2) Insecto entero seco para abastecer directamente a plantas de producción animal (piscicultura, acuicultura, avicultura, porcicultura).
- 3) Insecto congelado empleado en gastronomía.
- 4) Harina o polvo de insecto destinado a la industria alimentaria humana o animal (para síntesis de alimentos balanceados para animales pecuarios o mascotas tradicionales).

En el presente informe nos centraremos en los tres últimos tipos de procesos.

Cabe mencionar que varios de los autores del presente informe han redactado un informe previo denominado “Polvo de grillo. Información de relevancia”, el cual ha sido presentado oportunamente a la Comisión Nacional de Alimentos (CONAL, 2019). Del mencionado informe participaron representantes de instituciones tales como ITA-INTA, IMyZA-INTA, INTI, UADE; funcionarios especialistas del MAGyP, INAL-ANMAT, SENASA; y el sector industrial representado por la empresa Grillos Capos.

## 5. PRODUCCIÓN PRIMARIA DE GRILLOS PARA CONSUMO HUMANO

El principal objetivo de la producción de insectos es desarrollar productos seguros y adecuados para el consumo humano y la alimentación animal (van Huis y col., 2013; 2015). En la Figura 2 se muestra un diagrama de flujo general correspondiente a los procesos involucrados en la Producción Primaria y en la Producción Industrial de grillos para consumo humano, los cuales se tratarán en detalle a lo largo de este documento.

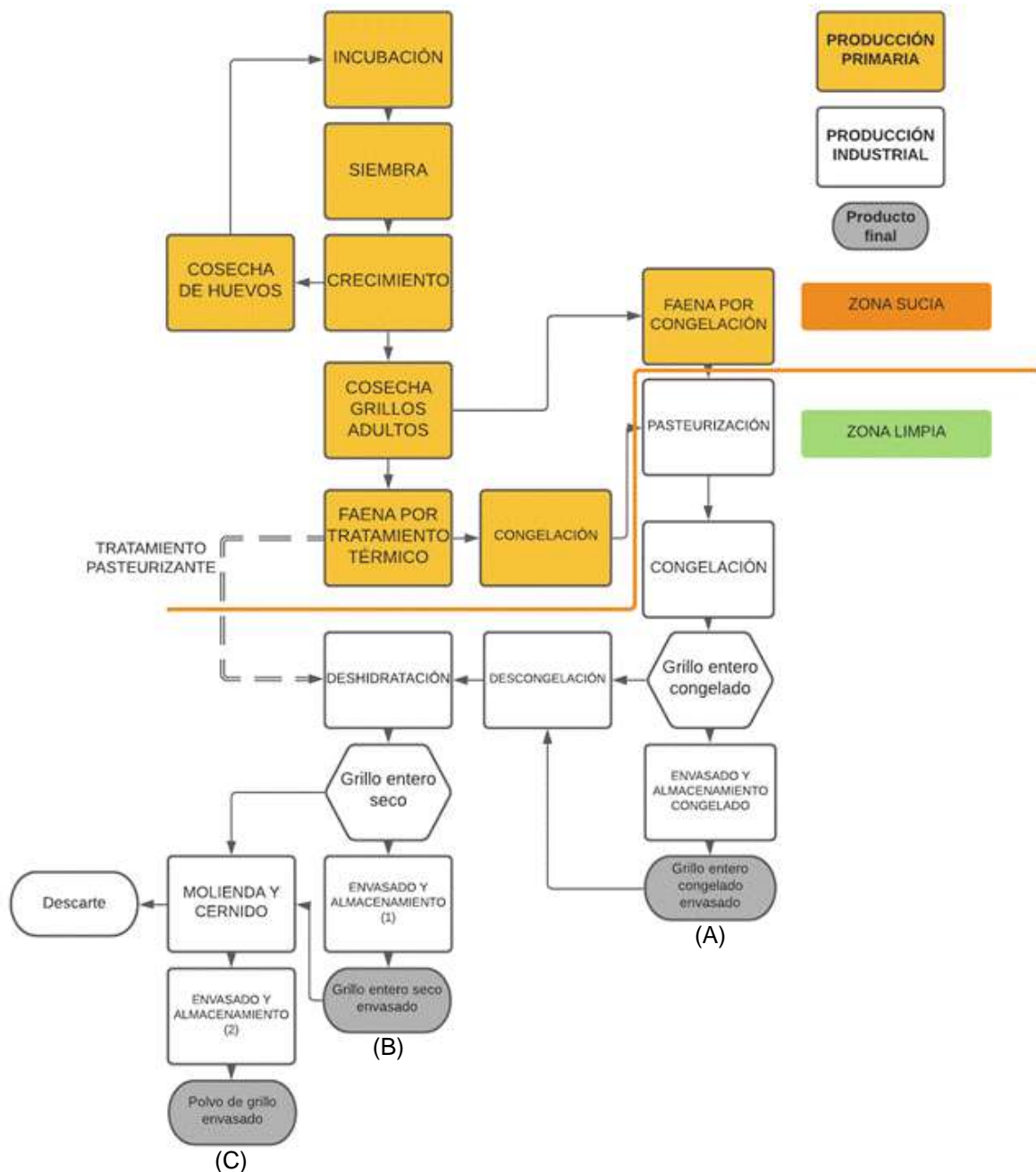
En la presente sección, se abordarán aspectos relacionados a las BPH en producción primaria de insectos destinados al consumo humano, aunque también resulta aplicable a la producción para

alimentación animal (avicultura, porcicultura, piscicultura, acuicultura y animales domésticos, entre otros).

Dentro de estos se requisitos se mencionan:

- **Medioambientales y de salud animal:** Los insectos destinados a la alimentación humana deben cumplir los requisitos generales de sanidad animal previstos por la autoridad competente (SENASA) mencionados en el Decreto 4238/68 el cual incluye las normas de salud animal y medidas de bioseguridad sobre enfermedades animales transmisibles (SENASA, 2015). Las especies de insectos criados y sus productos no deben ser patógenos, vectores de patógenos o tener efectos adversos en la salud de las personas, los animales, las plantas, o el medio ambiente (IPIFF, 2019).

**-Estructura organizativa de la empresa y sus empleados:** El equipo directivo de una empresa productora de insectos es quien establece los objetivos relacionados con las BPH tanto para el personal operativo, para el de la cría, operaciones para llevar a cabo la faena de los insectos, procesamiento, almacenamiento y transporte, así como también para los visitantes y subcontratistas. De esta manera se garantiza la seguridad de la producción, almacenamiento y entrega de insectos y productos derivados.



**Figura 2.** Diagrama de flujo general correspondiente a los procesos involucrados en la producción primaria e industrial de grillos para consumo humano.

### **5.1. Etapas de la producción primaria de grillos**

En ganadería tradicional, la producción primaria involucra la reproducción, engorde y faena del animal, así como la elaboración de piensos para la alimentación de los mismos. Estas actividades se realizan en establecimientos diferentes. En el caso de la producción de insectos, todas las etapas se realizan o pueden realizarse en un mismo establecimiento. El procedimiento utilizado para la cría de insectos destinados al consumo humano puede replicarse para consumo animal manteniendo líneas de producción en instalaciones o áreas independientes.

**a) Reproducción:** Para la colonia inicial del establecimiento se recomienda utilizar cohortes de insectos de origen conocido y trazable de, por lo menos, tres generaciones. Luego de la cópula, las hembras realizan la oviposición espontáneamente, para lo cual requieren sustratos húmedos. En producción masiva, el sustrato de oviposición que se utiliza es la turba de musgo del género *Sphagnum* o vermiculita húmeda, que normalmente se coloca en bandejas dentro del contenedor<sup>8</sup>. Las hembras introducen su ovipositor en el sustrato y depositan los huevos en grupos. Luego, estas bandejas son retiradas del lugar de oviposición, se cierran y se introducen en cámaras de incubación con temperaturas entre 25 y 35 °C durante 10 a 15 días hasta que se produce la eclosión de las ninfas<sup>8</sup>. En el caso de los grillos, dado que las condiciones óptimas de incubación de los huevos son las mismas que las de crecimiento, la cría se puede realizar en la misma habitación o sector aledaño. Si la planta dispusiera de líneas independientes de cría, y es recomendable que las tenga, la incubación de los huevos de cada línea debe ser independiente. En caso de epidemias internas, mezclar bandejas de incubación de diferentes líneas puede ser perjudicial en términos productivos.

A medida que nacen los grillos, los mismos son trasladados a un contenedor ambientado para su posterior crecimiento. En general, los grillos de un mismo contenedor son los que nacieron el mismo día o al menos de la misma bandeja de huevos. De esta manera, se logra obtener el engorde de insectos por cohortes de la misma edad. Los lotes (contenedores) se rotulan con fecha y tamaño del inóculo. De esta manera se logra un crecimiento parejo del lote y un seguimiento que permita registrar al momento de la cosecha: inóculo, temperatura, dieta, estadio cosechado y tamaño de la cosecha (en cantidad y en peso). Las bandejas que contienen los huevos e insectos deben ser correctamente higienizadas con regularidad.

**b) Sustratos de alimentación:** La selección del sustrato de alimentación resulta en uno de los pasos más importantes para obtener una cría exitosa. El alimento es un elemento clave en el proceso de reproducción (mayor descendencia, huevos sanos y viables) y es la fuente de energía necesaria para el adecuado crecimiento de los insectos que serán utilizados para la producción industrial. Los insectos

---

<sup>8</sup> <http://www.grilloscapos.com.ar/BPGryllusAssimilis.pdf>

omnívoros, entre los que se cuentan los grillos, pueden alimentarse con materiales de origen vegetal y/o animal.

### Composición de las dietas

Los sustratos de cría y alimentación, junto con la energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura, son los mayores gastos en la producción industrial de insectos y sus derivados para la industria alimentaria animal y humana (Cadinu y col., 2020). Debido a ello, y aprovechando la ventaja de que los grillos son omnívoros, los sustratos de alimentación para su cría son muy variados. Dependiendo del lugar donde se produzcan, la escala de la producción y el destino de la misma, estos insectos pueden ser alimentados con productos derivados de cereales, piensos industriales para aves, conejos, etc. Estos pueden utilizarse solos o complementados con levaduras y productos que las contengan, o con frutas y hortalizas, mejorando de esta manera la supervivencia de los individuos y su peso final (Arroyave y col., 2017; Arellano y col., 2017, Makkar y col., 2014; Reverberi 2020). Asimismo, también pueden utilizarse forrajes de diferentes plantas, residuos de jardín, estiércol de ganado o caballo (Tyree y col., 1974), así como otros productos derivados del tracto digestivo de los animales, principalmente rumiantes (IPIFF, 2019). Sin embargo, estos últimos sustratos de alimentación son poco aconsejados, tanto por las características nutricionales como por el tamaño del producto final obtenido (Miech y col., 2016) y por los riesgos de contaminación microbiológica relacionados (IPIFF, 2019). Además, para evitar la presencia de contaminantes químicos que puedan resultar nocivos para la salud (p. ej., metales pesados o toxinas), es necesario disponer de piensos y embalajes (plástico, papel, etc.) de buena calidad, así como de semillas tratadas con fitosanitarios y madera acondicionada adecuadamente (Enwemiwe y col., 2018; IPIFF, 2019).

Considerando el marcado crecimiento del mercado de insectos en la Unión Europea (UE), la Comisión Europea (CE) publicó en el mes de enero de 2019 una propuesta para incluir en el anexo III del reglamento 853/2004 una nueva sección de normas de higiene específicos para la producción de insectos destinada al consumo humano, similares a los ya establecidos para consumo animal (CE, 2019). Estos requisitos resultan necesarios para garantizar la inocuidad de los alimentos derivados de insectos. Según lo sugerido por la CE, así como por la IPIFF en la “Guía de buenas prácticas de higiene para los productores de insectos de la UE para alimentos y piensos” (IPIFF, 2019), en la producción primaria de insectos destinados al consumo humano deben establecerse condiciones estrictas, en particular en lo que respecta al sustrato para la alimentación. Si la propuesta de la CE resulta aprobada, estarían permitidos sustratos de origen no animal y algunos productos proteicos de origen animal tales como comida de pescado, productos sanguíneos de no rumiantes, fosfato dicálcico y tricálcico de origen animal, proteínas hidrolizadas de no rumiantes, proteínas hidrolizadas de cueros y pieles de rumiantes, gelatina y colágeno de no rumiantes, huevos y productos derivados del huevo, miel, grasas extraídas, o leche, productos lácteos, productos derivados de la leche y calostro. Por otro lado, la Agencia Federal para la Seguridad en la Cadena Alimentaria de Bélgica (AFSCA) considera

que los insectos destinados al consumo humano son considerados como “animales para la producción de alimentos” y, por lo tanto, los piensos que se utilizan para su producción están sujetos a la misma legislación y normas de alimentación para animales como porcinos, bovinos y aves de corral (Ngonlong y col., 2014). Por otra parte, los sustratos que están prohibidos en la UE son: estiércol, excrementos humanos, aguas tratadas, residuos sólidos (urbanos industriales o domésticos), productos o subproductos de animales procedentes de mataderos o semejantes (como proteínas de animales procesadas), residuos de alimentos provenientes de restaurantes, establecimientos de restauración y hogar (IPIFF, 2019). Por su lado la IPIFF (2019) considera indispensable la trazabilidad de la producción, comenzando por los alimentos utilizados en la cría.

#### Condiciones de almacenamiento de materias primas y elaboración de dietas

La preparación de las dietas puede realizarse en la denominada área “limpia” o “blanca”, contigua a los sectores de almacenamiento de los sustratos y/o sectores de desinfección. El área limpia es un sector con control ambiental definido de partículas y contaminación microbiana, construida y usada tal que se reduzca la introducción, generación, y retención de contaminantes dentro del área. Asimismo, puede recibir materiales plásticos reciclados desde las habitaciones de cría a través de piletas de esterilización típicas de bioterio, que sirven para el pasaje de material sumergido, de una habitación a otra (trampa de desinfección para doble circulación, utilizando cloro o amonio cuaternario como desinfectante). En contraposición se denomina área “sucia” o “verde” al sector donde se desarrolla la cría y engorde de los insectos. La denominación no implica que necesariamente sea un área contaminada o donde la limpieza no esté al orden del día. Pero si es de esperar una alta carga biológica por el volumen de la biomasa animal.

Los sustratos de alimentación industriales (como los piensos) deben almacenarse bajo condiciones higiénicas y secas en sectores independientes del resto de las instalaciones, y el lugar utilizado debe ser cerrado de modo que quede protegido de la atmósfera, de las contaminaciones accidentales (químicas o de cualquier otra índole) y del ataque de plagas y patógenos. En casos de producciones que utilizan residuos vegetales o animales de la industria como sustratos, se define una segunda área “sucia B” que es el sector de recepción y acopio de mercadería el cual también debe contemplar normas de higiene y manejo de plagas. Se recomienda un tratamiento térmico en el pasaje hacia el sector donde se formularán las dietas. Por otra parte, los proveedores de los productores de insectos deberían cumplir con los requisitos generales de higiene mencionados en el Decreto 4238/68 del SENASA (2015).

Cada lote de alimento debe ser trazable desde el ingreso de la materia prima hasta las bandejas en las que se haya usado. Los elementos utilizados para proporcionar el alimento deben estar rotulados como material de contacto con alimentos y ser higienizados por completo. Por otra parte, en los casos en los que la distribución de agua y alimento no esté automatizada es importante contar con un protocolo estandarizado que establezca recorridos de rutina, así como la utilización de elementos de transporte



apropiados (p. ej., carritos) para minimizar los viajes de recarga y así disminuir el tránsito innecesario en el habitáculo.

**c) Engorde del cultivo entomológico:** Es necesario conocer la biología y el comportamiento de la especie a criar en todas las etapas de su ciclo de vida para el desarrollo de métodos de cría adecuados, así como los pasos de procesamiento posteriores para lograr un buen producto de consumo.

Las condiciones físicas de cría de insectos también pueden contribuir al desarrollo de microorganismos nocivos para los insectos o peligrosos para la salud humana, así como la producción de toxinas tanto de forma natural como accidental (IPIFF, 2019). Hay que tener en cuenta que debido a las diferencias que existen entre las distintas especies de insectos (p. ej., necesidades nutricionales, condiciones de cría, etc.), el sustrato elegido o el entorno de crecimiento pueden diferir sustancialmente. En cada productor recae la responsabilidad de optimizar y adaptar las condiciones de cría de acuerdo con las especies de insectos específicas, para garantizar que estos riesgos se minimicen.

A continuación, se mencionan los distintos parámetros claves que necesitan ser controlados para una cría de insectos exitosa.

**-Temperatura:** la tasa de crecimiento de los insectos depende de la temperatura. Las temperaturas entre 25 y 35 °C son las más beneficiosas en la mayoría de las especies de insectos.

**-Humedad:** las temperaturas deben correlacionarse con un nivel específico de humedad relativa (HR), dependiendo de la especie y de la etapa del ciclo de vida del insecto a criar.

**-Salas de producción:** la cría de insectos debe realizarse en un espacio cerrado para asegurar que no haya ingreso de plagas y también para evitar el escape de los especímenes. Generalmente se utilizan diversos espacios autónomos, cada uno con su propia población, fuentes de alimentación y de suministro de agua. Estos espacios deben ser higienizados luego de cada cohorte de insectos producida.

Las habitaciones de cría deben tener al menos dos puertas herméticas de paso entre una y la contigua. Es decir, que no se pueda acceder de una habitación a otra directamente, sino a través de al menos un cuarto intermedio. Esto permite mantener poblaciones relativamente independientes y minimizar pérdidas en caso de contaminación en alguno de los habitáculos de cría. En caso de cultivar diferentes especies de insectos en las mismas instalaciones, la distancia mínima recomendada es de 3 puertas. Para facilitar el flujo, las puertas deben tener resortes de cierre automático y ventana incorporada para poder ver qué hay del otro lado antes de abrir la puerta. Se recomienda mantener un flujo unidireccional con entrada y salida a las habitaciones de cría por aperturas opuestas. De esta manera, se previene el flujo retrógrado de microorganismos de los cultivos hacia las zonas “limpias”. Mayores detalles sobre las instalaciones se presentan en el Anexo I: “Instalaciones”.

**-Contenedores de cría:** Dentro de las salas de producción las poblaciones de insectos se mantienen en contenedores (cajas o jaulas) donde el suministro de aire, alimento y agua puede controlarse.



Existen variados tipos de contenedores utilizados para la cría de grillos. Por citar algunos ejemplos, cilindros de concreto (80 cm diámetro, 50 cm altura, ~250 L), bloques de concreto (1,2 x 2,4 x 0,5 m, ~1.500 L), cajones de madera terciada (1.700 L), cajones plásticos (0,8 x 1,8 x 0,3 m, ~430 L), contenedores de acrílico o vidrio laminado (0,6 x 1 x 0,4 m, ~240 L) (Hanboonsong y col., 2013). Un ejemplo de estos contenedores se presenta en la Figura 3. Cualquiera sea la opción elegida, es recomendable utilizar el sellado con carpintería de aluminio (mosquitero, perfiles y burletes adecuados). Dentro de los contenedores se coloca un sustrato cuya función es el aumento de la superficie habitable (normalmente maples de huevos) colocados de manera tal de dejar entre cartones espacios de entre 0,5 y 2 cm. Se recomienda no utilizar maple reciclado de otras actividades para la



**Figura 3.** Diferentes tipos de instalaciones y contenedores: (A) Bloques de concreto (Granjas Tailandesas), (B) Cajones plásticos (Ghann’s Cricket Farm Inc., Estados Unidos), (C) Bandejas de cría de *T. molitor* (Protifarm Holding NV, Países Bajos), (D) Cajones plásticos (Grillos Capos, Argentina).

cría de grillos, para evitar el peligro de introducción de agroquímicos u otros agentes contaminantes. Sin embargo, el reciclado de los cartones utilizados en cohortes anteriores mediante una desinfección o un mes de estacionamiento mínimo es una práctica sustentable.

Los contenedores pueden ser apilados en estanterías, con dos o tres pisos de altura, pero siempre dejando al menos 35 cm desde el estante inferior al piso para poder realizar una correcta limpieza de la sala. En general, toda mesada o amoblamiento debe tener esta distancia mínima. Comederos,

bebederos y cualquier otro objeto utilizado deben ser de materiales adecuados, certificados para su contacto con alimento, evitando contaminaciones químicas. En cuanto a pisos, se sugiere que los mismos sean, en lo posible, lisos (fibrocemento, microcemento, epoxi), que cumplan con las exigencias de las normativas vigentes y con zócalos sanitarios. Se recomienda asimismo la presencia de canaletas de desagüe con rejillas, y que el diseño de los pisos sea con caída hacia las mismas para facilitar la limpieza con agua. Cada rejilla debe tener tapa ciega abatible, de cierre hermético, para evitar el ingreso o egreso de insectos desde o hacia los desagües cloacales. En caso de heladeras o muebles de similar envergadura, colocarlos sobre estructuras provistas de ruedas con frenos para moverlos con facilidad durante el aseo del espacio. Por otra parte, se recomienda el empleo de puertas con burlete adecuado.

**-Ventilación:** Se requiere que el espacio donde se encuentran los insectos tenga una ventilación adecuada según las características de la especie y los niveles de temperatura y HR adecuados para criarlos. Esto no solo asegura condiciones de limpieza, sino que evita la contaminación cruzada a través del aire.

**-Programa de manejo integrado de plagas:** Se debe establecer un programa de monitoreo periódico y establecer los correspondientes controles por empresas externas certificadas en control de plagas.

**d) Cosecha:** La cosecha consiste en separar los insectos de sus sustratos. Se retiran de los contenedores o cámaras de cría y se limpia el sustrato de alimentación o excremento que pueda haber quedado adherido en ellos. Una proporción de los individuos producidos suele ser destinada para reproducción asegurando la continuidad del sistema. El resto se cosecha en el estadio adulto o subadulto, cuantificando en kg/m<sup>3</sup>. Típicamente un cultivo iniciado con un inóculo de 60 mil insectos/m<sup>3</sup> (< 4 g, < 1 día de vida) genera en condiciones óptimas 12 kg/m<sup>3</sup> (40 – 50 días de vida, mortalidad < 20%).

Antes de la cosecha de insectos, resulta importante separar el excedente de alimento. Para ello existen diferentes prácticas que dependen de la especie criada, el sistema de cultivo utilizado o el tipo de sustrato o alimento dado. En algunos casos, la separación del alimento se realiza varias horas antes de la cosecha (dependiendo de la especie). En otros, se agrega un alimento especial para purga (Vandeweyer y col., 2018), por ejemplo, para el caso de certificaciones “sin TACC”. En el caso de los grillos, deben ser purgados con frutas, hortalizas, pasturas, etc., durante la última semana e incluso durante el día anterior a la cosecha, o someterlos a un ayuno durante las 24 h previas a la faena. En este sentido, para garantizar la efectividad de dicha purga, se deben realizar ensayos de detección de gluten.

En el caso de los insectos holometábolos (p. ej., *H. illucens*) se recolectan las larvas, mientras que en el caso de los insectos hemimetábolos (p. ej., grillos, saltamontes y langostas) se recolectan los estados de ninfa y/o adulto. Los métodos de recolección utilizados difieren también según la especie.

En el caso de los grillos (así como para otros ortópteros), se cosechan entre el 5<sup>to</sup> a 7<sup>mo</sup> instar (estadio ninfal o adulto) cuando el insecto adquiere en promedio del 50 al 100% de su peso máximo.

Los grillos son retirados de los contenedores y colocados en recipientes plásticos para su transporte hacia las habitaciones contiguas de cosecha, con infraestructura de trabajo preparada para tal fin. Dado que gran parte de los grillos se mantienen aferrados a los soportes de cría, esta operación puede realizarse mediante el trasvase de dichos soportes desde el contenedor original hacia los recipientes plásticos utilizados para la cosecha, incorporando luego los grillos que hayan quedado en el recipiente original. Posteriormente, en la habitación de cosecha dichos soportes pueden ser sacudidos de manera tal que los grillos se suelten y caigan al recipiente. En este proceso es común que se produzca mucho polvo, por lo que es imprescindible que el lugar esté adecuadamente ventilado. En este sentido, se han reportado en trabajadores alergias propias del contacto con el polvo generado por los insectos, probablemente causadas por su contenido de ácaros (Lopata y col., 2005). Es imperativo el uso de elementos de protección tales como barbijos o máscaras, delantales plásticos, antiparras, cofia y guantes, habiendo mostrado buen resultado para este tipo de patologías de baja frecuencia en trabajadores (Caporaletti, 2018). Por otra parte, se recomienda no realizar la cosecha de los insectos en la misma habitación en la que se realiza la cría, de manera de evitar deteriorar las condiciones de los cultivos. Asimismo, es deseable que cada habitación de cría tenga su habitación de cosecha correlativa, asegurando la independencia de las diferentes líneas y evitando posibles contaminaciones cruzadas.

Durante el proceso descrito, además de los grillos cosechados, se separan otros 3 componentes: 1) los excrementos secos, que pueden ser directamente utilizados como abono (puede requerirse un tamizado previo para separarlo de restos de alimento no consumido); 2) soportes tales como maples o plásticos utilizados dentro del contenedor, que deben separarse para su desinfección y reutilización; y 3) restos de alimentos y soportes que hayan cumplido su vida útil y deban ser triturados y desechados o compostados.

**e) Faena:** Existen muchas técnicas para faenar insectos (ANSES, 2015). Los dos métodos de faena más frecuentemente empleados son:

**Por frío:** El cual emplea temperaturas de congelamiento menores a -18 °C. Con este método se minimiza la desnaturalización de proteínas y se conservan mejor las vitaminas. Sin embargo, la carga microbiológica no resulta prácticamente afectada y la desparasitación (especialmente si existiera presencia de nematodos) no es completa. Los insectos congelados pueden almacenarse a esta temperatura en bolsas selladas para su posterior procesamiento.

**Por calor:** Se emplea un escaldado a 60 – 100 °C, durante 3 a 5 minutos. Se cocinan los insectos en agua caliente o por vapor, lo que reduce sustancialmente la carga microbiana. Los insectos son luego escurridos y secados. La temperatura es suficiente para eliminar la flora intestinal y parásitos, pero no

esporos bacterianos. Algunos nutrientes y elementos sensoriales de interés pueden ser degradados, por lo que no suele ser una práctica muy frecuente cuando el producto se vende para consumo directo. El faenado por calor previene procesos de fermentación, dando al alimento una fecha de vencimiento más larga (Vandeweyer y col., 2018).

Existen algunos casos en donde la faena se realiza a 60 °C. Si bien este tratamiento no reduce considerablemente la carga microbiana, el alimento conserva mejor sus propiedades organolépticas. Este tipo de tratamiento puede ser realizado directamente en el local gastronómico durante la etapa de cocción, o en la industria alimentaria durante su procesamiento. De esta manera, la pasteurización se realizaría en otro establecimiento independiente o en instalaciones apropiadas (zona limpia) dentro del mismo establecimiento. Finalmente, también son refrigerados a -18 °C para su almacenamiento y transporte.

## **5.2. Almacenamiento, embalaje, etiquetado y transporte en plantas de producción primaria**

Los productores de insectos deberían encuadrarse bajo las mismas regulaciones relacionadas con el almacenamiento y transporte de cualquier otro alimento para consumo humano, especialmente de origen animal. En la UE esto se encuentra legislado por la regulación (EC) N° 183/2005.

Respecto de las condiciones de almacenamiento para insectos, lo ideal es contar con espacios exclusivos para tal fin. En caso de un establecimiento que despache grillo congelado o deshidratado, estos deben ser almacenados en habitaciones separadas (ver Anexo I: “Instalaciones”).

Para el caso de insectos almacenados en condiciones de congelación, se recomienda el empleo de cámaras de frío o freezers (-18 °C, HR < 40%), sistemas de ventilación apropiada y luz artificial. Sin embargo, esta temperatura puede variar en caso de establecimientos con procesamiento posterior a deshidratación o molido a polvo, que puede almacenarse a temperatura ambiente (10 a 20 °C).

En caso de cámaras con estantes, estas deben estar separadas de la pared. El estante inferior debería estar separado al menos 35 cm del suelo y dichas cámaras deben estar provistas de pisos lisos y zócalos sanitarios (que faciliten la limpieza periódica). En todos los casos se debe llevar un control (mediante registros) de los procesos de limpieza y desinfección. Asimismo, el acceso debe ser restringido e, idealmente, controlado con tarjeta.

En establecimientos de cría con procesamiento posterior, la entrada del material al depósito, y su salida hacia las etapas siguientes, debería realizarse por puertas independientes (entrada/salida). Esta debería ser la única vía de comunicación entre ambos sectores, con personal, funcionamiento y organización independientes. Sería imprescindible en este caso, el control de los operarios de manera de que ambos grupos no coincidan en el lugar de trabajo. Todas estas medidas se implementan con el objeto de evitar contaminaciones cruzadas en el producto final con microorganismos propios de la actividad de cría, luego de haber sido eliminados en la faena por calor o en el proceso de deshidratación.

**Rotulado:** Los productos de la producción primaria deben tener adecuado rotulado en caso de no realizarse un proceso continuo dentro del mismo establecimiento. Según el destino, se determina su rotulado. Por ejemplo, si son utilizados como materia prima en industria alimentaria, el rótulo debería contener la siguiente información: marca y logo; origen del producto (información del productor, empacador y/o distribuidor); código del producto, incluyendo código de barras (según determine organismo pertinente); contenido del envase, fecha de embalaje y lote, fecha de vencimiento y condiciones para su almacenamiento. En el caso que el destino sea el consumo humano (p. ej., grillo congelado directo a góndola sin procesamiento industrial) debería contener datos relacionados con: composición nutritiva, calorías, peso, porciones por envase, y declaración/advertencia sobre potenciales alérgenos.

Actualmente se dispone de mucha información bibliográfica que demuestra los beneficios nutricionales de los alimentos basados en insectos, así como los beneficios al medio ambiente (van Huis y col., 2015). Aun así, es preciso tener en claro cuáles de todos los beneficios se encuentran plenamente demostrados científicamente de manera de utilizados para promocionar este tipo de productos. Por otra parte, no existe demasiada información relacionada con la potencial alergenicidad cruzada con alérgenos de declaración obligatoria. En la medida en que se genere más información sobre este punto, podrá regularse la declaración obligatoria o la incorporación de algún tipo de rotulado precautorio.

En caso de demostrarse que son alimentos “sin TACC”, esta información también podría agregarse al rótulo. Otros detalles relacionados con el etiquetado, sobre todo para productos destinados al consumo humano, pueden encontrarse en la “*Guía para suministro de información al consumidor de los productos basados en insectos*” (IPIFF, 2019). En todos los casos, los criterios acordados deben contemplar las normas vigentes en el Capítulo V del CAA (CAA, 2021b). El resto de documentación adicional debe generarse en función de los controles y registros estatales pertinentes, en los que intervengan el SENASA y la ANMAT.

**Transporte y logística:** En cuanto a este aspecto, es deseable contar con un espacio de carga cerrado cuya ubicación sea anexa a los depósitos (donde los vehículos puedan ser cargados). Estas áreas deben disponer de programas de limpieza y desinfección periódicas registradas, lo mismo que los vehículos.

El transporte de productos alimenticios debe estar habilitado e idealmente dedicarse exclusivamente a este tipo de mercadería (ideal contar con transportes propios de la empresa). En caso de realizar transportes de mercaderías de otra índole, esto debería ser informado al productor previo a la carga, pudiendo ser causal de suspensión y cambio del móvil. Las inspecciones de la caja del transporte, lugar donde se acomodará la mercadería, deben reflejar condiciones de higiene aptas para el transporte.

Las temperaturas de transporte pueden ser de congelación (-18 °C), refrigeración (0 – 7 °C) o temperatura ambiente (15 – 25 °C, notar que incluso a estas temperaturas será necesario un sistema de acondicionamiento de aire). Esto dependerá del tipo de producto y tiempos de viaje. Es recomendable realizar controles cruzados entre el productor y el comprador de manera de garantizar la trazabilidad de las operaciones realizadas (sobre todo en mercadería usada como sustrato de la industria alimentaria o mercadería despachada congelada).

### **5.3. Manejo de los descartes, abono**

Desde la década del ‘80, la industria de cría de insectos para mascotas deriva los desperdicios generados para abono. Un ejemplo de esto es la empresa estadounidense Ghann’s Cricket Farm Inc.<sup>9</sup>, la cual ha desarrollado un fertilizante denominado “CricketPoo!” (Figura 4) cuya composición resulta en un 98% de estiércol de grillo puro y un 2% de una mezcla de pieles de grillo y restos de comida, entre otros.

Esto es posible debido a que los insectos poseen una elevada y eficiente tasa de degradación de sustratos, y han evolucionado hasta poder extraer y retener la máxima cantidad de agua del alimento que consumen, por lo que producen excretas deshidratadas, inodoras y fácilmente biodegradables. Esto permite que pueden utilizarse como abono sin más tratamiento ni compost intermedio. En ciertas oportunidades, solo se requiere un tamizado que separe restos de alimentos no consumidos.

---

<sup>9</sup> <https://www.ghann.com/Default.aspx>



Otros residuos que se suelen adicionar en los abonos son los cartones de maple, que luego de ser higienizados y reutilizados varias veces deben ser descartados. Estos pueden ser picados y agregados en determinadas proporciones al compost. Se espera que, con el crecimiento de la producción de grillos a nivel global, se desarrollen en el futuro cercano nuevos soportes elaborados con materiales más perdurables.

Otra potencialidad de uso de los residuos es la generación de biocombustibles, como se realiza en ciertas producciones porcinas (FAO, 2019). En ciertos casos, esto podría ser una posible solución al problema de la calefacción. Sin embargo, la menor relación desechos/productos en el caso de los grillos haría menos eficiente el proceso. De cualquier forma, debe preverse un paso de tamizado de lo que se conoce como “cama de grillo”, y destinarse un área de estacionamiento para los desechos y contenedores separados para compost o abono directo una vez que estos han sido aislados los restos



**Figura 4.** Fertilizante orgánico “CricketPool!”, desarrollado por la empresa Ghann’s Cricket Farm Inc.

de alimento no consumido. Un mes de estacionamiento, en condiciones secas, resulta en un tiempo aconsejable para bajar la carga microbiana y eliminar cualquier resto de insecto vivo o sus huevos, al menos en las especies comúnmente criadas en cautiverio. En los casos que su tratamiento *in situ* no pueda ser realizado, como en el caso de los bioterios urbanos, se recomienda contratar una empresa recolectora que pueda realizar el tratamiento, tal como realizan algunos establecimientos productores de pollo parrillero. De hecho, las diferentes modalidades para el tratamiento de la cama del pollo son

aplicables a las camas de insectos (SAGyP, 2015). Por otra parte, residuos plásticos, bebederos y comederos, pueden ser lavados y desinfectados para su posterior reciclaje.

#### **5.4. Automatización industrial y optimización del proceso**

En un futuro cercano, es probable que la ingeniería industrial aplicada al diseño de dispositivos y manejo de colonias de insectos, así como de líneas de producción, marque diferencias a la hora de elaborar un alimento de bajo costo en el mercado. La automatización y el aumento de la escala son dos de las premisas relevantes para bajar el costo por tonelada de producto. Como ejemplo, la empresa Protix, con su planta de 14.000 m<sup>2</sup>, es operada por tan solo 32 operarios (Reuters, 2019); o la planta proyectada por el gigante productor de granos americano ADM para producir 60.000 toneladas de mosca soldado negra junto a 20.000 toneladas de aceites para alimentación de pollos y cerdos, así como 600.000 toneladas de abonos por año en Illinois (EEUU) (Reuters, 2021). Existen varios procesos susceptibles de automatización, tales como el control de temperatura y humedad, hidratación y alimentación, renovación de “camas”, separación de los insectos por tamaño (sobre todo en algunas especies de cucarachas), embalaje, faenado y empaques, entre otros. La Figura 5 muestra un ejemplo de automatización simple para separar larvas de coleópteros (zophobas) de su sustrato en una empresa holandesa (Protifarm Holding NV<sup>10</sup>).

Resulta interesante comentar que, en nuestro país, se podría aprovechar la experiencia adquirida a partir de la cría de pollo donde funcionan galpones totalmente automatizados, así como también de diferentes tecnologías aplicables a otras industrias elaboradoras de alimentos. En cuanto a los procesos de automatización desarrollados específicamente para el caso de grillos, se destacan los de la



**Figura 5.** Cinta transportadora-tamizadora para separación de larvas de su sustrato (Protifarm, Países Bajos).

empresa estadounidense Aspire Food Group<sup>11</sup>. Esta empresa es pionera en la aplicación de robótica y colecta automática de datos que responden a la necesidad de dietas y condiciones de cría específicas y

<sup>10</sup> <https://www.protifarm.com/>

<sup>11</sup> <https://aspirefg.com/>



eficientes, por especie. Con estas mejoras, se logran (en algunos casos) duplicar los rendimientos de producción, medidos como tamaño promedio de insectos o kg/unidad de cría (cajón o recipiente estándar). De esta manera, proveer al equipo de trabajo de herramientas estadísticas para análisis de registros periódicos o instrumentos de laboratorios tales como balanzas de precisión, lupas (para observación de huevos u ácaros contaminantes), así como cuartos de cultivo microbiológico, resulta esencial para un proyecto a largo plazo.

### **5.5. Plagas y enfermedades reportadas en la cría de ortópteros**

Las condiciones estandarizadas para la cría de insectos en general, y ortópteros en particular, son muchas veces óptimas para la reproducción de otras especies de insectos que se transforman en plagas que afectan a la producción. Es común la aparición esporádica de diferentes especies de coleópteros (vulgarmente denominados gorgojos), los cuales llegan en el alimento balanceado o a través de sustratos vegetales reciclados que no han sido tratados térmicamente de una manera eficaz. El ejemplo más común es la aparición del escarabajo *Alphitobius Diaperinus*, perteneciente a la familia *Tenebrionidae*, plaga común de la cama del pollo (y difícil de combatir). Paradójicamente, esta es una de las siete especies aprobadas por la UE para consumo humano (IPIFF, 2019; Gianotten y col., 2020). Otra especie común de esta familia es el escarabajo *Tribolium castaneum* (conocido como gorgojo castaño de la harina o *red flour beetle*).

La utilización de salvado de trigo como sustrato trae aparejada la proliferación de lepidópteros (polillas), quizás la plaga más difícil de controlar por su capacidad voladora. Por último, en bioterios de insectos también son comunes diferentes tipos de arañas domiciliarias (*Kukulcania hibernalis*, *Pholcus phalangioides* y ciertas especies de *Steatoda*) las cuales crecen rápidamente si no se controlan. Es por ello que resulta necesario contar con un registro regular de las especies de arañas que puedan aparecer para mayor seguridad de los trabajadores. Como en cualquier producción animal, es necesario implementar una política activa de control de roedores. Se recomienda disponer de un servicio periódico brindado por una empresa especializada, el cual puede certificar un criadero libre de este flagelo. De todas maneras, la principal barrera para evitar el ingreso de las especies más comunes de roedores en instalaciones de cría animal (*Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus*) es una adecuada infraestructura edilicia.

Diferentes entomopatógenos pueden encontrar en estos cultivos a gran escala el nicho evolutivo ideal para adaptarse. Existen microorganismos patógenos que pueden afectar a los insectos durante su cría masiva (causando en muchas veces mortalidad generalizada e incluso la extinción de las poblaciones locales). En el caso de los grillos domésticos, la especie *A. domesticus* puede verse afectada por densovirus (AdDV), un virus de la familia Parvoviridae, que existe en Europa a niveles endémicos desde hace al menos 40 años (Szelei y col., 2011). Los grillos juveniles infectados por este virus pueden presentar una variedad de síntomas tales como desnutrición, crecimiento inhibido, disminución de la fecundidad, parálisis y muerte (Semberg y col., 2019). En el año 2012 se relevaron

32 establecimientos de cría de grillos en EEUU que sufrieron este flagelo (Weissman, 2012). En el caso de otros grillos tales como *G. sigillatus*, *G. assimilis* o *Gryllodes bimaculatus*, los individuos podían ser portadores asintomáticos sin ser afectada su biología, crecimiento o supervivencia por este virus. Por tanto, el reemplazo de *A. domesticus* por alguna de estas 3 especies solucionaría el problema en un tiempo relativamente corto. En Argentina, esta experiencia se implementó con éxito el mismo año en granjas de *A. domesticus* (Caporaletti, comunicación personal). Otros virus que afectan a ortópteros son el *cricket paralysis virus* (CrPV), *Penaeus merguensis* densovirus (PmergDENV) y el Iridovirus (CrIV) (EFSA, 2021).

Resulta importante destacar que los patógenos de insectos son generalmente específicos de invertebrados e inoocuos para vertebrados, afectando exclusivamente el rendimiento de producción.

La primera barrera contra una enfermedad en el cultivo es el análisis *in situ*. Para ello es necesario contar con personal capacitado (bromatólogos o profesiones afines) y un laboratorio debidamente equipado en el que pueda realizarse diversos análisis (microbiológicos, químicos, etc.). Dentro del equipamiento recomendado se puede mencionar:

- Lupa, microscopio común y de contraste de fases.
- Campana y sector para cultivo microbiológico. Idealmente, flujo laminar o cabina de seguridad biológica.
- Balanzas analíticas.
- Freezers y heladeras para muestras, estufas de cultivo, autoclaves y material básico de laboratorio para análisis microbiológico.

Se recomienda disponer del laboratorio en una habitación de proporciones adecuadas para tal fin dentro de las mismas instalaciones.

## **5.6. Salud del personal y medidas preventivas**

Se deberán desarrollar guías de normas internas tendientes al cuidado de la salud del personal, la prevención del ingreso y dispersión de microorganismos en las instalaciones. Estas normas deberán ser revisadas, discutidas y optimizadas periódicamente en colaboración con el personal, así como con consultores externos cuando sea necesario. Se recomienda que las mismas sean respetadas por todo el personal involucrado en el proceso productivo (pudiendo aplicar algún tipo de apercibimiento cuando sea necesario). A tal fin, es recomendable designar un responsable en seguridad e higiene.

Muchas de las normas recomendadas para este tipo de actividad son las aplicables en el manejo de bioerios, como por ejemplo la Resolución 617/2002 del SENASA (2002). Resulta deseable contar con establecimientos certificados en Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), el cual implica un proceso sistemático y preventivo desarrollado para garantizar la inocuidad alimentaria, de forma lógica y objetiva (Fraqueza, 2017).

Actualmente, en Argentina no existe formación terciaria en el manejo de insectos. Sin embargo, es deseable contar con personal con formación afín (biólogos, veterinarios, agrónomos, técnicos en bioterio o conservación de la biodiversidad, etc.). En caso de procesamientos posteriores, profesionales de la ingeniería en seguridad e higiene, en un equipo multidisciplinario, podrían asimismo aportar su experiencia. De todas maneras, todo el personal recientemente ingresado debe ser sometido a un adecuado entrenamiento y capacitación con el objetivo de adquirir las competencias necesarias para llevar adelante el trabajo. Una prueba de manejo de insectos vivos durante la búsqueda de recursos humanos, puede resultar útil para detectar fobias.

Algunas recomendaciones:

- Evitar la presencia de personas ajenas y visitantes dentro de la zona restringida.
- Realizar cambio de indumentaria (ambo, calzado) y tomar una ducha a la entrada. Esto se realiza con el objetivo de prevenir el ingreso de posibles agentes infecciosos (p. ej., virus) comunes en poblaciones de cría a gran escala (que como se mencionó anteriormente no afectan humanos).
- Utilizar guantes, barbijo (o máscara), cofia, antiparras y delantal plástico en los puntos críticos: embalaje, lavado de materiales, manipulación de insectos vivos, separación de sustratos. Se han descrito alergias respiratorias y cutáneas, consecuencia de la exposición al polvillo durante los tamizados de embalaje y faena, probablemente debido a poblaciones de ácaros presentes en las heces.
- Desarrollar e implementar testeos específicos para el control de higiene, de manera periódica, en puntos críticos.
- Destinar áreas específicas para almuerzo y aperitivos con lugar de deposición provisorio de indumentaria, o incluso con sectores para el cambio parcial. Indicar también posibles áreas de fumadores, baños independientes anexos a las habitaciones de cría y zonas “sucias” o “verdes”, así como vestuarios anexos a las zonas “limpias” o “blancas”. Se debe contar con lavaderos exclusivos para indumentaria de uso interno.

### **5.7. Contaminantes químicos y biológicos en producción primaria de insectos**

En general, los insectos utilizados para alimentos y piensos se consideran seguros (Belluco y col., 2013). A pesar de ello, y debido a que la producción industrial de insectos para consumo de animales y humanos es aún reciente, en la actualidad se está evaluando qué sustancias o elementos pueden constituir un riesgo de contaminación que afecte a la salud de personas y animales (Fowles y col., 2020).

En octubre del 2015, la EFSA publicó una evaluación de riesgos relacionada a la producción y consumo de insectos por parte de los seres humanos y los animales. En el mismo, se destaca que los sustratos y piensos utilizado para alimentar a los insectos (dieta) tendrán un impacto en el contenido de contaminantes químicos y biológicos en el producto final, concluyendo que los alimentos y los

piensos no deberían representar una amenaza mayor que los productos que ya están en el mercado (EFSA, 2015). Por otra parte, recientemente la FAO publicó un informe sobre insectos comestibles desde la perspectiva de seguridad alimentaria, en el cual también se menciona la importancia de la calidad e inocuidad del pienso o los sustratos utilizados para la cría de insectos (FAO, 2021). Asimismo, en enero de 2021, publicó la primera evaluación de seguridad de un insecto como nuevo alimento, concretamente referida a la larva de *T. molitor*, y comprendiendo tanto al insecto entero seco como en forma de polvo (EFSA, 2021).

Se sugiere que tanto la seguridad química como microbiológica del sustrato de cría se controlen periódicamente, así como la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos tales como plásticos, toxinas y metales pesados que puedan ser bioacumulados.

#### -Contaminantes químicos

Dentro de los contaminantes químicos que podrían estar vinculados a la producción de insectos se pueden mencionar: micotoxinas, plaguicidas, metales pesados, dioxinas, alérgenos, bifenilos policlorados, hidrocarburos poliaromáticos, medicamentos veterinarios, toxinas vegetales y contaminantes tales como los microplásticos y éteres de bifenilos polibromados (Meyer y col., 2021; Gaylor y col., 2012; FAO, 2021). El contenido de estos contaminantes en los insectos dependerá de varios factores entre los que se destacan las características propias del contaminante, la especie de insecto, el estado de desarrollo del individuo, así como de las condiciones de crianza y la dieta suministrada entre otros (Meyer y col., 2021; FAO, 2021).

A continuación, se presenta un resumen de algunos de los peligros químicos relacionados con la cría de insectos para consumo humano y/o animal.

#### **Micotoxinas**

Algunos estudios realizados han detectado la presencia de varias micotoxinas (beauvericina, eniantina A y A1 entre otros) en insectos comestibles, aunque no en niveles que resulten problemáticos para la salud pública (Charlton y col., 2015; De Paepe y col., 2019). Asimismo, se ha documentado la presencia de aflatoxinas, en niveles elevados, en algunos lotes comerciales de gusanos mopane (*Gonimbrasia belina*) “listos para comer”, destacando la importancia de la manipulación, el procesamiento y el almacenamiento en su prevención (Mpuchane y col., 1996; Mpuchane y col., 2000). Por un lado, existe evidencia científica que demuestra que insectos expuestos a sustratos con elevados niveles de micotoxinas no acumularían dichos contaminantes, sino que los metabolizarían o excretarían (van Broekhoven y col., 2017; Niermans y col., 2019; Schrögel & Wätjen, 2019). Por otra parte, existen otras publicaciones en las cuales se observaron efectos en la supervivencia de insectos expuestos a sustratos con altas concentraciones de micotoxinas, así como reducciones en la performance de crecimiento cuando las micotoxinas se encontraban en bajas concentraciones. Sin embargo, al administrar estos compuestos con la dieta, en ensayos experimentales no se observó

acumulación de micotoxinas en ninguno de los insectos estudiados, incluso a concentraciones de hasta 25 veces los límites máximos o valores de referencia (Camenzuli y col., 2018).

No obstante, se necesita más investigación para identificar mejor las rutas de metabolismo, los metabolitos y su potencial efecto toxicológico en la salud humana y animal (van Broekhoven y col., 2017; Niermans y col., 2019).

Dado que, como fuera demostrado, el contenido intestinal tiene un gran impacto en la concentración total de micotoxinas (Bosch y col., 2017), algunos autores recomiendan un período de ayuno de 24 h antes de la cosecha, sugiriendo que esto podría recomendarse como práctica habitual en el contexto de la producción comercial de insectos (Bosch y col., 2017, Camenzuli y col., 2018). Sin embargo, dado que existen algunos inconvenientes técnicos para llevar esto a la práctica (p. ej., canibalismo) una alternativa podría ser una purga dentro de los 1 a 3 días previos a la cosecha con frutas o verduras frescas, como se realiza con la producción de algunas especies como caracoles (CONAL, 2019).

### **Plaguicidas**

Los plaguicidas utilizados en la producción agrícola pueden acumularse en insectos (Houbraken y col., 2016). Se ha identificado clorpirifós (insecticida organofosforado) en muestras de larvas de *Musca domestica*, aunque en niveles que no representan un riesgo para la seguridad (Charlton et al, 2015).

La alimentación controlada en las granjas de insectos comestibles ayudaría a minimizar los riesgos asociados con los residuos de plaguicidas. Por otra parte, sería recomendable que la legislación que establece los Límites Máximos de Residuos (LMR) de plaguicidas en alimentos establezca límites para los insectos con objeto de eliminar los riesgos asociados a estos contaminantes.

### **Metales pesados**

La acumulación de metales pesados en insectos comestibles se encuentra asociado a una serie de factores entre los que se destacan: tipo de metal, especie de insecto, fase de crecimiento, sustratos utilizados y contaminación ambiental (EFSA, 2015; FAO, 2021). La acumulación de cadmio se ha documentado en algunas especies de insectos de interés comercial (*H. illucens* y *G. assimilis*) (Purschke y col., 2017; van der Fels-Klerx y col., 2020), encontrándose en algunos casos niveles superiores a los permitidos en la UE en la alimentación animal en *M. domestica* (Charlton y col., 2015). Por otra parte, existen estudios que demuestran que *H. illucens* puede acumular plomo cuando son criadas sobre sustratos contaminados con el metal pesado (van der Fels-Klerx y col., 2016; Purschke y col., 2017), lo mismo que en chapulines (nombre que reciben en México los saltamontes, grillos y otros ortópteros saltadores), los cuales fueron identificados como una de las fuentes que contribuyeron a un brote de envenenamiento por plomo en Monterrey (México) (Handley y col., 2007).

En cuanto al arsénico, estudios científicos muestran que dependiendo de la especie de insecto el contaminante puede acumularse (p. ej., en larvas de *T. molitor*) o excretarse (p. ej., en *H. illucens*) y por tanto plantear problemas de seguridad o no (van der Fels-Klerx y col., 2016). Por otra parte, la capacidad de la quitina para adsorber metales pesados hace que sea importante considerar el entorno de cría de insectos (Boulaiche y col., 2020). Al igual que para el caso de los plaguicidas, sería recomendable establecer niveles máximos de ciertos metales pesados como cadmio, plomo, mercurio y arsénico en insectos que se utilizarán como alimento humano y animal (FAO, 2021).

La presencia de metales pesados podría constituir un riesgo en insectos destinados a consumo humano y animal ya que estos se bioacumulan, mientras que las micotoxinas y los hidrocarburos policíclicos suelen ser degradados por la microbiota intestinal de los insectos (Meyer y col., 2021).

### **Dioxinas**

Actualmente no hay información científica suficiente relacionada a la acumulación de dioxinas (dibenzodioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados, o PCDD+PCDF) y bifenilos policlorados similares a las dioxinas (PCBs) en insectos comestibles. Sin embargo, se ha demostrado que los PCBs se pueden acumular en grillos expuestos a suelos contaminados, aunque los niveles encontrados no se consideran de preocupación para la salud (Paine y col., 1993; Poma y col., 2017).

### **Alérgenos**

Los alimentos a base de insectos podrían presentar algún tipo de riesgo para los consumidores alérgicos, particularmente aquellos que presentan hipersensibilidad a los crustáceos, debido a que puede ocurrir reactividad cruzada (Srinroch y col., 2015). Estudios “a escala piloto” realizados por Broekman y col. (2016) detectaron que las IgE de personas alérgicas a los crustáceos podrían unirse tanto a distintas proteínas homólogas de los insectos, en particular a tropomiosina y arginina quinasa (alérgenos principales de los crustáceos), como a proteínas sarcoplasmáticas de unión al calcio y a la cadena ligera de miosina (alérgenos menores de crustáceos). Esto sugiere que personas con alergia al camarón podrían estar en riesgo de alergia asociado al consumo de insectos tales como *T. molitor*, *Alphitobius diaperinus* y *Z. morio* entre otros (Broekman et al, 2017). Dentro de los alérgenos conocidos que podrían causar reacciones alérgicas cruzadas se encuentran: arginina quinasa, tropomiosina, gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa, hexamerina 1B, sericina y hemocianina, entre otros (FAO, 2021). Por otra parte, tal como sucede con otros alimentos, el procesamiento también puede desempeñar un papel relevante tanto en el aumento como en la disminución de la alergenicidad de insectos, dependiendo el tipo de alérgeno y/o del proceso involucrado (Phiriyangkul y col., 2015). Aunque los alérgenos de insectos específicos son en gran parte desconocidos, existen pocos casos notificados de reacciones alérgicas asociadas a la entomofagia (FAO, 2021). Sin embargo, se han documentado reacciones alérgicas a insectos de los órdenes Coleoptera y Orthoptera tanto por inhalación como por contacto con la piel (Park y col., 2014; Pener, 2014). Los estudios sugieren que

la quitina, que se encuentra comúnmente en los exoesqueletos de invertebrados como crustáceos, insectos y ácaros del polvo doméstico, podría inducir reacciones alérgicas (Brinchmann y col., 2011). Se necesita una mayor cantidad de investigaciones para determinar con un mayor grado de certeza la asociación entre el potencial alergénico de la quitina y el consumo de insectos.

Hasta el momento, las investigaciones sobre la inocuidad de los insectos y sus productos industrializados desde el punto de vista de peligros químicos ha dado resultados dentro de todo alentadores, ya que, aunque como se mencionó anteriormente, si bien muchos insectos pueden bioacumular contaminantes al ser alimentados con sustratos contaminados, los valores máximos encontrados se encuentran por debajo de las concentraciones máximas recomendadas sugeridas tanto por la normativa europea como por la OMS (Charlton et al, 2015; Lalander y col., 2016; Purschke y col., 2017).

#### -Contaminantes biológicos

A pesar de que los agentes patógenos de insectos (entomopatógenos) son considerados inofensivos para humanos y animales debido a la distancia filogenética, los insectos pueden ser vectores de microorganismos que sí podrían ser perjudiciales para la salud del ser humano y/o animales, especialmente cuando los mismos son criados en condiciones higiénicas no controladas (Kooh y col., 2019). El riesgo de transmitir infecciones zoonóticas a los humanos a través de insectos comestibles parece bajo, pero este tema requiere de mayor investigación de manera de poder cuantificar el riesgo asociado al consumo de alimentos y piensos (Dicke y col., 2020).

La microbiota de los insectos es compleja, no solo se localiza en el intestino sino también en otras partes anatómicas. Esta microbiota está compuesta por microorganismos que son parte intrínseca del ciclo de vida, pero también por otros que son introducidos durante el cultivo y el procesamiento (EFSA, 2015). La presencia de dichos microorganismos se ve afectada tanto por la especie de insecto, como por la etapa de desarrollo y/o los métodos de producción utilizados (p. ej., dieta suministrada, sustrato de cría y oviposición, forma de cosecha, métodos de procesamiento y almacenamiento, entre otros) (Engel y Morgan, 2013; Kourimská y Adámková, 2016; AECOSAN, 2018; Wynants y col., 2018).

Por el momento no existen criterios microbiológicos definidos para los insectos destinados al consumo humano (AECOSAN, 2018). Los peligros biológicos asociados con los insectos comestibles se pueden controlar en gran medida mediante la aplicación de BPH durante la cría, manipulación, cosecha, procesamiento, almacenamiento y transporte de insectos y/o productos a base de insectos (Walia y col., 2018). La principal recomendación sería limitar el consumo de insectos solamente a aquellos que hayan sido criados en granjas con condiciones controladas (Kourimská y Adámková, 2016).

A continuación, se presenta un resumen de los principales peligros químicos relacionados con la cría de insectos para consumo humano y/o animal.



## Bacterias

Varios géneros y especies bacterianas han sido asociados con insectos comestibles. Dentro de ellos se puede mencionar a *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Erwinia*, *Clostridium* y *Acinetobacter*, así como miembros de la familia *Enterobacteriaceae* (EFSA, 2015; Garofalo, 2019; Murefu y col., 2019; FAO, 2021).

Estudios realizados en Alemania sobre insectos vivos, muertos, y material de cama de las cajas en las que se vendieron determinaron la presencia de bacterias pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* (tales como *Proteus*, *Serratia*, y *Morganella*), *Pseudomonas* y hongos (*Candida albicans*, *Issatchenkia orientalis*, y *Geotrichum*). Asimismo, todas las muestras analizadas resultaron negativas para *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Staphylococcus aureus* coagulasa positivos, demostrando la inocuidad de los productos analizados (Grabowski y Klein, 2017). Por otra parte, Vandeweyer y col. (2018) obtuvieron resultados similares al estudiar, mediante secuenciación de nueva generación (NGS), la microbiota de *G. sigillatus* a nivel de producción industrial (incluyendo grillo vivo, congelado, deshidratado y ahumado), su dieta y varios sustratos de cría (cama de cría y turba para oviposición). Sus resultados mostraron una relación directa entre las poblaciones microbianas del alimento y la presente en la microbiota intestinal de los insectos producidos. Por otra parte, el tratamiento térmico realizado durante el procesamiento de los grillos mostro una reducción considerable del número de microorganismos presentes. Asimismo, en ningún caso se observó la presencia de bacterias patógenas tales como *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *S. aureus* coagulasa positivo y *B. cereus*, en ninguna las etapas de producción, incluso previo al tratamiento térmico.

Por otra parte, varios microorganismos que pueden alterar la calidad de los productos alimenticios a base de insectos, como *Lysinibacillus* y *Bacillus subtilis*, han sido detectados en insectos comestibles, lo que plantea problemas de calidad, aunque no de inocuidad (Vandeweyer y col., 2020).

La presencia de bacterias formadoras de esporos en insectos comestibles es otra de las preocupaciones de inocuidad, ya que estas estructuras, al ser resistentes al calor, pueden soportar los métodos de procesamiento más comúnmente aplicados para insectos comestibles (como el secado, hervido y frito) (FAO, 2021). Bacterias esporoformadoras tales como *Bacillus cereus* sensu stricto (s.s.), *Bacillus cytotoxicus*, *Bacillus weihenstephanensis*, *Clostridium thermopalmarium* y *Clostridium sordelli* han sido aislados de gusanos de la harina, langostas y grillos domésticos comestibles procesados (Osimani y col., 2017; Vandeweyer y col., 2020; Osimani y col., 2018).

Los materiales que se utilizan durante la cría también deben ser considerados como potencialmente contaminados con microorganismos patógenos y/o alterantes. Materiales como el papel y/o cartones de huevos pueden incorporar *Salmonella* y/o *Campylobacter* al proceso productivo, aumentando el riesgo si el material utilizado tuvo contacto con, por ejemplo, heces de aves de corral (Walia y col., 2018).



Por otra parte, diversos componentes de las dietas utilizadas para la cría de insectos podrían aportar nutrientes para el crecimiento de diversas bacterias y hongos, incluidos algunos patógenos humanos (McLaughlin y Sikorowski, 1978; Sikorowski y Lawrence, 1994). En cuanto a los componentes de las dietas naturales (hojas, frutos, etc.), si no son esterilizados correctamente y/o cambiados con frecuencia, podrían ser una fuente de contaminación con diversos microorganismos dada las condiciones de elevada humedad y temperatura en que realizan las crías, normalmente superiores a 25 °C y 70% de humedad. En estos casos, bacterias pertenecientes a los géneros *Listeria*, *Salmonella*, *Campylobacter*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Serratia*, y *Bacillus*, entre otros, podrían ser incorporados (Sikorowski y Lawrence, 1994 Garofalo y col., 2017; Wynants, 2019; Inglis y Sikorowski 2009).

En base a lo expuesto, la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la obtención de sustratos de alimentación resulta imprescindible. Asimismo, en la medida de lo posible, se deben utilizar sustratos secos o pre-tratados y almacenados en condiciones secas e higiénicas, libres de plagas. En cuanto al agua, la misma debe reponerse con frecuencia durante la crianza para evitar posibles contaminaciones (Wynants, 2019).

### **Hongos**

Los hongos transmitidos por los alimentos pueden ser responsables del deterioro de los productos alimenticios afectando la calidad del producto. Por otra parte, algunos de los hongos pueden ser patógenos para los humanos y pueden producir micotoxinas que, en ciertos casos, pueden resultar dañinas para los humanos (ver “Contaminantes químicos”). Levaduras y mohos, incluidas las de los géneros *Tetrapisispora*, *Candida*, *Pichia*, *Debaryomyces* *Aspergillus*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, y *Wallemia*, en muchos casos están asociados con la microbiota presente en la superficie del cuerpo o en el intestino de insectos comestibles, pudiendo resultar dañinos (Kooh y col., 2019; FAO, 2021).

### **Virus**

Hasta el momento, los virus transmitidos por los alimentos (p. ej., hepatitis A, hepatitis E y norovirus) no han sido vinculados al consumo de insectos. Sin embargo, se debe tener especial cuidado de no introducir virus en la producción de insectos a través de sustratos y/o manipuladores (Vandeweyer y col., 2020). Los virus descritos en *A. domesticus*, *L. migratoria*, y *T. molitor* son específicos de insectos y no son patógenos para humanos u otros vertebrados, como sí puede suceder en animales de compañía (perros, gatos, caballos, reptiles, aves, entre otros), animales destinados a la producción (cerdos, aves de corral, etc.) y otros animales (roedores, murciélagos, garrapatas, peces, etc.) (Graham y col., 2008; Reperant y col., 2016). Esto se debe, entre otras cosas, a la enorme distancia evolutiva existente entre insectos y vertebrados y la elevada especificidad que suelen tener los mecanismos de infección viral en insectos (Eilenberg y col., 2012). El empleo de un sustrato adecuado para la cría de

los insectos y un procesado eficaz mitigaría el riesgo de la posible transmisión de estos virus (AECOSAN, 2018).

### **Parásitos**

Basado en datos recopilados de autopsias humanas y análisis de insectos tradicionalmente consumidos en el sudeste asiático, se describe una posible transmisión de trematodos intestinales pertenecientes a las familias *Lecithodendridae* y *Plagiorchidae* a los seres humanos (Chai y col., 2009; Belluco y col., 2013). Ciertas especies de protozoos tales como *Entamoeba histolytica*, *Balantidium*, *Isospora*, *Giardia lamblia*, *Toxoplasma* y *Sarcocystis* también han sido documentados en insectos que se consideran comestibles (FAO, 2021). Existe evidencia de casos de miasis intestinales en humanos que consumieron frutos maduros sin lavar conteniendo huevos de mosca soldado negro (Wang y Shelomi, 2017). Esto no será un problema en los productos secos, cocidos y /o en polvo, en los que no habrá presencia de huevos o larvas viables. Ciertos insectos comestibles también pueden ser vectores potenciales de *Cryptosporidium*, *Trypanosoma cruzi* y otros quistes parasitarios (van der Fels-Klerx y col., 2018; Gałęcki y Sokól, 2019). Sin embargo, resulta importante destacar que todos los estadios potencialmente infecciosos de los parásitos resultan eliminados mediante un tratamiento térmico apropiado. A modo de ejemplo, un método de control de *Toxoplasma gondii*, un reconocido parásito zoonótico presente en carnes, se desactiva mediante calentamiento por encima de 66 °C, o mediante congelación por debajo de -12 °C. En consecuencia, se considera razonable clasificar la presencia de parásitos como un peligro de bajo riesgo en insectos (SLU, 2018).

Los grillos también son afectados por el nematodo *Heterorhabditis georgiana* pero, como en el caso de los virus, el nematodo resulta específico para el insecto y no es patógeno de humano u otros vertebrados (EFSA, 2021). Hasta el presente, no se ha descrito en literatura la presencia de parásitos humanos en grillos de cría intensiva. Sin embargo, algunos estudios mencionaron la posibilidad de que *Abbreviata antarctica*, un parásito de lagarto que pudiera tener al grillo como huésped intermediario, tendría el potencial de afectar la salud humana. Sin embargo, la falta de información dificulta posibles diagnósticos y la determinación de casos clínicos (King y Jones, 2016).

### **Priones**

En las últimas décadas, los priones representaron una gran preocupación en relación a la salud animal y seguridad alimentaria. Hasta el momento no hay estudios científicos que determinen que los insectos comestibles puedan ser portadores o vectores de priones que afecten a animales o humanos. La bibliografía reporta la ausencia de genes ortólogos y/o codificantes de priones en los grillos (Thackray y col., 2012). Esta situación representa simplemente la directa imposibilidad de amplificación y replicación de proteínas priónicas en estos insectos. Sin embargo, su potencial rol como vector mecánico no debe descartarse, fundamentalmente debido a la alta estabilidad en el ambiente de los priones y su larga persistencia infectiva tanto en suelo como en agua. Debido a ello,

la EFSA sugiere que el uso de sustratos para la cría de insectos que incluyan proteínas derivadas de subproductos de origen animal, especialmente de rumiantes, o provenientes de la actividad humana podría significar un riesgo para la salud de la población (EFSA, 2015). Teniendo en cuenta los datos disponibles, podría asumirse que los priones no representan una causa importante de preocupación siempre que se sigan las recomendaciones en la alimentación de insectos mencionados en la sección “Sustratos de alimentación” (SLU, 2018).

## 6. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE INSECTOS PARA CONSUMO HUMANO

Continuando con el proceso productivo esquematizado en la Figura 2, al comienzo de este documento, se sugieren los siguientes caminos alternativos hasta la obtención de los posibles productos finales a comercializar:

- **Planta de producción primaria e industrial para venta de grillo entero crudo congelado** (pasteurizado). En este caso los grillos son criados, faenados por tratamiento térmico o congelación, y luego pasteurizados y congelados para su posterior venta y procesamiento industrial (Producto (A) en la Figura 2).

- **Planta de producción primaria e industrial para venta de grillo entero crudo congelado** (pasteurizado) **o de grillo entero seco o grillo en polvo**. En esta opción los grillos se crían, faenan, secan y muelen. En el caso de que el productor opte por realizar un proceso continuo la faena deberá incluir un tratamiento térmico pasteurizante previo al secado. El productor deberá mantener las líneas de producción primaria y de producción industrial separadas (Productos (A), (B) o (C) en la Figura 2).

- **Planta industrial que compra el grillo entero congelado** (pasteurizado) **para su posterior procesamiento y obtención de grillo entero congelado y pasteurizado o de grillo entero seco o grillo en polvo**. En esta alternativa la planta no realiza la cría y faena de los grillos, sino que adquiere el producto congelado y lo procesa (Productos (B) o (C) en la Figura 2).

Si bien el diagrama de flujo propuesto ha sido elaborado en base al procesamiento de grillos en particular, el proceso general puede ser utilizado para el procesamiento de otros insectos de interés como *T. molitor*, *Z. morio*, *Blaptica dubia*, entre otros. Como fuera mencionado anteriormente, la adaptación de los procesos asociados a la producción primaria de dichos insectos puede ser fácilmente lograda teniendo en consideración principalmente las condiciones de cría (temperatura, humedad, sustratos). Sin embargo, para el caso de insectos con capacidad voladora como *L. migratoria* o *H. illucens*, estas adaptaciones conllevan la aplicación de medidas de seguridad adicionales en todo el proceso de cría para prevenir la liberación de los insectos hacia afuera de sus contenedores o incluso de la planta productora.

Sin embargo, cuando los insectos ya se encuentran cosechados y faenados, el procesamiento industrial posterior para la obtención de ingredientes alimentarios para consumo humano puede ser empleado, sin grandes modificaciones, para los diferentes tipos de especies de interés. En este sentido, las etapas descritas a continuación para el procesamiento industrial de grillos pueden utilizarse como guía para la elaboración de procesos industriales para insectos en general. En estos casos, los responsables de estos establecimientos deberán evaluar las modificaciones necesarias en función de las características particulares de cada insecto. Un buen ejemplo de esto es el procesamiento de *L. migratoria* que, a diferencia de lo que ocurre para el procesamiento de grillos, requiere una etapa adicional en la cual se separan las patas del insecto debido a su dureza y a que contienen estructuras similares a espinas. Otras cuestiones que puede ser necesario considerar a la hora de adaptar el proceso a las distintas especies son los diferentes estadios de cosecha de cada insecto, sus tamaños y formas, los tiempos de procesamiento, su composición, y la necesidad de atravesar procesos adicionales (p. ej., separación de componentes), por citar algunos ejemplos.

Por otro lado, en la Tabla 1 se exponen las etapas del diagrama de flujo propuesto incluyendo, en forma resumida, información de cada una de las operaciones, sus objetivos, su descripción, parámetros de control, así como las entradas (insumos) y salidas (productos) de cada etapa.

### **6.1. Material de entrada del procesamiento industrial de grillo**

La materia prima de entrada al proceso de producción industrial son grillos enteros y faenados provenientes de la producción primaria. La forma de presentación de dicha materia prima dependerá de la clasificación del establecimiento productor:

- Establecimientos de producción industrial separados de establecimientos de producción primaria (línea de producción discontinua): la recepción de la materia prima proviene de un establecimiento diferente. Se debe asegurar la adecuada conservación de los lotes de grillo congelado por lo que se sugiere contar con vehículos de transporte refrigerados y un área de recepción y almacenamiento acondicionada para tal fin.
- Establecimientos de producción primaria acoplados a establecimientos de producción industrial (línea de producción continua): el ingreso de la materia prima al proceso industrial se realiza de manera directa luego de la faena, asegurando que se cumplan todas las condiciones higiénico-sanitarias durante el proceso. De todas formas, esta configuración también puede contar con un área de almacenamiento de materia prima congelada entre ambos sectores para un mejor control de los volúmenes de producción o para facilitar operaciones de mantenimiento que impliquen detener temporalmente la producción industrial.

### **6.2. Acondicionamiento de las materias primas**

A continuación, se describen las etapas del proceso productivo para la obtención de alimentos aptos para consumo humano a partir de grillos.

“Producción de insectos para consumo humano”

**Tabla 1.** Características principales del proceso industrial en la obtención de alimentos aptos para consumo humano a partir de grillos.

OPERACIÓN	ENTRADA	OBJETIVO – DESCRIPCIÓN – PARÁMETROS DE CONTROL	SALIDA	REFERENCIAS
ZONA LIMPIA				
<p>Toda operación industrial a partir de este punto debe realizarse en condiciones higiénico-sanitarias que aseguren la inocuidad de los productos finales. Se deben utilizar utensilios y recipientes previamente higienizados y sanitizados para evitar la contaminación cruzada.</p>				
PASTEURIZACIÓN O TRATAMIENTO PASTEURIZANTE	Grillos faenados por congelación	<p><b>Objetivo:</b> eliminar microorganismos patógenos, reducir la carga microbiana total, eliminar polvillo, restos de sustrato y desechos adheridos a los insectos.</p> <p><b>Descripción:</b> por inmersión en agua caliente: 10 min a 90 °C/5 min a 100 °C.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> la carga microbiana al final de la pasteurización deberá mantenerse dentro de los parámetros establecidos para productos o ingredientes ya regulados.</p>	Grillos pasteurizados y escurridos	Klunder y col., (2012); Deak (2014); Grabowski y col., (2018); Cappelli y col., (2019); EFSA (2021a; 2021b)
CONGELACIÓN	Grillos pasteurizados y escurridos	<p><b>Objetivo:</b> preservar el producto y evitar proliferación microbiana.</p> <p><b>Descripción:</b> posibilidad de congelar utilizando diferentes sistemas, manteniendo cadena de frío y en recipientes aptos para uso bromatológico.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> temperaturas entre -20 y -18 °C.</p>	Grillos enteros congelados	Venugopal (2005); Sun (2006)
ENVASADO Y ALMACENAMIENTO CONGELADO	Grillos enteros congelados	<p><b>Objetivo:</b> preservar el producto, evitar proliferación microbiana y contaminación cruzada, extender la vida útil.</p> <p><b>Descripción:</b> en envases que aseguren su condición higiénica y la de sus características organolépticas, manteniendo cadena de frío.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> temperaturas entre -20 y -18 °C. Vida útil definida según criterios microbiológicos ya reglamentados para alimentos congelados.</p>	<b>Grillo entero congelado envasado</b>	CAA (2021a); Venugopal (2005); Sun (2006); Ssepuuya y col., (2016); EFSA (2021a; 2021b)
DESCONGELACIÓN	Grillos enteros congelados	<p><b>Objetivo:</b> acondicionamiento de la materia prima.</p> <p><b>Descripción:</b> proceso con o sin aplicación de refrigeración.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> condiciones higiénico-sanitarias adecuadas para evitar recontaminación microbiana.</p>	Grillos enteros descongelados	Venugopal (2005)
	Grillos enteros congelados envasados			
DESHIDRATACIÓN	Grillos pasteurizados y escurridos	<p><b>Objetivo:</b> prolongar la vida útil por reducción de su actividad de agua.</p> <p><b>Descripción:</b> posibilidad de utilizar distintos sistemas de deshidratación, continuos o discontinuos.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> hasta alcanzar un valor de actividad acuosa menor o igual a 0,6.</p> <p>La humedad máxima permitida en productos en polvo ya reglamentados se encuentra en el rango entre 3,5% (leche en polvo para consumo humano) y 15% (harina de trigo 0000).</p>	Grillos enteros secos	Fellows (1994); Kröncke y col., (2018); Lenz y col., (2018)
	Grillos enteros descongelados			
ENVASADO Y ALMACENAMIENTO (1)	Grillos enteros secos	<p><b>Objetivo:</b> preservar la inocuidad del producto, evitar proliferación microbiana y contaminación cruzada, extender la vida útil.</p> <p><b>Descripción:</b> en envases que aseguren su condición higiénica y la de sus características organolépticas.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> la vida útil del producto final dependerá del material y método de envasado seleccionado. Se recomienda considerar defectos o deterioros durante el almacenamiento tales como fragilidad del producto, estabilidad oxidativa, higroscopicidad.</p>	<b>Grillos entero seco envasado</b>	CAA (2021a, 2021b); Lenz y col., (2018); Soares Araújo y col., (2019)
MOLIENDA Y CERNIDO	Grillos enteros secos	<p><b>Objetivo:</b> reducir el tamaño de partícula al deseado y controlar ausencia de materiales extraños.</p> <p><b>Descripción:</b> utilización de molinos hasta la obtención de un polvo y uso de tamices para controlar la calidad e inocuidad del producto final. Reprocesamiento de partículas de mayor tamaño hasta reducción deseada.</p> <p><b>Parámetros de control:</b> reducir al mínimo posible la exposición al oxígeno y humedad atmosférica, controlar los aumentos de temperatura durante la molienda, controlar elementos mecánicos del molino para extender la vida útil.</p>	Polvo de grillo	

*“Producción de insectos para consumo humano”*

<p align="center">ENVASADO Y ALMACENAMIENTO (2)</p>	<p>Polvo de grillo</p>	<p><u>Objetivo:</u> preservar la inocuidad del producto, evitar proliferación microbiana y contaminación cruzada, extender la vida útil.  <u>Descripción:</u> en envases que aseguren su condición higiénica y la de sus características organolépticas.  <u>Parámetros de control:</u> la vida útil del producto final dependerá del material y método de envasado seleccionado. Se recomienda considerar defectos o deterioros durante el almacenamiento tales como estabilidad oxidativa, higroscopicidad.</p>	<p align="center"><b>Polvo de grillo envasado</b></p>	<p>CAA (2021a, 2021b); Lupano (2013); Shakerardekani y col., (2013); Kamau y col., (2018); Lenz y col., (2018)</p>
---	------------------------	---	---	--

**a) Pasteurización:** Se recomienda que los lotes de grillos que ingresen a la producción industrial reciban o hayan recibido un tratamiento térmico equivalente a una pasteurización con el objetivo de eliminar bacterias patógenas que pudieran estar presentes. En base a la bibliografía consultada, se recomienda que la pasteurización se realice por inmersión de la materia prima en agua caliente. La temperatura del agua utilizada para este fin podrá variar dependiendo del establecimiento, pero se recomienda que siempre supere los 60 °C (Deak, 2014). Se debe asegurar la permanencia de los grillos en el agua a la temperatura seleccionada durante el tiempo necesario, con el objetivo principal de eliminar posibles patógenos presentes. Las combinaciones tiempo y temperatura de pasteurización utilizadas son dependientes de la especie de insecto y su estadio, y pueden ser seleccionadas por cada establecimiento. Por ejemplo, algunas de las condiciones informadas en literatura son de 90 °C – 10 min (EFSA, 2021; EFSA, 2021a) o 100 °C – 5 min (Cappelli y col., 2019; Klunder y col., 2012).

Por otra parte, se ha reportado que los controles de pasteurización basados en la actividad de la enzima fosfatasa alcalina convencionalmente utilizados en la industria láctea podrían ser aplicados con éxito para el control de la pasteurización en una amplia variedad de insectos (Grabowski y col., 2018). En general, las combinaciones equivalentes que implican mayores temperaturas y menores tiempos son las más recomendadas, ya que minimizan las pérdidas nutricionales y alteran en menor medida las características de la materia prima. Deberá tenerse en consideración que para pasteurizar un lote de grillo congelado puede ser necesario prolongar los tiempos de inmersión para compensar el descenso de la temperatura del agua que pueda producirse al incorporar el material congelado. En todos los casos, la pasteurización por inmersión en agua caliente cumple la función de eliminar patógenos, reducir la carga microbiana total y, además, lavar a los especímenes de restos de sustrato, alimento o desechos que pudieran haber quedado adheridos en la superficie de los insectos.

La zona de pasteurización demarca el límite entre la zona sucia y la zona limpia. Por esta razón, todas las etapas de procesamiento posteriores (incluida la pasteurización) deberán realizarse bajo condiciones higiénico-sanitarias estrictas para asegurar la inocuidad y calidad del producto final, así como posibles contaminaciones cruzadas luego del tratamiento térmico.

En establecimientos donde se realicen procesamientos continuos, el lote de grillos faenado puede ingresar al proceso industrial en forma congelada o de manera directa, sin congelar. En este caso, se recomienda que la faena se realice por un tratamiento de inmersión en agua caliente (mayor a 60 °C) equivalente a un tratamiento de lavado pasteurizante para reducir la carga microbiana previo al proceso de deshidratación.

El límite entre la zona sucia y la zona limpia quedará demarcado por la etapa de faena/pasteurización. En los casos donde la faena se realice por frío y el lote ingrese congelado, se recomienda que se realice un tratamiento térmico pasteurizante como se describió en el párrafo anterior.



**b) Congelación:** El lote de grillo pasteurizado y escurrido puede congelarse hasta el momento de su procesamiento utilizando diferentes métodos, según las posibilidades tecnológicas de cada establecimiento. Por ejemplo, pueden emplearse equipos ya disponibles para la congelación de alimentos troceados o enteros de pequeño tamaño como los utilizados para camarones, langostinos, frutas y vegetales.

A continuación, se enumeran algunos métodos de congelación existentes (Venugopal, 2005; Sun, 2006):

- **Congelación en cámaras de frío**, donde el lote de grillo pasteurizado se dispone en bandejas amplias para su congelación en cámara de frío a temperaturas entre -20 y -18 °C.
- **Congelación en freezers convencionales**. En estos casos, el lote de grillo pasteurizado se dispondrá en recipientes limpios y sanitizados aptos para uso bromatológico, y se almacenará a temperaturas entre -20 a -18 °C.
- **Equipos de congelación individual rápida (IQF)**, donde una cinta transportadora conduce al lote de grillos pasteurizados a lo largo de un túnel de frío o un baño con líquido criogénico para la congelación individual de los especímenes del lote.
- **Congelación en lechos fluidizados**, donde una corriente de aire frío fluye a través de placas perforadas y mantiene en suspensión al material para su congelación.

El grillo entero congelado tendrá diferentes destinos dependiendo del tipo de producto final buscado. Puede destinarse tanto al expendio comercial como grillo entero congelado, o continuar el procesamiento industrial para la producción de alimentos o ingredientes deshidratados.

### **6.3. Producción de ingredientes congelados**

En este caso, el producto final del proceso industrial propuesto es el de grillo entero congelado pasteurizado (Producto (A) en la Figura 2).

**Invasado y almacenamiento de grillo entero pasteurizado congelado:** Para el expendio de este tipo de productos se sugiere el fraccionamiento del lote en envases de distintas capacidades según la conveniencia del establecimiento ya que estos productos pueden estar dirigidos a la venta minorista (consumo doméstico) o mayorista (sector gastronómico, industrial, etc.). Los productos finales ya envasados deben almacenarse, distribuirse y conservarse sin interrumpir la cadena de frío. La vida útil de estos productos responde principalmente a criterios microbiológicos, así como a la calidad sensorial, incluyendo su apariencia visual (Venugopal, 2005). A modo de referencia, se puede citar el trabajo realizado por Ssepuyua y col. (2016), donde se describen las condiciones de envasado de una especie de saltamontes comestible (*Ruspolia nitidula*). Dichas condiciones permiten asegurar tanto la inocuidad microbiológica como química hasta por 22 semanas, así como también su aceptabilidad

sensorial. De manera similar, para otras especies de insectos como el grillo doméstico (*A. domesticus*) y la langosta migratoria (*L. migratoria*) se han informado tiempos de vida útil de hasta 6 y 12 meses, respectivamente, cuando son almacenados a -18 °C. Estos tiempos fueron determinados teniendo en cuenta principalmente criterios microbiológicos (EFSA, 2021; EFSA 2021a).

Los envases utilizados deben ser de uso bromatológico y aptos para su almacenamiento a temperaturas de congelación convencionales (-20 a -18 °C). Los mismos pueden ser rígidos o flexibles, debiendo ofrecer una barrera adecuada contra el oxígeno y la humedad (Sun, 2006) y deben contar con un rótulo acorde a las normativas vigentes mencionadas en el Capítulo V del CAA (2021b).

Se considera sumamente recomendable incorporar, en el rótulo, advertencias sobre la posible presencia de alérgenos debido a los antecedentes de alergenicidad cruzada en personas con alergias a mariscos o ácaros del polvo (Pali-Schöll y col., 2019; FAO, 2021) (ver “Etiquetado” más adelante). Asimismo, será importante incluir en el rótulo recomendaciones para la conservación y cocción del producto. Para esto, pueden utilizarse como ejemplo las recomendaciones de cocción de alimentos como salchichas de Viena pasteurizadas, vegetales congelados, rebozados congelados de pollo tipo “Nuggets”, pastas frescas rellenas, etc. Por ejemplo, la leyenda puede indicar: “Recomendaciones para el consumidor: manténgase en heladera de 2 a 4 °C por hasta 2 días, en congelador a -4 °C hasta 15 días, o en freezer a -18 °C por hasta 6 meses. Una vez descongelado, no volver a congelar. No consumir directamente. Sugerencia de preparación: cocinar en abundante agua potable a hervor durante 5 min o en horno bajo hasta que estén crocantes”.

El establecimiento de producción puede seleccionar entre los envases permitidos en el Código Alimentario Argentino (CAA, 2021a).

#### **6.4. Producción de grillo entero deshidratado**

La producción industrial de grillo entero deshidratados (Producto (B) en la Figura 2) puede realizarse a partir de lotes de grillo provenientes de distintos orígenes:

- **Grillo pasteurizado congelado almacenado en la planta de producción**, donde el procesamiento posterior ocurre como una continuación de lo descrito en “6.3. Producción de ingredientes congelados”.
- **Grillo pasteurizado congelado adquirido de terceros**, producidos en un establecimiento diferente según se describió en “6.3. Producción de ingredientes congelados”.
- **Grillo pasteurizado (congelado o no)**, proveniente de una línea de producción continua cuando el establecimiento de producción primaria se encuentra acoplado al de producción industrial.

Si se parte de lotes congelados, el proceso productivo propuesto es el siguiente:

**a) Descongelación:** La descongelación del lote de grillo entero congelado debe realizarse en condiciones higiénico-sanitarias adecuadas, controlando que las condiciones ambientales y los recipientes utilizados para este fin sean seguros y minimicen la exposición del producto a una recontaminación microbiana.

Se recomienda descongelar el lote en forma refrigerada ( $\leq 10$  °C) para evitar la interrupción de la cadena de frío y disminuir el riesgo de proliferación de microorganismos. En caso de que la descongelación no se realice en condiciones de refrigeración, se recomienda trabajar con condiciones ambientales seguras, así como con velocidades de descongelación adecuadas, de manera de minimizar los riesgos microbiológicos. Para esto, pueden utilizarse sistemas tales como descongelación con aire caliente, al vacío, dieléctrica, con resistencias eléctricas, por microondas, por radiación infrarroja, entre otras (Venugopal, 2005).

**b) Deshidratación:** El objetivo principal de la deshidratación es prolongar la vida útil de los alimentos reduciendo su actividad acuosa ( $a_w$ ). En los alimentos deshidratados, los valores bajos de  $a_w$  ( $\leq 0,6$ ) reducen las posibilidades de desarrollo microbiano, así como de la actividad enzimática. Adicionalmente, la deshidratación reduce el peso y el volumen de los productos y, en consecuencia, disminuye los gastos de transporte y almacenamiento. No obstante, con esta operación unitaria también se alteran las características organolépticas y el valor nutritivo de los alimentos, dando lugar a productos finales diferentes al original.

Por esta razón, la selección de parámetros adecuados para cada alimento en particular resulta crítica si se pretende reducir al mínimo las modificaciones que los alimentos experimentan durante el proceso (Fellows, 1994). Por ejemplo, la oxidación de lípidos se ve favorecida por diferentes procesos de secado, y puede afectar negativamente la calidad de los lípidos e incluso la cantidad y disponibilidad de materia grasa presentes en los insectos (Melgar-Lalanne y col., 2019).

El proceso de deshidratación puede llevarse adelante sobre distintos tipos de lotes, dependiendo de las características de cada establecimiento, por ejemplo:

- **Grillo pasteurizado y descongelado (línea de producción discontinua).** Cuando los establecimientos utilizan materia prima congelada adquirida de terceros, o que fue producida y/o almacenada en planta. La deshidratación debe estar acoplada en forma continua con la descongelación de los grillos.
- **Grillo pasteurizado (línea de producción continua).** Este es el caso de establecimientos donde la producción primaria está acoplada a la producción industrializada de ingredientes deshidratados de tal manera que no se utilizan etapas de congelación intermedias (ver “Proceso general” y “Pasteurización”). Dado que este procedimiento no incluye etapas de congelación del lote a deshidratar, se recomienda que la deshidratación esté acoplada de forma continua con la etapa de

pasteurización. A la vez, la pasteurización puede lograrse durante la propia etapa de faenado si esta última se realiza por tratamiento térmico y ajustando las condiciones para alcanzar un efecto pasteurizante.

La deshidratación puede adaptarse a las facilidades que presente cada establecimiento, siendo el parámetro crítico de control una  $a_w$  menor o igual a 0,6 (Fellows, 1994). Esta etapa puede llevarse adelante por medio del uso de equipos ya disponibles en otras industrias elaboradoras de alimentos, tales como los utilizados en el secado de frutas, granos y legumbres (Kröncke y col., 2018, Lenz y col., 2018). Dentro de estos equipos se mencionan:

- Estufas u hornos con convección forzada
- Lechos fluidizados
- Túneles de secado
- Secadores de banda transportadora perforada
- Microondas
- Otros

**c) Envasado y almacenamiento de grillo entero deshidratado:** Para la comercialización de estos productos se recomienda el fraccionamiento del lote en envases de distintas capacidades según los objetivos del establecimiento y el público al que está dirigido (venta minorista o mayorista).

Tal como se indica en el Capítulo IV del CAA (2021a), los envases utilizados deben ser aptos para uso bromatológico, pudiendo el establecimiento seleccionar el que más se adecue a sus necesidades. Asimismo, deben contar con un rótulo acorde a las normativas vigentes mencionadas en el Capítulo V del CAA (2021b). La vida útil de este producto final dependerá del material, el método y la forma de envasado seleccionados (Sun, 2006). En esta selección se recomienda tener en cuenta los posibles defectos y/o deterioros que puedan presentarse durante el almacenamiento, los cuales podrán afectar la calidad del producto durante su vida útil. Dentro de estos se destacan:

- **Fragilidad y friabilidad.** Es importante resaltar que el proceso de deshidratación de especímenes enteros puede dar como resultado un producto frágil que puede fragmentarse por la acción mecánica durante la manipulación, transporte y distribución. Por lo tanto, si bien es posible utilizar envases flexibles, por ejemplo, amortiguados con atmósferas modificadas como en el caso de los snacks salados, se recomienda tener en cuenta envases que cuenten con un mayor grado de protección contra la acción mecánica (Sun, 2006).
- **Oxidación de lípidos y pérdidas nutricionales.** Dado el elevado contenido de materia grasa en este producto (en base seca, entre el 21% y el 29%), la oxidación de lípidos puede ser limitante en la vida útil química y/o sensorial del producto (Lenz y col., 2018; Soares Araújo y col., 2019). Por

otra parte, también es importante considerar la degradación de vitaminas y compuestos aromáticos. Es recomendable el empleo de atmósferas modificadas y envases impermeables a la luz (Sun, 2006).

- **Higroscopicidad.** Los productos deshidratados tienden a absorber la humedad atmosférica, aumentando el contenido de agua del producto y su actividad acuosa. Esto puede contribuir al deterioro del alimento, alterando su textura, provocando aglomeraciones y aumentando el riesgo de proliferación microbiana. Por estas razones, es conveniente utilizar envases que ofrezcan una buena barrera contra la humedad ambiente (Sun, 2006).

Nuevamente, se sugiere incorporar advertencias sobre la posible presencia de alérgenos en el rótulo debido a los antecedentes de alergenicidad cruzada en personas con alergias a mariscos o ácaros del polvo (Pali-Schöll y col., 2019) (ver “Etiquetado” más adelante).

### **6.5. Producción de polvo de grillo**

En este caso, el producto final del proceso industrial propuesto es el polvo de grillo deshidratado (Producto (C) en la Figura 2).

**a) Molienda y cernido:** Este producto final se obtiene reduciendo el tamaño de partícula de lotes de grillo entero deshidratado (ver “6.4. Producción de grillo entero deshidratado”) por medio de un proceso de molienda y cernido. El tamaño de partícula podrá ser ajustado a los objetivos del establecimiento de producción. La utilización de cribas y tamices es recomendada para obtener distribuciones de tamaño de partícula homogéneas, y también para descartar materiales extraños que pudieran haber sido incorporados en alguna etapa operativa.

Los fragmentos de grillo deshidratado que no atraviesen el tamiz seleccionado pueden ser reprocesados en el molino hasta lograr la reducción de tamaño deseada, o ser descartados.

En productos en polvo con elevado contenido de materia grasa, la oxidación de lípidos puede encontrarse aún más favorecida debido a que, durante el proceso de molienda, los lípidos son liberados de su matriz y expuestos al oxígeno atmosférico. Además, la fricción producida durante la molienda puede generar aumentos de temperatura, así como liberar trazas de metales. Todos estos factores están involucrados y/o catalizan la oxidación lipídica, por lo que se recomienda prestar especial atención a las condiciones de molienda y el estado de los componentes del molino para disminuir el riesgo de oxidación de lípidos en el producto final que puedan menoscabar su vida útil (Lupano, 2013; Shakerardekani y col., 2013).

**b) Envasado y almacenamiento de polvo de grillo deshidratado:** Los lotes de este producto en polvo podrán ser fraccionados en envases aptos para uso bromatológico, tal como se indica en el Capítulo IV del CAA (2021a), pudiendo el establecimiento seleccionar el que más se adecue a sus

necesidades. Asimismo, deben contar con un rótulo acorde a las normativas vigentes (CAA, 2021b). El producto puede ser presentado en envases de distinto peso para su comercialización minorista o mayorista. Al igual que para el grillo entero deshidratado, la vida útil de este producto final dependerá del material, el método y la forma de envasado seleccionados (Sun, 2006).

Para la elección de los envases se recomienda tener en cuenta los posibles defectos y/o deterioros que puedan presentarse durante el almacenamiento, los cuales podrán afectar la calidad del producto durante su vida útil. Dentro de estos se destacan:

- **Oxidación de lípidos y pérdidas nutricionales.** Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente (ver “Envasado y almacenamiento de grillo entero deshidratado” y “Molienda y cernido”), el empleo de atmósferas modificadas y envases impermeables a la luz es la opción más recomendable para prolongar la vida útil de este tipo de productos. Para mantener el producto fresco en el envase se puede incorporar un absorbedor de oxígeno grado alimentario, lo que debe ser aclarado en el rótulo del producto.

- **Higroscopicidad.** Los productos deshidratados en polvo son aún más propensos a la absorción de humedad ambiente debido a que el área superficial expuesta a la atmósfera es mayor. El empleo de envases inadecuados puede provocar aumento de la humedad y la actividad acuosa en el producto que conduzcan a la formación de grumos o aglomeraciones, cambios de color y proliferación microbiana. Como resultado, la vida útil sensorial y/o microbiológica, y por lo tanto la inocuidad del producto, podrían verse afectadas. Por esta razón, se debe tener especial cuidado a la hora de seleccionar envases impermeables a la humedad ambiente. Idealmente, los envases podrán contar con un sistema de cerrado hermético para los casos donde, una vez abierto, el producto no se consuma en su totalidad.

A modo de referencia, se ha informado que el polvo de grillo, obtenido por deshidratación hasta un contenido de humedad del 5%, puede ser almacenado en envases de polietileno convencionales de 80 µm de espesor hasta por 7 meses (a temperatura ambiente de 25 °C y humedad relativa de hasta un 90%) antes de alcanzar un valor de actividad acuosa mayor a 0,6 (Kamau y col., 2018).

## **6.6. Contaminantes químicos y biológicos en producción industrial de insectos**

### **-Contaminantes químicos**

#### **Micotoxinas**

Ver también “5.7 Contaminantes químicos y biológicos en producción primaria de insectos”. Hasta el momento existen muy pocos datos científicos relacionados con la presencia de micotoxinas en productos a base de insectos para consumo humano (Schrögel y Wätjen, 2019). En uno de los pocos estudios documentados, realizado por Kachapulula y col. (2018), se analizaron 101 muestras de insectos secos comestibles (orugas y termitas) provenientes de diferentes mercados de Zambia. Los

autores observaron que, en algunas muestras, las concentraciones de aflatoxinas totales (incluidas las aflatoxinas B1, G1, B2 y G2) se encontraron ligeramente por encima de los límites reglamentarios locales (de 10 g/kg). Sin embargo, estos valores aumentaron considerablemente después de simular condiciones de almacenamiento deficientes, a temperatura y humedad elevadas.

### **Alérgenos**

A pesar del interés nutricional que despierta este tipo de productos en función de la alta calidad de sus componentes (proteínas, lípidos, vitaminas, minerales), uno de los principales problemas que presenta el consumo de insectos es el riesgo de desencadenar reacciones alérgicas en personas sensibles a crustáceos, moluscos, o incluso a alérgenos ambientales como los ácaros, tal como se mencionó anteriormente (ver “5.7. Contaminantes químicos y biológicos en la producción primaria de insectos”).

Se ha demostrado que este problema está asociado a reactividad cruzada de varios de los denominados “panalérgenos”, que son familias de proteínas presentes tanto en crustáceos como insectos, y entre los que podríamos mencionar a las tropomiosinas y a las arginina quininas (Panzani y Ariano, 2001; IPIFF, 2019a). Además de estas proteínas, otros alérgenos asociados más específicamente a insectos podrían estar también involucrados. Muchos de estos alérgenos no han sido todavía identificados y caracterizados. En función de esto, la práctica que están adoptando algunos países es comunicar este riesgo potencial a las personas alérgicas a crustáceos o moluscos, aconsejando que simplemente eviten el consumo de productos derivados de insectos (EFSA, 2015; Barre y col., 2014).

En países tradicionalmente consumidores de insectos como China, se han reportado más de 1.000 casos por año de anafilaxia, los cuales estarían asociados al consumo de productos derivados de insectos, de los cuales aproximadamente unos 50 (1 de cada 20) pueden ser de extrema gravedad (Belluco y col., 2013). Sin embargo, a pesar del riesgo de alergenidad reconocido asociado a las proteínas de insectos, los estudios realizados son, hasta el momento, limitados. Sería necesario tener un mayor volumen de datos y de estudios específicos sobre esta temática, como para poder brindar información más concluyente sobre la hipersensibilidad a las proteínas de insectos (Mézes, 2018). Al respecto, las evidencias indicarían que existe una alta probabilidad de que pueda producirse este tipo de reacciones cruzadas, por lo que el riesgo de reacciones alérgicas y las medidas adecuadas de comunicación del riesgo deben ser específicamente considerados en la reglamentación. Uno de los escasos estudios en los cuales se aplicó la metodología de análisis cuantitativo de riesgos para describir escenarios presentes y futuros de exposición de consumidores alérgicos a alimentos que contienen *T. molitor* fue el realizado por Garino y col. (2020). En él, los autores demostraron que para personas alérgicas a los crustáceos, estos productos pueden representar un riesgo importante en cuanto al potencial desarrollo de reacciones alérgicas, ya que las dosis capaces de desencadenar una reacción



de este tipo (*eliciting doses*) son inferiores a las presentes en una porción estándar de distintos productos evaluados (insectos enteros, hamburguesas con proteína de insectos, barras energéticas con proteínas de insectos, y pastas con harina de insectos). En estos escenarios, el consumo directo de insectos enteros supondría una ingesta de 13,5 g de proteína de insectos, el de hamburguesas una ingesta de 13,6 g, el de la barra energética una de 1,5 g, y el de pasta una de 5 g. En función de esto, estos autores sugieren que, para proteger la salud de los consumidores alérgicos, resulta necesario la comunicación de este riesgo a través del etiquetado precautorio de los alimentos que contienen insectos.

#### a) Alérgenos identificados en productos a base de insectos

Como se ha mencionado anteriormente, los principales alérgenos potenciales (panalérgenos) presentes en insectos son la tropomiosina y la arginina quinasa:

Tropomiosina: Si bien la tropomiosina presente en vertebrados no se considera un alérgeno importante, la misma proteína de invertebrado es altamente alergénica para personas sensibles. La misma está uniformemente diseminada en todos los grupos de invertebrados (arácnidos, insectos, crustáceos, moluscos, nematodos), por lo que se considera un panalérgeno, responsable de gran parte de las reacciones cruzadas entre artrópodos y otros invertebrados. Esta reactividad cruzada se explica por el alto grado de conservación de su secuencia de aminoácidos (60% de identidad y 80% de homología), pero sobre todo por su estructura tridimensional, la cual conserva regiones que formarían epítomos conformacionales comunes (Belluco y col., 2013; Barre y col., 2014; EFSA, 2015; de Gier y Verhoeckx, 2014).

Arginina quinasa: Es un alérgeno muy extendido entre los invertebrados, en particular entre los crustáceos y los insectos. Al igual que la tropomiosina, las proteínas presentes en crustáceos y en distintos insectos muestran un alto grado tanto de conservación (70% de identidad y 90% de homología) como de similitud estructural (Barre y col., 2014; Liu y col., 2009; de Gier y Verhoeckx, 2014).

Otros potenciales alérgenos presentes en insectos son la quitinasa, la paramiosina, la  $\alpha$ -amilasa, la cadena pesada de la miosina, el precursor de hexamerina, la hemocianina, la proteasa aspártica, la calicina, la glutatión transferasa, la troponina C, la quitina o quitosano y la carmina (Belluco y col., 2013; EFSA, 2015; de Gier y Verhoeckx, 2018).

En función de las características potencialmente alergénicas de los insectos, es importante incorporar en el rótulo de los productos elaborados advertencias sobre la posible presencia de alérgenos, debido a los antecedentes de alergenicidad cruzada en personas con alergias a crustáceos o ácaros del polvo (Pali-Schöll y col., 2019; IPIFF, 2019a). A modo de ejemplo, en la siguiente sección, “Etiquetado”,

se podrán encontrar imágenes de productos, existentes hoy en el mercado, en donde se describen advertencias claramente visibles sobre riesgos alérgicos.

#### b) Etiquetado

Considerando el hecho de que la presencia de proteínas potencialmente alérgicas constituye un riesgo intrínseco de productos a base de insectos, particularmente para consumidores alérgicos a los crustáceos, y que no existen etapas de elaboración que puedan modificar o eliminar este riesgo (con la sola excepción de procesos que degraden a estas proteínas como, por ejemplo, la hidrólisis enzimática), la comunicación adecuada de este riesgo mediante el etiquetado constituye la opción más adecuada para minimizar la ocurrencia de reacciones adversas en personas sensibles. En este sentido, el etiquetado de productos destinados al consumo humano a base de insectos en general, y de grillos en particular, debería realizarse de forma lo más estandarizada posible, con frases que puedan ser correctamente interpretadas por el grupo de riesgo. Como fuera mencionado, la sensibilidad en estas poblaciones está asociada particularmente a distintos componentes proteicos (tropomiosinas, arginina quinasa, quitinasa, entre otras) presentes tanto en crustáceos y mariscos como en los ácaros del polvo. Hay indicios de que la quitina y el quitosano (producido por desacetilación de la primera) tienen propiedades que podrían aumentar la respuesta inmune dependiendo de la vía de administración y el tamaño de sus partículas (van Huis y col., 2013; Muzzarelli, 2010). Según un informe publicado por la EFSA, la ingesta de 5 g de quitina-glucano proveniente de crustáceos no plantearía preocupaciones para la salud pública (EFSA, 2010).

Dado lo antedicho, el etiquetado de los productos a base de insectos deberá cumplir con las normas detalladas en el Capítulo V, art. 235 séptimo del CAA (2021b). Sin embargo, dado que dicho artículo no contempla la alergenicidad de insectos, ya que estos productos no se encuentran regulados, una alternativa sería que, a modo preventivo y hasta que se estandarice y regule la actividad, la etiqueta indique la presencia de “crustáceos y productos derivados”, según el punto 1.2 del artículo mencionado. Se recomienda que tales declaraciones de advertencia estén presentes en la etiqueta para garantizar que los consumidores sean conscientes de los riesgos, aun cuando el producto no contenga específicamente crustáceos y productos derivados.

En un relevamiento realizado sobre declaraciones de alergenicidad en rótulos de productos similares a los propuestos<sup>12, 13, 14</sup>, y que son actualmente comercializados en otros países, se constató el uso del rotulado precautorio (mensajes de advertencia que mencionan que los productos a base de insectos pueden desencadenar reacciones alérgicas similares a las ocasionadas por crustáceos y/o moluscos) (Figura 6). Como ejemplo de este tipo de declaración de alérgenos en productos comerciales puede

<sup>12</sup> <https://biobuguk.com/product/cricket-flour-protein-powder/>

<sup>13</sup> <https://www.thailandunique.com/insect-bug-flour-powder/jamaican-cricket-flour>

<sup>14</sup> <https://exoprotein.com/products/cricket-powder-1lb>

mencionarse la frase *“Si padece alergia a los ácaros, mariscos y/o crustáceos, puede ser alérgico o sensible a este producto”*.

Es importante mencionar que en nuestro país se trata de evitar hacer referencia directa a patologías en el rótulo, orientándose la información al contenido intrínseco de ingredientes o compuestos en el alimento que podrían representar un riesgo para el consumidor que presenta determinada patología. De esta manera, las únicas formas permitidas de declaración de alérgenos son, o bien la frase *“contiene ...; contiene derivados de...; contiene... y derivados de...”*, seguida del ingrediente o componente alérgico si este forma parte de la lista de ingredientes del alimento; o *“puede contener ...; puede contener derivados de...; puede contener...y derivados de...”*, también seguida del ingrediente o componentes alérgico si dicha sustancia no forma parte de los ingredientes del alimento pero existe la posibilidad de contaminación accidental durante el proceso de elaboración, aun habiendo aplicado las BPM. Por este motivo, las alternativas podrían ser: o bien buscar una forma de adaptar la información a lo mencionado en el CAA, o bien reglamentar una nueva forma de declaración, como la utilizada en otros países.

#### -Contaminantes biológicos

##### **Bacterias**

En el año 2018 la empresa Fair Insects BV, actualmente parte de la reconocida multinacional Protix (quizás el mayor productor de insectos del mundo en este momento), presentó ante la Comisión Europea (CE), de conformidad con el artículo 10 del Reglamento (UE) 2015/2283 (UE, 2015), una solicitud de comercialización en la Unión Europea de las formas congelada, desecada y en polvo (triturada) de grillos enteros y molidos (*A. domesticus*) como nuevo alimento. El solicitante pedía que las formas congeladas, desecadas y en polvo de este insecto pudieran utilizarse como refrigerio y como ingrediente alimentario en varios productos alimenticios destinados a la población en general. De acuerdo con la regulación, la CE le solicita a la EFSA, quien ya había realizado varios informes de consumo entomológico, una opinión científica sobre este nuevo alimento (o *novel food*, NF) (EFSA, 2015; EFSA, 2021). La empresa proveyó, en consecuencia, datos de estudios realizados para dicha

evaluación. A continuación, se presentan algunos resultados obtenidos por la empresa Fair Insects BV, y evaluados por la EFSA.

La Tabla 2 muestra los resultados microbiológicos obtenidos sobre el análisis de *A. domesticus* para diferentes presentaciones de estos nuevos alimentos: congelado, entero deshidratado y en polvo. Para los análisis, se evaluaron 5 lotes independientes de cada forma de presentación (congelados: lotes #1 –



**Figura 6.** Productos comerciales a base de insectos y detalle de las advertencias de alergenicidad en sus rótulos.

# 5; enteros deshidratados: lotes #6 – #10; en polvo: lotes #11 – #15). Se analizaron 10 microorganismos diferentes relacionados tanto con aspectos de calidad (aerobios mesófilos, mohos y levaduras, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, *S. aureus* coagulasa positivo, y *Clostridium perfringens*) como de inocuidad (*L. monocytogenes*, *Salmonella* spp., *B. cereus*, *Campylobacter* spp.) de los productos.

**Tabla 2.** Análisis microbiológico de diferentes lotes de grillo: congelado, entero deshidratado y en polvo. CFU: unidades formadoras de colonia. ND: no detectado (EFSA, 2021).

<b>AD frozen</b>			<b>Batch number</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Method</b>	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>
Total aerobic count	cfu/g	Equivalent to ISO 4833	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000
<i>Enterobacteriaceae</i>	cfu/g	Equivalent to NEN-ISO 21528-2	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i>	cfu/g	Plate Counting Method ISO:16649-2:2001	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Listeria monocytogenes</i>	In 25 g	Equivalent to NEN-EN-ISO 11290-1	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	In 25 g	Equivalent to ISO 6579	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Bacillus cereus</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7932	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coagulase positive staphylococci	cfu/g	Equivalent to NEN-EN-ISO 6888-2, 37°C	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Clostridium perfringens</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7937	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Campylobacter</i> spp.	In 25 g	NEN-EN-ISO 10272-1	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast and Moulds	cfu/g	Equivalent to ISO 7954:1987	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<b>AD dried</b>			<b>Batch number</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Method</b>	<b>#6</b>	<b>#7</b>	<b>#8</b>	<b>#9</b>	<b>#10</b>
Total aerobic count	cfu/g	Equivalent to ISO 4833	< 4,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000	< 1,000
<i>Enterobacteriaceae</i>	cfu/g	Equivalent to NEN-ISO 21528-2	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i>	cfu/g	Plate Counting Method ISO:16649-2:2001	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Listeria monocytogenes</i>	In 25 g	equivalent to NEN-EN-ISO 11290-1	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	In 25 g	Equivalent to ISO 6579	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Bacillus cereus</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7932	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coagulase positive staphylococci	cfu/g	Equivalent to NEN-EN-ISO 6888-2, 37°C	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Clostridium perfringens</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7937	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Campylobacter</i> spp.	In 25 g	NEN-EN-ISO 10272-1	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast and Moulds	Cfu/g	Equivalent to ISO 7954:1987	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<b>AD powder</b>			<b>Batch number</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Unit</b>	<b>Method</b>	<b>#11</b>	<b>#12</b>	<b>#13</b>	<b>#14</b>	<b>#15</b>
Total aerobic count	cfu/g	Equivalent to ISO 4833	< 10,000	14,000	14,000	19,000	26,000
<i>Enterobacteriaceae</i>	cfu/g	Equivalent to NEN-ISO 21528-2	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Escherichia coli</i>	cfu/g	Plate Counting Method ISO:16649-2:2001	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Listeria monocytogenes</i>	In 25 g	Equivalent to NEN-EN-ISO 11290-1	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	In 25 g	equivalent to ISO 6579	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Bacillus cereus</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7932	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coagulase positive staphylococci	cfu/g	Equivalent to NEN-EN-ISO 6888-2, 37°C	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Clostridium perfringens</i>	cfu/g	Equivalent to ISO 7937	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
<i>Campylobacter</i> spp.	In 25 g	NEN-EN-ISO 10272-1	ND	ND	ND	ND	ND
Yeast and Moulds	cfu/g	Equivalent to ISO 7954:1987	140	< 40	< 10	< 40	< 10



Según se observa, en ninguno de los casos las muestras excedieron los límites microbiológicos establecidos para alimentos de consumo humano (aunque en algunos casos no se proporcionaron valores reales de recuento de aerobios, sino límites de cuantificación). En todas las muestras se obtuvieron resultados de “No detectado, ND” de las bacterias patógenas analizadas. Cabe destacar que ensayos similares se podrían realizar en Argentina con muestras de cultivos de *G. assimilis*.

Asimismo, se presentaron datos relacionados a la estabilidad de los productos elaborados en función de las condiciones de almacenamiento. Los productos secos y en polvo se almacenaron durante 12 meses a temperatura ambiente, mientras que los productos congelados se conservaron a -18 °C durante el mismo periodo. En todos los casos, se observó que los valores microbiológicos de la mayoría de las muestras analizadas no excedían los límites de especificación dados.

Otro estudio de estabilidad fue llevado a cabo por Vandeweyer y col. (2018), quienes estudiaron el procesamiento industrial de *G. sigillatus*. Los especímenes se faenaron en agua a 60 °C durante 5 min. Posteriormente, se realizó un tratamiento térmico sumergiendo los especímenes faenados en agua hirviendo y retirándolos una vez que el agua recupera el hervor (entre 5 y 10 min). En este caso, se analizaron 3 productos finales: grillo deshidratado, grillo congelado y grillo salado-ahumado. Los productos congelados se almacenaron a -25 °C, mientras que el resto a temperatura ambiente.

Asimismo, se determinó la carga microbiana de los productos luego de 0, 3 y 6 meses, de manera de analizar la estabilidad de los productos. En todos los casos, la misma permaneció estable y en niveles bajos durante esos tiempos de almacenamiento, sugiriendo un tiempo de vida útil mayor a 6 meses. Para el caso del polvo de grillo, si bien no fue evaluado en el estudio citado, el proceso es el mismo que el del producto entero deshidratado con un paso adicional de molienda y cribado, por lo que se propone que se podrían utilizar parámetros similares a los de dicho producto si se respetan las BPH.

Por otra parte, en un informe publicado por la Universidad Sueca de Ciencias Agrícolas (SLU), el cual analiza el perfil de riesgos de *A. domesticus*, se mencionan parámetros microbiológicos para grillos enteros vivos y muertos, así como para polvo de grillos. Para este último se mencionan recuentos bajos de bacterias pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* (microorganismos indicadores de calidad) (SLU, 2018). En este mismo informe, se presentan los datos de nivel de carga microbiana de muestras de grillos sometidos a tratamientos térmicos con distintas combinaciones de tiempos y temperaturas, de manera de asegurar la calidad e inocuidad de los productos elaborados. La Tabla 3 presenta una serie de resultados microbiológicos obtenidos en muestras de grillos producidos para consumo humano sometidos a tratamientos de hervido, congelado, deshidratado al horno, ahumado y deshidratado, blanqueado, esterilizado, liofilizado y frito.

Del análisis de la Tabla 3 se desprende que existen varios tratamientos que resultan prometedores para aplicar en *A. domesticus* con el objetivo de garantizar la calidad e inocuidad de los insectos (y/o de sus productos).



**Tabla 3.** Análisis microbiológicos en grillos producidos para consumo humano sometidos a diferentes tratamientos. NEG: negativo. NT: no evaluado (SLU, 2018).

Thermal treatment	Total aerobic counts	Enterobacteriaceae	Aerobic bacterial endospores	Moulds	Yeast	Reference
Boiled	$3.98 \times 10^3$	$3.1 \times 10^1$	$2.51 \times 10^2$	NEG	NEG	Vandeweyer et al. (2018) <sup>(A)</sup>
Frozen	$2.51 \times 10^2$	NEG	$1.0 \times 10^2$	NEG	NEG	
Oven dried	$1.99 \times 10^4$	NEG	$2.51 \times 10^2$	NEG	NEG	
Smoked and dried	$7.94 \times 10^2$	NEG	$2.51 \times 10^3$	NEG	NEG	
Blanching (4 min)	$2.46 \times 10^4$	NT	NT	NEG	NEG	Caparros Megido et al. (2017)
Sterilised (16 min – 120°C)	$5.50 \times 10^3$	NT	NT	NEG	NEG	
Freeze dried	$1.12 \times 10^4$	NT	NT	NEG	NEG	
Boiled (5 min)	$5.01 \times 10^1$	NEG	$3.16 \times 10^1$	NT	NT	Künder et al. (2012)
Stir fried (5 min)	$5.01 \times 10^2$	NEG	$3.16 \times 10^1$	NT	NT	

### **6.7. Usos propuestos de *A. domesticus* como nuevo alimento (novel food, NF)**

En el documento “Seguridad de las formulaciones congeladas y secas de grillos domésticos enteros (*Acheta domesticus*) como nuevo alimento de conformidad con el Reglamento (UE) 2015/2283” publicada por la EFSA (2021), se propone que las formulaciones de NF (congeladas, secas y en polvo) se utilicen como ingrediente en varios productos alimenticios. Estos productos alimenticios se definen en la Tabla 4, utilizando la jerarquía propuesta en el sistema FoodEx2 así como las dosis máximas de uso.

El sistema europeo de clasificación y descripción de alimentos FoodEx2 consiste en la descripción de un gran número de productos alimenticios individuales agregados en grupos de alimentos y éstos, a su vez, en categorías aún más amplias de alimentos en una lógica jerárquica. Esta base de datos juega un rol clave en la evaluación de riesgos relacionados a peligros en los alimentos en Europa, ya que permite estimar la exposición dietaria de las distintas poblaciones de la región a los distintos peligros alimentarios a evaluar. Notar que en la tabla se mencionan productos tan diversos como panificados, barras de cereal, pasta, pizza, salsas, sopas, ensaladas, chocolates, cervezas, snacks, yogurt, entre otros.

Resulta importante mencionar que, en enero de 2018, el Reglamento (UE) 2015/2283 concluyó que los insectos y sus partes (alas, patas y cabeza) pasaron todas las pruebas necesarias para que la Unión Europea los considerase alimentos (UE, 2015), aclarándose que los mismos no presentan riesgos para la salud del consumidor, que no es menos nutritivo que otros alimentos de origen animal, y que no induce a engaño al consumidor.

En enero de 2021, la EFSA concluyó que la larva de *T. molitor* es segura en los usos y niveles de uso propuestos (EFSA, 2021b). Asimismo, en mayo de 2021, la UE aprueba, a pedido de SAS EAP Group, a dicho insecto como el primer insecto que puede ser utilizado en la industria alimentaria con fines destinados al consumo humano o animal. Para el consumo humano, la presentación puede ser como snack o como ingrediente (p. ej., en polvo) en algún producto alimenticio (UE, 2021). Asimismo, el 12 de noviembre de 2021 se publica el Reglamento (UE) 2021/1975 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *L. migratoria* como

nuevo alimento en conformidad con el artículo 11 del Reglamento (UE) 2015/2283 (en respuesta al requerimiento inicial de la empresa Fair Insects BV en el año 2018) (UE, 2021a). Anteriormente, la

EFSA había comunicado que dicho insecto no presenta riesgos de seguridad alimentaria para la salud humana bajo los usos y niveles de uso propuestos (EFSA, 2021a).

**Tabla 4.** Categorías alimentarias propuestas y niveles máximos de NF por producto (EFSA,

FoodEx2 level	FoodEx2 code	Food category	Max use level (g NF/100 g)	
			AD dried and AD powder	AD frozen
4	A005K	Bread and rolls with special ingredients added	10	30
3	A005Y	Crackers and breadsticks	10	30
3	A00EY	Cereal bars	15	30
4	A009X	Biscuits, sweet, plain	8	30
5	A007L	Dried pasta	1	3
5	A007Y	Dried stuffed pasta	15	30
4	A0CSK	Pre-mixes (dry) for baked products	15	30
5	A045N	Tartar sauce	10	30
5	A03VH	Potatoes and vegetables meal	5	15
5	A03VN	Hummus	5	15
5	A03VS	Beans and vegetables meal	5	15
5	A03ZV	Pizza and similar with cheese, and vegetables and fruits	5	15
5	A03ZT	Pizza and similar with cheese, and vegetables	5	15
5	A0CDP	Pasta, filled, cooked	5	15
4	A02PN	Whey powder	20	40
3	A03TE	Meat imitates	50	80
4	A0B9X	Tomato soup, dry	5	20
4	A0B9X	Mushroom soup, dry	5	15
4	A0B9R	Mixed vegetables soup, dry	5	15
4	A041P	Potato soup	5	15
4	A041M	Onion soup	5	15
4	A041Q	Legume (beans) soup	5	15
4	A041N	Tomato soup	5	15
4	A041R	Mushroom soup	5	15
5	A041S	Mixed vegetables soup	5	15
4	A042E	Caesar salad	5	15
4	A042H	Prepared pasta salad	5	15
5	A00FD	Tortilla chips	20	40
2	A03MA	Beer and beer-like beverage	1	1
2	A03PM	Mixed alcoholic drinks	1	1
2	A04QF	Unsweetened spirits and liqueurs	1	1
4	A0EQD	Chocolate and similar	10	30
3	A01BJ	Primary derivatives from nuts and similar seeds	25	40
5	A0BAV	Chickpeas (without pods)	25	40
3	A014C	Tree nuts	25	40
3	A015F	Oilseeds	25	40
3	A06HL	Snacks other than chips and similar	100	100
4	A02QC	Frozen yoghurt	5	15
5	A03XG	Meat balls	16	40
5	A03XF	Meat burger (no sandwich)	16	40

En enero de 2021, la EFSA concluyó que la larva de *T. molitor* es segura en los usos y niveles de uso propuestos (EFSA, 2021b). Asimismo, en mayo de 2021, la UE aprueba, a pedido de SAS EAP Group, a dicho insecto como el primer insecto que puede ser utilizado en la industria alimentaria con fines destinados al consumo humano o animal. Para el consumo humano, la presentación puede ser como snack o como ingrediente (p. ej., en polvo) en algún producto alimenticio (UE, 2021). Asimismo, el 12 de noviembre de 2021 se publica el Reglamento (UE) 2021/1975 por el que se autoriza la comercialización de las formas congelada, desecada y en polvo de *L. migratoria* como nuevo alimento en conformidad con el artículo 11 del Reglamento (UE) 2015/2283 (en respuesta al requerimiento inicial de la empresa Fair Insects BV en el año 2018) (UE, 2021a). Anteriormente, la EFSA había comunicado que dicho insecto no presenta riesgos de seguridad alimentaria para la salud humana bajo los usos y niveles de uso propuestos (EFSA, 2021a). A continuación, se presentan la definición y especificaciones mencionadas en el Reglamento 2021/1975 (Tabla 5) respecto a peligros químicos y biológicos.

Como puede observarse, la reglamentación incluye tanto contaminantes químicos, tales como metales pesados (plomo y cadmio), micotoxinas (aflatoxinas totales, AFB1, DON y OTA), dioxinas y PCBs, como criterios microbiológicos. Dentro de estos, se incluye el análisis de microorganismos indicadores (aerobios mesófilos, *Enterobacteriaceae*, *E. coli*, estafilococos coagulasa positivos, aerobios sulfito-reductores, y mohos y levaduras) y patógenos (*L. monocytogenes*, *Salmonella* spp y *B. cereus* presuntivo). Este hecho resulta importante ya que a medida que los hábitos dietéticos evolucionen y los consumidores comiencen a abrirse cada vez más a la idea del consumo de insectos, las nuevas autorizaciones de alimentos desempeñarán un papel constructivo en la configuración de este mercado.

**Tabla 5.** Especificaciones mencionadas en el Reglamento (UE) 2021/1975 para las formas congeladas, desecadas y en polvo de *L. migratoria*.

Parámetros	LM congelada	LM desecada	LM entera en polvo
<b>Características/Composición</b>			
Cenizas (% p/p)	0,6-1,0	2,0-3,1	1,8-1,9
Humedad (% p/p)	67-73	≤ 5	≤ 5
Proteína cruda (N x 6,25) (% p/p)	11-21	43-53	50-60
Grasa (% p/p)	7-13	31-41	31-41
Ácidos grasos saturados (% de materia grasa)	35-43	35-43	35-43
Hidratos de carbono digeribles (% p/p)	0,1-2,0	0,1-2,0	1,0-3,5
(*)Fibra alimentaria (% p/p)	1,5-3,5	5,5-9,0	5,5-9,0
Quitina (% p/p)	1,7-2,4	6,4-10,4	10,5-13,9
Índice de peróxidos (mEq O <sub>2</sub> /kg de grasa)	≤ 5	≤ 5	≤ 5
<b>Contaminantes</b>			
Plomo (mg/kg)	≤ 0,07	≤ 0,07	≤ 0,07
Cadmio (mg/kg)	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Aflatoxinas (suma de B1, B2, G1 y G2) (µg/kg)	≤ 4	≤ 4	≤ 4
Aflatoxina B1 (µg/kg)	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Deoxinivalenol (µg/kg)	≤ 200	≤ 200	≤ 200
Ocratoxina A (µg/kg)	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Límite superior de la suma de dioxinas y PCB similares a las dioxinas ( (**)EQT PCDD/F-PCB OMS <sub>2005</sub> ) (pg/g de grasa)	≤ 1,2	≤ 1,2	≤ 1,2
<b>Criterios microbiológicos</b>			
Recuento total de colonias aerobias ( (***)) UFC/g)	≤ 10 <sup>5</sup>	≤ 10 <sup>5</sup>	≤ 10 <sup>5</sup>
Enterobacterias (presuntas) (UFC/g)	≤ 100	≤ 100	≤ 100
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	≤ 50	≤ 50	≤ 50
<i>Listeria monocytogenes</i>	No detectada en 25 g	No detectada en 25 g	No detectada en 25 g
<i>Salmonella</i> spp.	No detectada en 25 g	No detectada en 25 g	No detectada en 25 g
<i>Bacillus cereus</i> (presunto) (UFC/g)	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Estafilococos coagulasa positivos (UFC/g)	≤ 100	≤ 100	≤ 100
Anaerobios sulfito-reductores (UFC/g)	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Levaduras y mohos (UFC/g)	≤ 100	≤ 100	≤ 100

**Descripción/Definición:**

El nuevo alimento consiste en las formas congelada, desecada y en polvo de langosta migratoria. Se entiende por “langosta migratoria”, el adulto de *Locusta migratoria*, una especie de insecto perteneciente a la familia Acrididae (subfamilia Locustinae).

El nuevo alimento está destinado a ser comercializado de tres formas diferentes, a saber: i) *L. migratoria* procesada térmicamente y congelada (LM congelada); ii) *L. migratoria* procesada térmicamente y liofilizada (LM desecada); y iii) *L. migratoria* entera, procesada térmicamente, liofilizada y triturada (LM entera en polvo). La LM desecada puede comercializarse como tal o en polvo.

En el caso de la LM congelada y la LM desecada, deben retirarse las patas y las alas para reducir el riesgo de estreñimiento que podría causar la ingestión de las grandes espinas de la tibia del insecto. El polvo de LM entera se obtiene mediante la trituración mecánica del insecto con las patas y las alas, y su tamización posterior para reducir el tamaño de las partículas por debajo de 1 mm.

Antes de matar a los insectos por congelación, es necesario un período de ayuno mínimo de 24 horas para que los adultos puedan eliminar el contenido del intestino.

## 7. CONCLUSIONES

La entomofagia o consumo de insectos es practicada hace miles de años en muchas regiones del planeta. En el reconocido informe de la FAO-ONU (2012) se reportaron más de 2.000 especies de insectos habitualmente consumidos por diferentes culturas. Sin embargo, estos consumos se refieren a insectos de recolección. La nueva industria entomológica, originada a principios de este siglo, involucra a los insectos criados en condiciones controladas y se encuentra en una etapa de gran crecimiento. El presente informe se centra en la producción primaria y el posterior procesamiento industrial de ortópteros. En particular, de las cuatro especies de grillos más utilizadas para producción (*A. domesticus*, *G. sigillatus*, *G. assimilis* y *G. bimaculatus*) y de una de langosta (*L. migratoria*).

La información recopilada en este documento fue estructurada en base a los procesos productivos, abarcando la producción primaria e industrial, necesarios para la obtención de tres productos a base de grillo: grillo congelado entero, grillo deshidratado entero y grillo deshidratado en polvo. Así, la información organizada de esta forma fue abordada y desarrollada con enfoque en los riesgos asociados, haciendo hincapié en las buenas prácticas de higiene, recomendaciones de seguridad y formas de procesamiento. Para esto, se utilizó una amplia base bibliográfica nacional e internacional, incluyendo el informe original presentado por una comisión de especialistas a la Comisión Nacional de Alimentos, titulado “Polvo de Grillos” (2019). La producción primaria abarca el establecimiento de los locales de cría y sus actividades desde el cultivo hasta la faena para obtener una materia prima, mientras que la producción industrial comprende a los establecimientos que se proveen de esta materia prima para la manufactura de alimentos o ingredientes como los tres mencionados.

Los protocolos e infraestructura desarrollados durante varias décadas en la producción primaria de grillos para consumo animal, en Estados Unidos, sirvieron de base para la producción de alimento entomológico para consumo humano. En Argentina, estas producciones, aunque en menor escala, se vienen realizando desde 2003, acumulando una valiosa experiencia local que fue utilizada también en la confección de este informe. Varios de los procesos incluidos en cada uno de estos sectores (primario o industrial) pueden ser adaptados con relativa facilidad a distintos tipos de insectos. Esto se vuelve especialmente cierto en el caso de la producción industrial, donde los procesos no solo son comunes para casi todos los tipos de insectos de interés, sino que además pueden aprovechar maquinaria y equipamiento ya disponibles o desarrollados para el procesamiento de otros tipos de alimentos, allanando considerablemente el emplazamiento de industrias entomológicas. Por otra parte, si bien la producción primaria requiere de condiciones operativas más específicas que la producción industrial para cada caso particular, ya existen diversas alternativas y configuraciones para el establecimiento de locales de cría según cada necesidad, en muchos casos adoptando facilidades similares a las empleadas para otras actividades bien consolidadas, como la cría de pollo.



Los riesgos químicos en estas producciones están asociados a metales pesados, plaguicidas, dioxinas y/o micotoxinas, potencialmente presentes en los alimentos y/o sustratos utilizados para la cría. Estos elementos y compuestos pueden ser potencialmente bioacumulados por los insectos. En este sentido, es imprescindible la garantizar trazabilidad de todos los materiales ingresados a la planta y realizar controles periódicos. Por su parte, la presencia de alérgenos en estos productos se debe probablemente a proximidad filogenética entre crustáceos e insectos, revistiendo cierta complejidad. Individuos alérgicos a los primeros podrían desarrollar una reactividad cruzada al consumir los segundos, siendo entonces mandatorio incluir advertencias explícitas y visibles de alergenidad en el rótulo de estos productos. En cuanto a riesgos biológicos, no se han hallado evidencias de priones en insectos y, de la amplia información microbiológica relevada sobre bacterias, se destaca la ausencia de *Salmonella* spp., *L. monocytogenes*, *S. aureus* coagulasa positivos y *B. cereus*. Si bien se han descrito virus que afectan las producciones entomológicas, no existen registros de virus de insectos que hayan hecho saltos de especie a vertebrados. Esto se debe al mecanismo específico de infección viral, incluso de virus entomopatógenos generalistas, y la enorme distancia evolutiva entre insectos y vertebrados.

La información disponible hasta hoy destaca repetidamente la seguridad de estos nuevos alimentos en cuanto a peligros biológicos y químicos a lo largo de todo el proceso. Si bien existen riesgos asociados intrínsecamente con las actividades de producción o con el consumo de insectos (como la alergenidad), otros riesgos pueden ser identificados y fácilmente eliminados si se aplican las buenas prácticas de higiene y manufactura comúnmente utilizadas en la industria alimentaria. Esto comprende la correcta higienización de las superficies y elementos de trabajo, el uso de material de protección estándar, así como controles periódicos en los materiales que estarán en contacto con los insectos o sus derivados (recipientes, soportes, sustratos, herramientas, equipamientos), siendo la trazabilidad de todos estos elementos un instrumento clave de control. En esta misma línea, otros procedimientos precautorios típicos, como el mantenimiento de la cadena de frío y los tratamientos térmicos de pasteurización y deshidratación, pueden emplearse para mantener y/o acondicionar los productos intermedios y finales dentro de los márgenes considerados seguros para otros tipos de alimentos. Los hallazgos en materia de riesgos demuestran que, a pesar de tratarse de una actividad productiva emergente y en pleno desarrollo, las operaciones necesarias para asegurar la obtención de alimentos seguros y de calidad a partir de insectos no requerirían la confección de procedimientos y metodologías completamente nuevas, sino fundamentalmente adaptar la experiencia adquirida durante décadas de producción agrícola, ganadera e industrial a estas nuevas producciones.

En conclusión, los insectos en general, y los grillos en particular, se perfilan desde hace varios años como un nuevo *commodity* en la industria alimentaria. A través de la FAO, la ONU lleva varios años promoviendo el interés en estas nuevas fuentes de nutrientes, dando cuenta de sus beneficios en términos de sustentabilidad, impacto ambiental y seguridad alimentaria. Asimismo, en los últimos



años fueron emergiendo otras organizaciones, como IPIFF (Unión Europea), que incentivan activamente la producción de insectos de uso alimentario, generando oportunidades de mercado e impulsando la realización de investigaciones que faciliten la confección de nuevas regulaciones. Con el paso del tiempo, algunas agencias internacionales de control de alimentos, como la EFSA (también en la Unión Europea), han ido acompañando estas recomendaciones e iniciativas. Más aún, en estos últimos años la literatura científica en el campo de la investigación de alimentos a base de insectos se ha multiplicado. Toda esta cantidad de información recabada por organismos e instituciones científicas, y utilizada en la elaboración de este informe, reafirma permanentemente la conveniencia de la utilización de insectos como fuente alimentaria, lo que ha desembocado en las recientes autorizaciones para producir *T. molitor* y *L. migratoria* con fines alimentarios en la Unión Europea. En este punto, dada la inminencia del crecimiento de la industria entomológica en otras partes del globo, resulta necesario contar con toda la información y experiencia posibles para facilitar el trabajo regulatorio que permita asegurar la inocuidad alimentaria de cara al reposicionamiento de estas actividades a nivel local.

#### **Limitaciones del informe:**

El informe fue enteramente confeccionado empleando como insumo material bibliográfico. Los datos y artículos citados provienen, en su mayor parte, de estudios realizados en países distintos de Argentina, ya que no se cuenta aún con suficientes estudios locales publicados. Por otro lado, aún son pocos los emprendimientos productores de insectos en el país, por lo que las descripciones de los procesos también corresponden, en su mayoría, a facilidades localizadas en otras partes del globo.

#### **8. AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Dra. Silva Noemí López y a la Dra. Mariana Mabel Viscarret del Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola (IMYZA-INTA) por sus correcciones del Anexo I: Instalaciones, y al Dr. Ricardo Salvador del Laboratorio de Virus Entomopatógenos y Silenciamiento Génico (IMYZA-INTA), por sus comentarios en los párrafos referidos a virus de insectos.

#### **9. REFERENCIAS**

Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN). (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*. 27, 11-40. Disponible en: [https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/revistas\\_comite\\_cientifico/comite\\_cientifico\\_27.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/publicaciones/revistas_comite_cientifico/comite_cientifico_27.pdf)

- Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES). (2015). The use of insects as food and feed and the review of scientific knowledge on the health risks related to the consumption of insects. Disponible en: <https://www.anses.fr/en/documents/BIORISK2014sa0153EN.pdf>
- Arellano, D.; Velasquez, S. (2017). *Cría de Invertebrados para alimentación complementaria*. Ministerio del poder popular para el ecosocialismo y aguas. Gobierno Bolivariano de Venezuela. Fundación Nacional de Parques, Zoológicos y Acuarios. 28 pp. Disponible en: <https://docplayer.es/111420568-Manual-cria-de-invertebrados-para-alimentacion-complementaria.html>
- Arroyave-Sierra, O.J.; Chamorro-Rengifo, J.; Londoño-Hernández, L.; Ochoa Muñoz, A.F.; Ospina-Galíndez, J.A. (2020). Evaluación de tres tipos de dieta durante la etapa de engorde del grillo común (*Gryllus assimilis* L.). *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*. 7(1), 69–74. <https://doi.org/10.23850/24220582.2972>
- Barre, A.; Caze-Subra, S.; Gironde, C.; Bienvenu, F.; Bienvenu, J.; Rougé, P. (2014). Entomophagie et risque allergique. *Revue Française d'Allergologie*. 54, 315–321. <https://doi.org/10.1684/mtp.2017.0640>
- Belluco, S.; Losasso, C.; Maggioletti, M.; Alonzi, C.C.; Paoletti, M.; Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: A critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 12(3), 296–313. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>
- Bosch, G.; Fels-Klerx, H.J.V.; Rijk, T.C.; Oonincx, D. (2017). Aflatoxin B1 Tolerance and Accumulation in Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia illucens*) and Yellow Mealworms (*Tenebrio molitor*). *Toxins*. 9, 185. <https://doi.org/10.3390/toxins9060185>
- Broekman, H.; Verhoeckx, K.C.; Den Hartog Jager, C.F.; Kruizinga, A.G.; Pronk-Kleinjan, M.; Remington, B.C.; Bruijnzeel-Koomen, C.A.; Houben, G.F.; Knulst, A.C. (2016). Majority of shrimp-allergic patients are allergic to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 137, 1261–1263. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2016.01.005>
- Broekman, H.C.H.P.; Knulst, A.C.; Den Hartog Jager, C.F.; van Bilsen, J.H.M.; Raymakers, F.M.L.; Kruizinga, A.G.; Gaspari, M.; Gabriele, C.; Bruijnzeel-Koomen, C.A.F.M.; Houben, G.F.; Verhoeckx, K.C.M. (2017). Primary respiratory and food allergy to mealworm. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 140(2), 600–603. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.01.035>
- Boulaiche, W.; Hamdi, B.; Trari, M. (2019). Removal of heavy metals by chitin: equilibrium, kinetic and thermodynamic studies. *Applied Water Science*. 9, 39. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-0926-8>

- Brinchmann, B.C.; Bayat, M.; Brøgger, T.; Muttuvelu, D.V.; Tjønneland, A.; Sigsgaard, T. (2011). A possible role of chitin in the pathogenesis of asthma and allergy. *Annals of Agriculture and Environmental Medicine*. 18 (1), 7–12.
- Cadinu, L.A.; Barra, P.; Torre, F.; Delogu, F.; Madau, F.A. (2020). Insect rearing: Potential, challenges, and circularity. *Sustainability*. 12 (11), 4567. <https://doi.org/10.3390/su12114567>
- Camenzuli, L.; Van Dam, R.; de Rijk, T.; Andriessen, R.; Van Schelt, J.; Van der Fels-Klerx, H.J.I. (2018). Tolerance and Excretion of the Mycotoxins Aflatoxin B1, Zearalenone, Deoxynivalenol, and Ochratoxin A by *Alphitobius diaperinus* and *Hermetia illucens* from Contaminated Substrates. *Toxins*. 10, 91. <https://doi.org/10.3390/toxins10020091>
- Caporaletti, D. (2018). Buenas Prácticas en la cría de Grillo (orthoptera, *Gryllus assimilis*). Disponible en: <http://www.grilloscapos.com.ar/BPGryllusAssimilis.pdf>
- Chai, J.Y.; Shin, E.H.; Lee, S.H.; Rim, H.J. (2009). Foodborne Intestinal Flukes in Southeast Asia. *The Korean Journal of Parasitology*. 47, S69-S102. <https://doi.org/10.3347/kjp.2009.47.S.S69>
- Charlton, A.J.; Dickinson, M.; Wakefield, M.E.; Fitches, E.; Kenis, M.; Han, R.; Zhu, F.; Kone, N.; Grant, M.; Devic, E.; Bruggeman, G.; Prior, R.; Smith, R. (2015). Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1(1), 7–16. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0020>
- Comisión Europea (CE). Comisión Europea. (2019). Higiene de los alimentos: nuevas normas sobre insectos comestibles. *Proyecto legislativo en curso*. Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/2079-Higiene-de-los-alimentos-nuevas-normas-sobre-insectos-comestibles\\_es](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/2079-Higiene-de-los-alimentos-nuevas-normas-sobre-insectos-comestibles_es).
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2021). Capítulo II. Condiciones generales de las Fábricas y Comercios de Alimentos. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_caa\\_capitulo\\_ii\\_establecactualiz\\_2021-03.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_caa_capitulo_ii_establecactualiz_2021-03.pdf)
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2021a). Capítulo IV. Utensilios, recipientes, envases, envolturas, aparatos y accesorios. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat\\_capitulo\\_iv\\_envasesactualiz\\_2021-08\\_2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/anmat_capitulo_iv_envasesactualiz_2021-08_2.pdf)
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2021b). Capítulo V. Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos. Disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Marco\\_Regulatorio/ultimas%20modificaciones/Capitulo\\_V.pdf](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Marco_Regulatorio/ultimas%20modificaciones/Capitulo_V.pdf)
- Código Alimentario Argentino (CAA). (2021c). Capítulo XII. Bebidas Hídricas, Agua y Agua Gasificadas. Disponible en:

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo\\_xii\\_aguas\\_actualiz\\_2021-08.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2018/05/capitulo_xii_aguas_actualiz_2021-08.pdf)

- Caparros Megido, R.; Desmedt, S.; Blecker, C.; Béra, F.; Haubruge, É.; Alabi, T.; Francis, F. (2017). Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. *Insects*. 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/insects8010012>
- Cappelli, A.; Cini, E.; Lorini, C.; Oliva, N.; Bonaccorsi, G. (2019). Insects as food: A review on risks assessments of *Tenebrionidae* and *Gryllidae* in relation to a first machines and plants development. *Food Control*. 108, 106877. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106877>
- Comisión Nacional de Alimentos (CONAL). (2019). Polvo de grillos. Información de relevancia. Disponible en: [http://www.conal.gob.ar/Notas/Ingresadas/2019/Informe\\_harina\\_de\\_grillo\\_CONAL.pdf](http://www.conal.gob.ar/Notas/Ingresadas/2019/Informe_harina_de_grillo_CONAL.pdf)
- Deak, T. (2014). Thermal Treatment. In *Food Safety Management: A Practical Guide for the Food Industry* (pp. 423–442). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381504-0.00017-2>
- de Gier, S.; Verhoeckx, K. (2018). Insect (food) allergy and allergens. *Molecular Immunology*. 100, 82-106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- De Paepe, E.; Wauters, J.; van Der Borght, M.; Claes, J.; Huysman, S.; Croubels, S.; Vanhaecke, L. (2019). Ultra-high-performance liquid chromatography coupled to quadrupole orbitrap high-resolution mass spectrometry for multi-residue screening of pesticides, (veterinary) drugs and mycotoxins in edible insects. *Food Chemistry*. 293, 87–196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.082>
- Dicke, M.; Ellenberg, J.; Salles, J.F.; Jensen, A.B.; Lecocq, A.; Pijlman, G.P.; van Loon, J.J.A.; van Oers, M.M. (2020). Edible insects unlikely to contribute to transmission of coronavirus SARS-CoV-2. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(4), 333–339. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0039>
- Eilenberg, J.; Vlak, J.; Nielsen-Leroux, C.; Cappellozza, S.; Jensen, A. (2015). Diseases in insects produced for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1, 1-16. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0022>
- Engel, P.; Moran, N.A. (2013). The gut microbiota of insects—diversity in structure and function. *FEMS microbiology reviews*. 37(5), 699-735. <https://doi.org/10.1111/1574-6976.12025>
- Enwemiwe, V.N.; Popoola, K.O. (2018). Edible insects: rearing methods and incorporation into commercial food products-a critical review. *International Journal of Advanced Research and Publications*. 2, 38-46.

- European Food Safety Authority (EFSA). (2010). Scientific Opinion on the safety of ‘Chitin-glucan’ as a Novel Food ingredient. *EFSA Journal*. 8(7): 1687. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1687>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2015). Scientific Committee. Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. *EFSA Journal*. 13(10), 4257. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2021). NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). Turck, D.; Bohn, T.; Castenmiller, J.; De Henauw, S.; Hirsch-Ernst, K.I.; 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.; Goumperis, T.; Knutsen, H.K. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domestica*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA journal*, 19(8), 6779. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2021a). NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). 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.; Maradona, M.P.; Schlatter, J.R.; van Loveren, H.; Azzollini, D.; Knutsen, H.K. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 19(7), 6667. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6667>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2021b). EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). Turck, D.; Bohn, T.; Castenmiller, J.; De Henauw, S.; Hirsch-Ernst, K.I.; 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. Scientific Opinion on the safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (*Tenebrio molitor larva*) as a novel food pursuant to Regulation (EU)2015/2283. *EFSA Journal*. 19(8), 6778. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6778>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2021c). EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens). 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. 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), 6343. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>
- Federico, F. J. (2016) INTA. Manual de Normas Básicas de Bioseguridad de una Granja Avícola. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_-\\_manual\\_de\\_normas\\_basicas\\_de\\_bioseguridad\\_final\\_1.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_manual_de_normas_basicas_de_bioseguridad_final_1.pdf)
- Fellows, P. (1994). Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas. Editorial ACRIBIA, S.A. Zaragoza, España. ISBN 978-84-200-1185-1.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1997). The Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. Disponible en: <https://www.fao.org/3/w8088e/w8088e05.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). The FAO/IAEA Spreadsheet for Designing and Operation of Insect Mass Rearing Facilities. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3024e/i3024e.pdf>. ISBN 978-92-5-107315-5.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). Informe técnico-analítico para una estrategia de promoción de la incorporación de biometano a la red de gas natural. Colección Informes Técnicos N.º 2. Buenos Aires. 76 pp., Disponible en: [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/02CEARE-InformeTecnico-web.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/02CEARE-InformeTecnico-web.pdf). ISBN: 978-92-5-131241-4.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Rome. ISBN 978-92-5-134196-4. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- Fowles T.M.; Nansen C. (2020). Insect-Based Bioconversion: Value from Food Waste. In: Närvänen E., Mesiranta N., Mattila M., Heikkinen A. (eds) Food Waste Management. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12)
- Fraqueza, M.; da Silva Coutinho Patarata, L.A. (2017). Constraints of HACCP Application on Edible Insect for Food and Feed. En: Future Foods. Ed. by Heimo Mikkola. ISBN: 978-953-51-4633-9. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69300>
- Gałęcki, R.; Sokół, R. (2019). A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PLOS ONE*. 14(7), e0219303. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219303>



- Garino, C.; Mielke, H.; Knüppel, S.; Selhorst, T.; Broll, H.; Braeuning, A. (2020). Quantitative allergenicity risk assessment of food products containing yellow mealworm (*Tenebrio molitor*). *Food and Chemical Toxicology*. 142, 2411-2502. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111460>
- Garofalo, C.; Milanović, V.; Cardinali, F.; Aquilanti, L.; Clementi, F. Osimani, A. (2019). Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Research International*. 125, 108527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>
- Garofalo, C.; Osimani, A.; Milanovic, V.; Taccari, M.; Cardinali, F.; Aquilanti, L.; Riolo, P.; Ruschioni, S.; Isidoro, N.; Clementi, F. (2017). The microbiota of marketed processed edible insects as revealed by high-throughput sequencing. *Food Microbiology*. 62, 15-22. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.09.012>
- Gaylor, M.O., Harvey, E.; Hale, R.C. (2012). House crickets can accumulate polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) directly from polyurethane foam common in consumer products. *Chemosphere*. 86(5), 500-505. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.10.014>
- Gianotten, N.; Soetemans, L.; Bastiaens, L. (2020). Agri-Food Side-Stream Inclusions in the Diet of *Alphitobius diaperinus* Part 1: Impact on Larvae Growth Performance Parameters. *Insects*. 11(2), 79. <https://doi.org/10.3390/insects11020079>
- Grabowski, N.; Klein, G. (2017). Microbiological analysis of raw edible insects. *Journal of Insects as Food and Feed*. 3(1), 7-14. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0004>
- Grabowski, N.T.; Franco Olivas, J.; Galván Lozano, D.; Kehrenberg, C.; Aguilar, D.G. (2018). Assessment of pasteurisation of edible insects using enzymatic tests (activity of alkaline phosphatase and lactoperoxidase) applied in dairy products. *Food Science and Technology International*. 24(8), 699–704. <https://doi.org/10.1177/1082013218789815>
- Graham, J.P.; Leibler, J.H.; Price, L.B.; Otte, J.M.; Pfeiffer, D.U.; Tiensin, T.; Silbergeld, E.K. (2008). The animal-human interface and infectious disease in industrial food animal production: rethinking biosecurity and biocontainment. *Public Health Reports*. 123(3), 282-299. <https://doi.org/10.1177/003335490812300309>
- Hanboonsong, Y; Jamjanya, T; Durst, P.B. (2013). Six-legged livestock: Edible insect farming, collection and marketing in Thailand. FAO RAP publication. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3246e/i3246e00.htm>. ISBN 978-92-5-107578-4.
- Handley, M.A.; Hall, C.; Sanford, E.; Diaz, E.; Gonzalez-Mendez, E.; Drace, K.; Wilson, R.; Villalobos, M.; Croughan, M. (2007). Globalization, binational communities, and imported food risks: results of an outbreak investigation of lead poisoning in Monterey County,



- California. *American Journal of Public Health*. 97, 900–906. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2005.074138>
- Harsányi, E.; Juhász, C.; Kovács, E.; Huzsvai, L.; Pintér, R.; Fekete, G.; Varga, Z.I.; Aleksza, L.; Gyuricza, C. (2020). Evaluation of organic wastes as substrates for rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* larvae as alternative feed supplements. *Insects*. 11(9), 604. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Houbraken, M.; Spranghers, T.; De Clercq, P.; Cooreman-Algoed, M.; Couchement, T.; De Clercq, G.; Verbeke, S.; Spanoghe, P. (2016). Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) for human consumption. *Food Chemistry*. 201, 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.097>
- Huis, A.v. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology*. 58(1), 563–583. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Inglis, G.D.; Sikorowski, P.P. (2009) Entomopathogens and Insect Rearing. In: Schneider, J.C., Ed., Principles and Procedures for Rearing High Quality Insects, Mississippi State University, MS State, 223–288.
- International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). (2019). Guide on good Hygiene practices for EU producers of insects for food and feed. Disponible en: <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf>
- International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF). (2019a). GUIDANCE: the provision of food information to consumers. Edible insect-based products. Disponible en: <https://www.reading.ac.uk/foodlaw/pdf/2019-IPIFF-FIC-doc.pdf>
- ISO 9000. (2015). Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario.
- ISO 22000. (2018). Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:22000:ed-2:v1:en>
- Kachapulula, P.W.; Akello, J.; Bandyopadhyay, R.; Cotty, P.J. (2018). Aflatoxin Contamination of Dried Insects and Fish in Zambia. *Journal of Food Protection*. 81(9), 1508–1518. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-527>
- Kamau, E.; Mutungi, C.; Kinyuru, J.; Imathiu, S.; Tanga, C.; Affognon, H.; Ekesi, S.; Nakimbugwe, D.; Fiaboe, K.K.M. (2018). Moisture adsorption properties and shelf-life estimation of dried and pulverised edible house cricket *Acheta domesticus* (L.) and black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.). *Food Research International*, 106, 420–427. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.012>
- Kauppinen, J. (2019). House cricket (*Acheta Domesticus*) processing for food applications: focusing on drying and milling. University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Food and Nutrition, master's thesis. Disponible en:

- [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/307343/Kauppinen Joonas\\_pro\\_gradu\\_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/307343/Kauppinen_Joonas_pro_gradu_2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- King C.; Jones, H.I. (2016). The life cycle of the reptile-inhabiting nematode *Abbreviata hastaspicula* (Spirurida: Physalopteridae: Physalopterinae) in Australia. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. 5(3), 258–262. <https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2016.08.002>
- Klunder, H.C.; Wolkers-Rooijackers, J.; Korpela, J.M.; Nout, M.J. R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26(2), 628–631. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- Kooh, P.; Ververis, E.; Tesson, V.; Boué, G.; Federighi, M. (2019). Entomophagy and public health: A review of microbiological hazards. *Health*. 11, 1272–1290. <https://doi.org/10.4236/health.2019.1110098>
- Kouřimská L.; Adámková A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*. 4, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Kröncke, N.; Bösch, V.; Woyzichowski, J.; Demtröder, S.; Benning, R. (2018). Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 50(13), 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.009>
- Lalander, C.; Senecal, J.; Calvo, M.G.; Ahrens, L.; Josefsson, S.; Wiberg, K.; Vinneråsa, B. (2016). Fate of pharmaceuticals and pesticides in fly larvae composting. *Science of the Total Environment*. 565, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.147>
- Lenz, D.; Saubidet, P.; Chamorro, V.; Polenta, G.; Pazos, A.; Perez, López, M.C.; Gallardo, G. (2018). Harina de insectos como fuente de proteína no convencional. VII Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICYTAC). Disponible en: <https://cicytac.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2018/12/Libro-de-Res%C3%BAmenes-VII-CICYTAC-2018.pdf>
- Liu, Z.; Xia, L.; Wu, Y.; Xia, Q.; Chen, J. Roux, K.H. (2009). Identification and characterization of an arginine kinase as a major allergen from silkworm (*Bombyx mori*) larvae. *International Archives of Allergy and Immunology*. 150: 8-14. <https://doi.org/10.1159/000210375>
- Lopata, A.L.; Fenemore, B.; Jeebhay, M.F.; Gäde, G.; Potter, P.C. (2005). Occupational allergy in laboratory workers caused by the African migratory grasshopper *Locusta migratoria*. *Allergy*. 60(2), 200-205. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2005.00661.x>
- Lupano, C.E. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. 1ra Ed. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina. ISBN 978-950-34-1028-8.

- 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>
- McLaughlin, R.E.; Sikorowski, P.P. (1978). Observations of boll weevil midgut when fed natural food or on bacterially contaminated artificial diet. *Journal of Invertebrate Pathology*. 32(1), 64-70. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(78\)90175-1](https://doi.org/10.1016/0022-2011(78)90175-1)
- Melgar-Lalanne, G.; Hernández-Alvarez, A.J.; Salinas-Castro, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 18(4), 1166-1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Meyer, A.M.; Meijer, N.; Hoek-van den Hil, E.F.; van der Fels-Klerx, H.J (2021). Chemical food safety hazards of insects reared for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7(5): 823-831. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0085>
- Mézes, M. (2018). Food Safety Aspect of Insects: A Review. *Acta Alimentaria*, 47 (4), 513–522. <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.4.15>
- Miech, P.; Berggren, Å.; Lindberg, J.E.; Chhay, T.; Khieu, B.; Jansson, A. (2016). Growth and survival of reared Cambodian field crickets (*Teleogryllus testaceus*) fed weeds, agricultural and food industry by-products. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2(4), 285-292. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0028>
- Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailandia. (2017). Good Agricultural Practices for Thai Agricultural Standard. Disponible en: [https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GAP\\_CRICKET\\_FARM-ENG.pdf](https://www.acfs.go.th/standard/download/eng/GAP_CRICKET_FARM-ENG.pdf). ISBN 974-403-196-4.
- Mpuchane, S.F.; Taligoola, H.K.; Gashe, B.A. (1996). Fungi associated with *Imbrasia belina* an edible caterpillar. *Botswana Notes and Records*. 28, 193–198.
- Mpuchane, S.; Gashe, B.A.; Allotey, J.; Siame, B.; Teferra, G.; Dithogo, M. (2000). Quality deterioration of phane, the edible caterpillar of an emperor moth *Imbrasia belina*. *Food Control*. 11, 453–458. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(00\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(00)00010-4)
- Murefu, T.R.; Macheke, L.; Musundire, R.; Manditsera, F.A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*. 101, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003>
- Muzzarelli, R.A.A. (2010). Chitins and chitosans as immunoadjuvants and non-allergenic drug carriers. *Marine Drugs*, 8(2), 292–312. <https://doi.org/10.3390/md8020292>
- Ngonlong, E.; Bergen, K.; Keppens, C. (2014). Circular concerning the breeding and marketing of insects and insect-based food for human consumption. Disponible en: [https://www.favv-afsca.be/foodstuffs/insects/documents/2014-05-21\\_Circular\\_insects\\_version11\\_EN.pdf](https://www.favv-afsca.be/foodstuffs/insects/documents/2014-05-21_Circular_insects_version11_EN.pdf)

- Niermans, K.; Woyzichovski, J.; Kröncke, N., Benning, R.; Maul, R. (2019). Feeding study for the mycotoxin zearalenone in yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae—investigation of biological impact and metabolic conversion. *Mycotoxin Research*. 35, 231–242. <https://doi.org/10.1007/s12550-019-00346-y>
- Ojha, S.; Bußler, S.; Psarianos, M.; Rossi, G.; Schlüter, O.K. (2021). Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. *Journal of Insects as Food and Feed*. 7(5), 877-900. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0121>
- Osimani, A.; Garofalo, C.; Milanović, V.; Taccari, M.; Cardinali, F.; Aquilanti, L.; Pasquini, M.; Mozzon, M.; Raffaelli, N.; Ruschioni, S.; Rioli, P.; Isidoro, N.; Clementi, F. (2017). Insight into the proximate composition and microbial diversity of edible insects marketed in the European Union. *European Food Research and Technology*. 243, 1157–1171. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2828-4>
- Osimani, A.; Milanović, V.; Cardinali, F.; Garofalo, C.; Clementi, F.; Ruschioni, S.; Riolo, P.; Isidoro, N.; Loreto, N.; Galarini, R.; Moretti, S.; Petruzzelli, A.; Micci, E.; Tonucci, F.; Aquilanti, L. (2018). Distribution of transferable antibiotic resistance genes in laboratory-reared edible mealworms (*Tenebrio molitor* L.). *Frontiers in Microbiology*. 9, 2702. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02702>
- Paine, J.M.; McKee, M.J.; Ryan, M.E. (1993). Toxicity and bioaccumulation of soil PCBs in crickets: comparison of laboratory and field studies. *Environmental Toxicity and Chemistry*. 12, 2097–2103.
- Pali-Schöll, I.; Meinschmidt, P.; Larenas-Linnemann, D.; Purschke, B.; Hofstetter, G.; Rodríguez-Monroy, F.A.; Einhorn, L.; Mothes-Luksch, N.; Jensen-Jarolim, E.; Jäger, H. (2019). Edible insects: Cross-recognition of IgE from crustacean- and house dust mite allergic patients, and reduction of allergenicity by food processing. *The World Allergy Organization Journal*. 12(1), 100006. <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2018.10.001>
- Panzani, R.C.; Ariano, R. (2001). Arthropods and invertebrates allergy (with the exclusion of mites): the concept of panallergy. *Allergy*, 56: 1-22. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2001.tb04419.x>
- Park, M.; Boys, E.L.; Yan, M.; Bryant, K.; Cameron, B.; Desai, A.; Thomas, P.S.; Tedla, N.T. (2014). Hypersensitivity pneumonitis caused by house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Clinical & Cellular Immunology*. 5(4), 1000248. <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9899.1000248>
- Pener, M.P. (2014). Allergy to locusts and acridid grasshoppers: a review. *Journal of Orthoptera Research*. 23, 59–67. <https://doi.org/10.1665/034.023.0105>
- Phiriyangkul, P.; Srinroch, C.; Srisomsap, C.; Chokchaichamnankit, D.; Punyarit, P. (2015). Effect of food thermal processing on allergenicity proteins in Bombay locust (*Patanga Succincta*).

- International Journal of Food Engineering*. 1(1), 23-28. <https://doi.org/10.18178/ijfe.1.1.23-28>
- Polack, L.A.; Lecuona, R.E.; López, S.N. (2020). Producción masiva y liberación de entomófagos. En: Control biológico de plagas en horticultura. Experiencias argentinas de las últimas tres décadas. INTA Ediciones. ISBN 978-987-8333-43-4.
- Poma, G.; Cuykx, M.; Amato, E.; Calaprice, C.; Focant, J.F.; Covaci, A. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and Chemical Toxicology*. 100, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>
- Purschke, B; Scheibelberger, R.; Axmann, S.; Adler, A.; Jäger, H. (2017). Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Additives & Contaminants*. 34, 1410–1420. <https://doi.org/10.1080/19440049.2017.1299946>
- Reperant, L.A.; Brown, I.H.; Haenen, O.L.; de Jong, M.D.; Osterhaus, A.D.M.E.; Papa, A.; Rimstad, E.; Valarcher, J.F.; Kuiken, T. (2016). Companion Animals as a Source of Viruses for Human Beings and Food Production Animals. *Journal of Comparative Pathology*. 155(1), 41-53. <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2016.07.006>
- Reuters. (2019). Dutch firm generates buzz with big fly larvae farm. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-netherlands-insect-farm/dutch-firm-generates-buzz-with-big-fly-larvae-farm-idUSKCN1TC20Q>
- Reuters. (2021). ADM, InnovaFeed to build world's biggest insect protein plant in Illinois. Disponible en: <https://www.reuters.com/article/us-archer-daniels-innovafeed-insects/adm-innovafeed-to-build-worlds-biggest-insect-protein-plant-in-illinois-idUKKBN28001C>
- Reverberi, M. (2020). Edible insects: cricket farming and processing as an emerging market. *Journal of Insects as Food and Feed*. 6(2), 211-220. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0052>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGyP). (2015). Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano. Disponible en: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/archivos//151216\\_Buenas%20Practicas%20de%20Manejo%20y%20Utilizacion%20de%20Cama%20de%20Pollo%20y%20Guano%20de%20Gallina.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/aves/informes/otros/archivos//151216_Buenas%20Practicas%20de%20Manejo%20y%20Utilizacion%20de%20Cama%20de%20Pollo%20y%20Guano%20de%20Gallina.pdf)
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2015). Decreto 4238/68. Reglamento de inspección de productos, subproductos y derivados de origen animal. Disponible en: <https://www.senasa.gob.ar/decreto-423868>

- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). (2002). Ensayos biológicos y químicos. Decreto 617/2002. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-617-2002-76216>
- Shakerardekani, A.; Karim, R.; Ghazali, H.M.; Chin, N.L. (2013). Textural, rheological and sensory properties and oxidative stability of nut spreads-A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(2), 4223–4241. <https://doi.org/10.3390/ijms14024223>
- Schrögel, P; Wätjen, W. (2019). Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. *Foods*. 8 (8), 288. <https://doi.org/10.3390/foods8080288>
- Sikorowski, P.P.; & Lawrence, A.M. (1994). Microbial Contamination and Insect Rearing. *American Entomologist*. 40(4), 240-253. <https://doi.org/10.1093/ae/40.4.240>
- Semberg, E.; de Miranda, J.R.; Low, M.; Jansson, A.; Forsgren, E.; Berggren, A. (2019). Diagnostic protocols for the detection of *Acheta domesticus* densovirus (AdDV) in cricket frass. *Journal of Virological Methods*. 264, 61-64. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2018.12.003>
- 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>
- Srinroch, C.; Srisomsap, C.; Chokchaichamnankit, D.; Punyarit, P.; Phiriyangkul, P. (2015). Identification of novel allergen in edible insect, *Gryllus bimaculatus* and its cross-reactivity with *Macrobrachium* spp. allergens. *Food Chemistry*. 184, 160–166. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.094>
- Ssepuyua, G.; Aringo, R.O.; Mukisa, I.M.; Nakimbugwe, D. (2016). Effect of processing, packaging and storage-temperature based hurdles on the shelf stability of sautéed ready-to-eat *Ruspolia nitidula*. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2(4), 245–253. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0006>
- Sun, D. W. (Ed.). (2006). Handbook of Frozen Food Packaging and Processing. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1201/b11204>
- Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). (2018). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biomedical Sciences and Veterinary Public Health, Sweden. Fernandez-Cassi, X.; Supeanu, A.; Jansson, A.; Boqvist, S.; Vagsholm, I. Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domesticus*). *EFSA Journal*. 16 (S1): e16082. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082>
- Szeleia, J.; Woodring, J.; Goettel, M.S.; Duke, G.; Jousset, F.X.; Liu, K.Y.; Zadori, Z.; Li, Z.; Styer, E; Boucias, D.G.; Kleespies, R.G.; Bergoin, M.; Tijssen, P. (2011). Susceptibility of North-American and European crickets to *Acheta domesticus* densovirus (AdDNV) and associated



- epizootics. *Journal of Invertebrate Pathology*. 106(3), 394-399.  
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2010.12.009>
- Thackray A.M.; Muhammad F.; Zhang C.; Denyer M.; Spiropoulos J.; Crowther D.C.; Bujdosó R.; (2012). Prion-induced toxicity in PrP transgenic *Drosophila*. *Experimental and Molecular Pathology*. 92(2), 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.yexmp.2012.01.005>
- Tyree, W.A.; Pfander, W.H.; Stone, P.C. (1974). Response of crickets to amount of forage in the diet. *Journal of Dairy Science*. 59, 164-166. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(76\)84172-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(76)84172-0)
- Unión Europea (UE). (2002). Reglamento 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002R0178&from=EN>
- Unión Europea (UE). (2004). Reglamento 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0852&from=EN>
- Unión Europea (UE). (2005). Reglamento 183/2005 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32005R0183&from=EN>
- Unión Europea (UE). (2009). Reglamento 767/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0767&from=en>
- Unión Europea (UE). (2009a). Reglamento 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R1069&from=EN>
- Unión Europea (UE). (2013). Reglamento 68/2013 de la Comisión. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0068&from=EN>
- Unión Europea (UE). (2015). Reglamento 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2015/327/L00001-00022.pdf>
- Unión Europea (UE). (2021). Reglamento 2021/882 de la Comisión. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2021/194/L00016-00020.pdf>
- Unión Europea (UE). (2021a). Reglamento 2021/1975 de la Comisión Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1975&from=EN>
- van Broekhoven, S.; Gutierrez, J.M.; De Rijk, T.C.; De Nijs, W.C.M.; van Loon, J.J.A. (2017). Degradation and excretion of the *Fusarium* toxin deoxynivalenol by an edible insect, the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.). *World Mycotoxin Journal*. 10, 163–169. <https://doi.org/10.3920/WMJ2016.2102>




- Vandeweyer, D.; Wynants, E.; Crauwels, S.; Verreth, C.; Viaene, N.; Claes, J.; Lievens, B.; Van Campenhout, L. (2018). Microbial Dynamics during Industrial Rearing, Processing, and Storage of Tropical House Crickets (*Gryllodes sigillatus*) for Human Consumption. *Applied and Environmental Microbiology*. 84(12), e00255-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00255-18>
- Vandeweyer, D., Lievens, B.; van Campenhout, L. (2020). Identification of bacterial endospores and targeted detection of foodborne viruses in industrially reared insects for food. *Nature Food*. 1, 511–516. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0120-z>
- van der Fels-Klerx, H.J.; Camenzuli, L.; van Der Lee, M.K.; Oonincx, D.G.A.B. (2016). Uptake of cadmium, lead and arsenic by *Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens* from contaminated substrates. *PLOS ONE*. 11(11), e0166186. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166186>
- van der Fels-Klerx, H.J.; Camenzuli, L.; Belluco, S.; Meijer, N.; Ricci, A. (2018). Food safety issues related to uses of insects for feeds and foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 17, 1172–1183. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12385>
- van der Fels-Klerx, H.J.; Meijer, N.; Nijkamp, M.M.; Schmitt, E.; van Loon, J. (2020). Chemical food safety of using former foodstuffs for rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for feed and food use. *Journal of Insects as Food and Feed*. 6, 475–488. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0024>
- 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. FAO forestry paper; No. 171. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>. ISBN 978-92-5-107595-1
- van Huis, A.; Dicke, M.; van LoonVan, J.J.A. (2015). Insects to feed the world. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1(1), 3-5. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.x002>
- Venugopal, V. (2005). Seafood processing: Value addition techniques. *Seafood Processing: Adding Value through Quick Freezing, Retortable Packaging and Cook-Chilling*, CRC Press, Boca Raton, 341-377. ISBN 9781574446227.
- Verhoeckx, K.C.M.; van Broekhoven, S.; den Hartog-Jager, C.F.; Gaspari, M.; de Jong, G.A.H.; Wichers, H.J.; van Hoffen, E.; Houben, G.F.; Knulst, A.C. (2014). House dust mite (Der p 10) and crustacean allergic patients may react to food containing Yellow mealworm proteins. *Food and Chemical Toxicology*. 65, 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.12.04>
- Walia, K.; Kapoor, A.; Farber, J.M. (2018). Qualitative risk assessment of cricket powder to be used to treat undernutrition in infants and children in Cambodia. *Food Control*. 92, 169–182. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.047>
- Wang, Y-S.; Schelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*. 6(10), 91. <https://doi.org/10.3390/foods6100091>

- Weissman, D.B.; Gray, D.A.; Pham, H.T.; Tijssen, P. (2012). Billions and billions sold: Pet-feeder crickets (Orthoptera: *Gryllidae*), commercial cricket farms, an epizootic densovirus, and government regulations. *Zootaxa*. 3504, 67–88. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3504.1.3>
- Wynants, E.; Crauwels, S.; Verreth, C.; Gianotten, N.; Lievens, B.; Claes, J.; Van Campenhout, L. (2018). Microbial dynamics during production of lesser mealworms (*Alphitobius diaperinus*) for human consumption at industrial scale. *Food Microbiology*. 70, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.09.012>
- Wynants, E. (2019). Microbiological dynamics and safety risks during rearing of insects for food and feed. PhD thesis. Disponible en: <https://lirias.kuleuven.be/2379701?limo=0>

## 10. ANEXOS

A continuación, se presenta una serie de documentos que complementaria al presente Informe.

	<b>RED DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CONICET</b>	
	<b>ANEXO I: Instalaciones</b>	Año: 2021

### **Requisitos generales de la producción**

- Contar con un procedimiento de BPM
- Contar con un procedimiento POES
- Contar con un procedimiento de trazabilidad
- Contar con un procedimiento de control de químicos peligrosos utilizados para la limpieza y sanitización
- Contar con un procedimiento de registro de mediciones

**Antes de comenzar la producción** se deben verificar las condiciones de higiene en el área productiva, garantizando que el equipamiento, utensilios y lugar de trabajo (pisos, paredes, almacenaje, empaque, etc.) se encuentren en correctas condiciones edilicias y de limpieza.

Los instrumentos y equipos deben estar periódicamente calibrados y se debe verificar y registrar su correcto funcionamiento. No utilizar vidrios o plásticos quebradizos en zonas productivas.

**Durante todas las etapas productivas** se debe monitorear y controlar los equipos y mediciones de acuerdo a los procedimientos establecidos por el productor. Las áreas deben mantenerse limpias y libres de materiales extraños y se debe evitar el tránsito de personas y materiales ajenos. Otras consideraciones a tener en cuenta son:

- Todo producto que entre en contacto directo con una superficie contaminante (p. ej. suelo) debe ser aislado, identificado y descartado.
- Los productos reprocesados deben estar en condiciones tales que no afecten la seguridad ni calidad del producto final.
- Los recipientes con productos intermedios (en proceso) o finales no deben estar próximos a recipientes con desperdicios. Los productos en proceso deben ser manipulados en recipientes limpios, protegidos e identificados.
- El lugar de almacenamiento de productos y envases debe facilitar las operaciones de limpieza y desinfección.

-Todos los productos deben identificarse con su fecha de elaboración y vencimiento y hora de elaboración de manera legible y mantener la trazabilidad.

-De ser necesario el uso de lubricantes en equipos deben ser de grado alimenticio y permitidos.

-Durante la producción y/o empaque se debe tener extremo cuidado para que cualquier limpieza que se pueda realizar no provoque una contaminación cruzada.

### **Utensilios y equipos**

Los utensilios y equipos de medición deben ser guardados en lugares habilitados para tal fin. Asimismo, deben utilizarse únicamente para los fines establecidos; en buen estado de conservación y funcionamiento y cumplir con normas de diseño sanitario.

### **Registros**

Para asegurar la trazabilidad documental, los registros deben ser legibles y no deben utilizarse lápices para las anotaciones. Cualquier anomalía debe quedar asentada. Los registros deben ser controlados antes de ser archivados.

### **Control de químicos peligrosos**

Deben estar correctamente almacenados e inventariados.

### **Tránsito**

La circulación debe minimizar los riesgos de contaminación.

### **Divisiones**

Las áreas productivas, de tránsito y despacho, así como el área destinada al personal (vestuarios, comedor, baño) deben estar bien delimitadas. Las áreas húmedas deben estar separadas de las áreas secas. Si hubiera riesgo de contaminación cruzada entre productos intermedios y finales las mismas deben estar separadas físicamente.

### **Pisos y paredes**

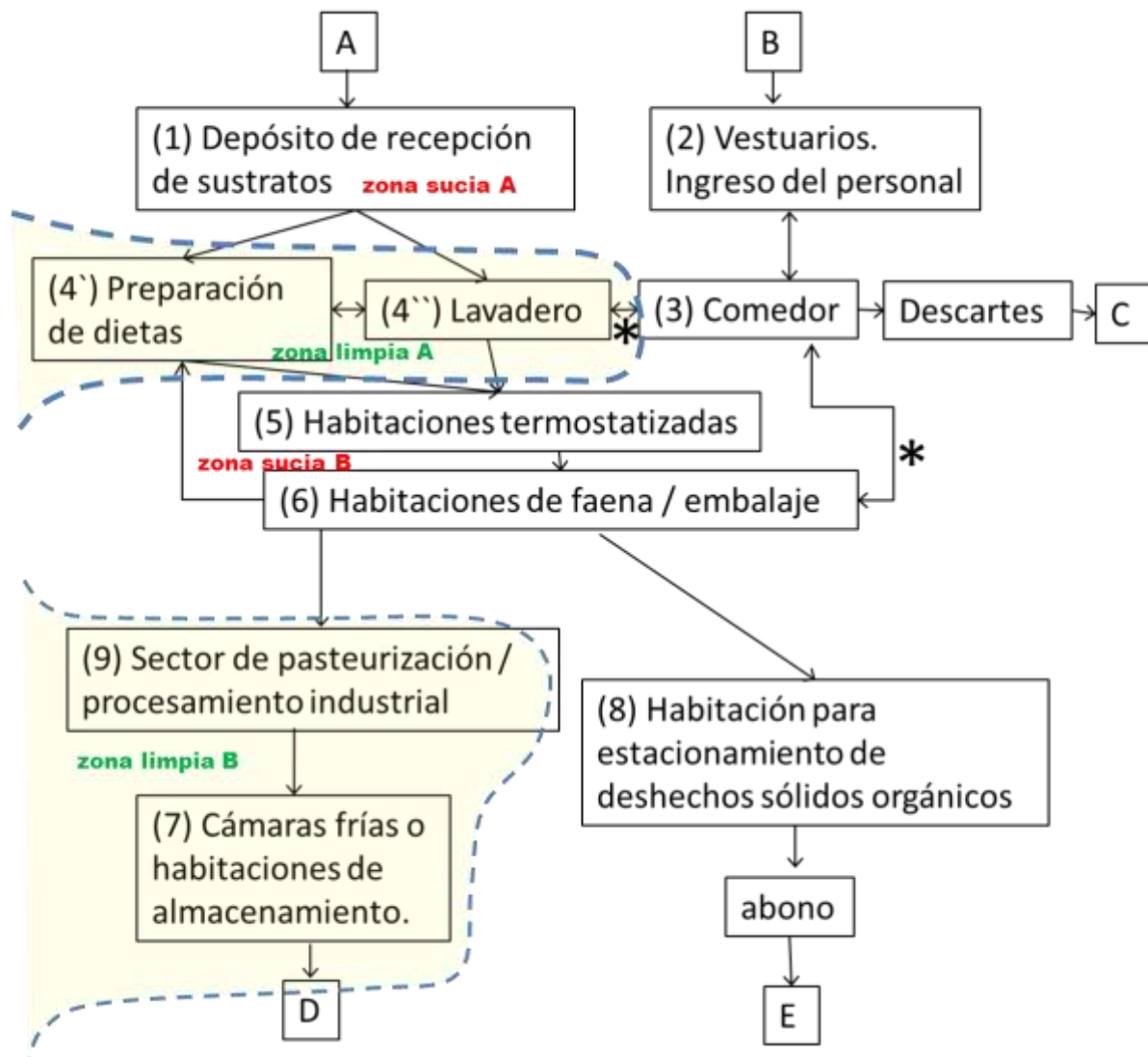
Deben estar contruidos con materiales según la reglamentación vigente. Deben ser fáciles de limpiar y desinfectar, antideslizantes, sin grietas. Los pisos deben contar con desagües o drenajes. Ángulos de encuentro entre piso y pared redondeados.

### **Instalaciones**

Un establecimiento de producción entomológica desarrolla simultáneamente actividades de cría, engorde y faena de la especie elegida. No se recomienda separar estas actividades en diferentes locaciones para evitar contaminaciones en los cultivos durante el transporte. Las instalaciones para cultivo de insectos para consumo deben cumplir con las normas generales requeridas para otras especies animales, i.e., cría, producción y faena de pollo (Federico, 2016). Ciertos establecimientos pueden optar por incluir la segunda parte de la cadena de producción entomológica: procesamiento del insecto, que usualmente incluye deshidratación (pero no es excluyente) para obtención de polvo, alimento balanceado o insecto entero seco. Por último, pueden funcionar establecimientos especializados únicamente en el procesamiento, recibiendo como sustrato insecto congelado o conservado por algún método alternativo, y elaborando un producto final para ser colocado en góndola. En cada caso, deberán cumplir también con las normativas específicas relacionadas con similares procesos de producción aplicados a material de origen animal: por ejemplo, harina de pescado, formulación de alimentos balanceados para animales o producción de snacks. En todos los casos, de deberán cumplimentar las normativas generales enunciadas en el capítulo II del CAA (CAA, 2021).

Detallamos aquí un esquema de circulación interna de materiales y personal a través de los diferentes sectores o habitaciones del establecimiento. Este esquema puede ser aplicado para diferentes producciones de insectos. En particular, para insectos: (i) caminadores no-voladores; (ii) incapaces de trepar superficies verticales lisas; (iii) de un tamaño visible a simple vista; (iv) incapaces de atravesar mallas mosquitero de aluminio estándar. Cumplen con estos requisitos varias especies de grillo utilizadas para consumo: *Gryllus assimilis*, *A. domesticus*, *Gryllus bimaculatus* y *G. sigillatus* (orden Orthoptera). También los cumplen algunas especies de insectos holometábolos (metamorfosis verdadera), donde se cosecha su larva. En estos casos el proceso se simplifica ya que se suelen trabajar en bandejas abiertas sin mosquiteros (Coleópteros *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus* y *Zophobas morio*). Por último, entre especies de cría para consumo que cumplan con estos requisitos encontramos varias del orden Blattodea: *Shelfordella tartara*, *Blaberus cranifer* y *Blaptica dubia*. Sin embargo, la mayoría de las especies de este grupo suelen trepar superficies lisas lo que determinaría otros requisitos de infraestructura (*Periplaneta americana*, *Nauphoeta cinerea*). Las langostas, otro grupo perteneciente al orden de los ortópteros propuesto para consumo, requerirían también otro tipo de instalación por su capacidad voladora, con mayor seguridad en el sistema de mosquiteros redundantes. Tal el caso de *Schistocerca gregaria* y *Locusta migratoria*. Similares dispositivos deben desarrollarse para manejo de los adultos de las especies de mosca (orden Diptera) *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) o *Musca domestica*. Pero solo en el caso de los adultos ya que sus larvas pueden ser cultivadas en recipientes similares a los utilizados para larvas de coleópteros.

La Figura 1A muestra el caso más complejo donde se incluye producción primaria y procesamiento industrial en las mismas instalaciones. Está basado en diseño de bioterios que divide la zona limpia o blanca, usualmente lavadero donde además se preparan las dietas, y la zona sucia o verde donde se encuentra el material biológico. En el caso de las instalaciones entomológicas tienen un nivel de complejidad adicional. En primer lugar, son utilizadas para bio convertir residuos o subproductos de otras industrias alimentarias y producciones primarias. Esto determina una segunda zona sucia B, de recepción y tratamiento térmico de este tipo de sustratos. En segundo lugar, las plantas que realizan el procesamiento industrial en el mismo predio determinarían una zona limpia B independiente del sector de preparación de las dietas (Figura 1A). Cualquiera sea el plano de planta elegido sería recomendable que la distribución relativa de los sectores siguiera un esquema de este tipo.



**Figura 1A.** Esquema de establecimiento propuesto de producción entomológica: Circulación de sustratos, personal y productos. Basado en la zonificación típica de bioterios (zona verde o sucia y zona blanca o limpia con menor carga bacteriana), pero modificado en relación a una segunda zona limpia independiente que aparece en los establecimientos con procesamiento industrial posterior, y debe cumplir requisitos y estándares de industria alimentaria.

La línea punteada (---) divide las zonas sucias de zonas limpias (sombreadas). Existen dos zonas sucias (A y B) y dos zonas limpias independientes. La comunicación entre estos habitáculos se puede dar por sistemas de doble puerta, trampas de desinfección o túneles de pasteurización/ tratamiento térmico. Adicionalmente la entrada y salida del personal a este diagrama de flujo orgánico, señalada con asterisco (\*), debería darse con sistemas de doble puerta y cambio de indumentaria.

El flujo de material biológico se daría según el esquema de (1) > (4) > (5) > (6) > (9) > (7). Desperdicios orgánicos en (5) > (6) > (8), siendo (2) y (3) anexos imprescindibles para el bienestar del personal y para minimizar la entrada/salida del establecimiento durante el día laboral. Por otra parte, [A], [B], [C], [D], [E] son entradas/salidas alternativas del personal/materiales. La dirección de las flechas indica el flujo lógico de materiales y personal.

Existen por último dos tipos de establecimientos determinados por el área de emplazamiento: rural o urbano. Lógicamente, el segundo tipo de establecimiento tendrá más requerimientos.

La especie elegida para producción debe ser tal que en caso de fuga accidental no afecte el medio ambiente. Por ejemplo, especies autóctonas o periplanetarias. Tal es el caso de *G. assimilis* y otras especies de grillos habilitadas para el consumo. Sin embargo, las condiciones de infraestructuras serán tales que tiendan a disminuir al mínimo esta posibilidad. Por otra parte, adecuadas instalaciones ayudarán a minimizar la contaminación microbiológica de los cultivos de insectos. Los establecimientos rurales deberán cumplir con la normativa descrita en el capítulo II del CAA (CAA, 2021) y decreto 4238 del SENASA (SENASA, 2015). Asimismo, deben cumplir de mínima con las mismas normas bromatológicas, de cuidado del medio ambiente y salud del personal que rigen para establecimientos piscícolas que realizan el proceso completo de cría hasta faena, con colocación de producto directo en góndola o exportación.

Es menester determinar las medidas a tomar en cuenta para producción de insectos, específicas para el rubro, y adicionales a las generales exigidas para producción animal y alimenticia. El desarrollo de manuales de buenas prácticas de uso interno específicos de cada establecimiento debería ser mandatorio, permitiendo el acceso a certificaciones del producto que pueda ser incluida en la etiqueta.



### Pisos-Pared-Techos

La Figura 1A esquematiza un establecimiento de producción de insectos de superficie usualmente mayor a 500 m<sup>2</sup>, típicamente de 1500 m<sup>2</sup> y con casos de hasta 16.000 m<sup>2</sup> (Reuters, 2019). Sin embargo, la superficie a habilitar no es un requerimiento.

**Paredes:** Se divide el establecimiento en 9 sectores independientes, separados por pared. Definimos por pared, materiales de construcción tradicionales (ladrillo, cemento), construcción en seco o cualquier material rígido de un espesor mínimo de 5 cm. No debe contener huecos, recovecos o espacios que permitan el paso o anidación de insectos o arácnidos. La superficie debe ser lisa y apta para desinfección (pintura lavable, microcemento). En el caso de construcción en seco se recomienda revoque cementicio con malla metálica para evitar anidación de roedores en paredes huecas. No entran en esta categoría lonas, telas o cualquier tipo de enrejado como usado en ocasiones en instalaciones para pollo.

**Pisos:** De la misma manera que la pared, los pisos pueden ser de cualquier material rígido y liso, apto para desinfección (cemento alisado, microcemento, cerámicos lisos, piso vinílico, epoxy, etc.). En general, un piso con contrapiso, no pisos de tierra o de algún material rugoso. Debe existir al menos una rejilla por sector, con pendiente adecuada hacia la rejilla. Tapas ciegas rebatibles que impidan el paso de insectos (ingreso-egreso), con rejilla debajo (para levantar la tapa ciega al momento de drenar el líquido). El sistema de drenaje debe ser único, y puede ser acoplado al desagüe cloacal, pluvial, de aguas grises o independiente. Es recomendable el diseño de la red con trampas intermedias que prevengan ingreso/egreso de insectos. Deben bloquearse los accesos externos con enrejado metálico a prueba de roedores.

**Techos:** Grosor mínimo 5 cm. Cualquier material rígido apto para desinfección. No apto chapa o lona como único material. La unión piso-techo sin huecos, recovecos o aberturas. En general las habitaciones o sectores deben funcionar como unidades herméticas que impidan la entrada/salida de insectos. La circulación de aire se realizará a través de las aberturas y sistemas de ventilación habilitados para cada sector.

**(1) Depósito de recepción de sustratos (zona sucia A):** Definimos como sustrato alimentos, medios para incubación de huevos<sup>15</sup> y materiales que vayan a estar en contacto directo con los insectos. Asociado a este sector tenemos la entrada [A]. Puede habilitarse una entrada adicional independiente de materiales plásticos y cartones. Todo otro insumo puede ingresar por la entrada [B], la misma de

---

<sup>15</sup> Típicamente vermiculita, turba o perlita en el caso de grillos.

ingreso del personal. Deberá existir un registro permanente de ingreso de mercadería general. En el mismo debe constar: empresa proveedora, mercadería, fecha de ingreso, cantidad/peso, fecha de vencimiento (en caso de corresponder), lote, fecha de egreso completo del lote. Estos datos pueden ser requeridos por autoridad competente y son necesarios para asegurar trazabilidad del proceso y aplicación de normas HACCP. Los estantes para almacenar la mercadería deben estar a partir de 30 cm del piso y 5 cm de la pared, para facilitar la limpieza de pisos-pared. En general, toda mesada o amoblamiento debe tener esta distancia mínima. Posibilidad de heladeras o Freezers para recibir mercadería perecedera. En estos casos, o incluso en casos de muebles similares, colocarlos sobre estructuras con ruedas para moverlos durante el aseo. Superficie mínima 5 % de la superficie total del establecimiento.

**(2) Vestuarios – Ingreso del personal.** Asociado a la entrada [B] de ingreso del personal y otros insumos que no entraran en contacto directo con los insectos. Incluye baños. El cambio de indumentaria en instalaciones rurales es opcional.

**(3) Comedor.** Sector de descanso del personal, comedor y refrigerio diario. Heladera y pileta exclusiva para el uso del personal y obligatorias. Superficie mínima 2.5 m<sup>2</sup>/operario. La comunicación del comedor con lavadero o sectores de faena/procesamiento industrial debe contener al menos un sistema de doble puerta y cambio de parcial o total de indumentaria.

**(4) Sector Lavadero/Dietas.** Sector de recepción, acondicionamiento y procesamiento de insumos y alimentos para la cría. Es la zona limpia A. También puede contener heladeras/freezers, para recibir directamente la mercadería perecedera. Instalados con burlete adecuado para impedir contaminaciones y colocados sobre ruedas para facilitar la limpieza. Para almacenamiento de alimentos y sustratos orgánicos es recomendable un sector adicional exclusivo. No almacenar directamente en estantes, a no ser que se encuentren dispuestos dentro de un placar, recipiente o estructura hermética similar. Pileta/s obligatoria/s: mínimo 50 dm<sup>3</sup> de pileta<sup>16</sup>, 30 dm<sup>2</sup> de mesada /40 m<sup>2</sup> de espacio de cría, 1 canilla mezcladora/150 m<sup>2</sup> de espacio de cría. Se define espacio de cría a la superficie de las habitaciones (usualmente) termostalizadas, o sector<sup>4</sup>.

Puede incluir en instalaciones de mayor envergadura un sector exclusivo de preparación de las dietas. Incluso puede comunicarse este sector con el de recepción de sustratos a través de cintas transportadoras de alta temperatura + molienda. De esta manera se somete a tratamiento térmico automático todo alimento recibido, sobre todo descartes de industria alimentaria. Existe la posibilidad

---

<sup>16</sup> El tamaño de una pileta de 4 x 4 x 3 dm. Sin embargo, el productor puede optar por piletones grandes de desinfección, análogos a los de bioterio, i.e., 300 dm<sup>3</sup> en caso de superficies mayores, cumpliendo fácilmente con el requisito de mínima.

incluso de comunicar por este sistema el sector de recepción de sustratos en forma directa con las habitaciones de cría.

**(5) Habitaciones de cría** (usualmente) termostalizadas (zona sucia B). En Argentina es necesaria en prácticamente todas las provincias, durante la mayor parte del año, la termostatación de los sectores de cría: regular la temperatura entre 25 a 35°C. Sin embargo, esta condición no puede ser un requisito excluyente, sino un manejo por parte del productor que en caso de realizarse adecuadamente será crucial para lograr alta eficiencia/bajos costos del proceso. También para acceder a certificaciones de manejo de la energía responsable, este punto estará detallado en el manual de buenas prácticas adjunto.

Estos recintos estarán comunicados únicamente con el sector de lavadero/preparación de dietas y con el sector de embalaje/faena, a través de sistemas de doble puerta. No se recomienda un flujo directo a otros sectores de las instalaciones. Deben ser habitaciones estancas y las ventilaciones deben tener doble protección de mosquitero de aluminio estándar.

Dentro de estas habitaciones se colocan los recintos de cría. Hay variados tipos de contenedores utilizados para grillos. Cualquiera sea la opción elegida de material, diseño y tamaño elegido, es recomendable que sus paredes sean lisas para evitar fugas de insectos no trepadores. Complementariamente será necesaria la colocación de una tapa con carpintería de aluminio (mosquitero, perfiles y burletes adecuados), con no más de 1 mm de margen en el encastre de la tapa en el recipiente de cría. Cualquier sistema similar que pruebe ser efectivo para evitar la fuga de los insectos de los recipientes será aceptable. Los contenedores pueden ser apilados en estanterías, en varios niveles de altura, pero siempre dejando al menos 30 cm desde el estante inferior al piso y 5 cm de la pared, para poder realizar la limpieza. En instalaciones industriales de cría vertical se pueden encontrar dispositivos de cría de hasta 30 niveles. Aunque esto es más común en coleópteros y mosca soldado negra, no tanto en ortópteros. Esto no aplica en caso de contenedores de cemento fijos, no rebatibles, construidos directamente sobre el piso al estilo tailandés. Sin embargo, estos sistemas de cría son más compatibles con instalaciones rurales, en caso de solucionarse la rugosidad natural del cemento (que permite que todos los insectos trepen) y el encastre adecuado de la tapa-mosquitero.

Es habitual la colocación de ventiladores para optimizar la calefacción y evitar los gradientes no-deseados de temperatura. En caso de ventiladores de techo (sin enrejado protector), colocarlos a una altura mínima del asa de 2,5 m del piso. En caso de ventiladores instalados a una altura menor, deben tener enrejado. Ventiladores de techo instalados a menos de 1 metro del estante superior, solo pueden ser utilizados en modo nocturno (en ausencia de personal).

Las estufas a combustión de gas deben estar colocadas a más de un metro de cualquier material inflamable.

**(6) Habitaciones de embalaje (zona sucia B).** Se llevan los insectos a estas habitaciones contiguas a las de cría, transportándolos en contenedor de cría completo o fraccionando parte del cultivo en contenedores menores. No se recomienda el embalaje en las mismas habitaciones de cría, ya que, al menos en caso de los ortópteros, involucra una técnica de sacudido de los soportes rígidos (maples, cartones, madera terciada, etc.) que libera una alta concentración de polvo en la atmósfera circundante. En estas habitaciones de embalaje este proceso se puede realizar respetando un adecuado diseño de aberturas/ ventilación particular de este sector. Se pide las mismas recomendaciones en el amoblamiento que en el resto de los sectores con un adicional: un mínimo de 2000 dm<sup>2</sup> de mesada-amoblamiento para faenado-embalaje/ 40 m<sup>2</sup> de espacio de cría. Alternativamente se puede tener un habitáculo estanco dentro de esta habitación para realizar el mencionado protocolo sin contaminar la atmósfera completa de la habitación con el polvo liberado. Para la faena, aquí se puede disponer de artefactos adecuados tanto para faena en frío (freezers, nitrógeno líquido, etc.) como en calor (baños termostatzados, cintas transportadoras). Se podría incluso realizar una faena pasteurizadora HTST como se realiza con la leche, a través de intercambiadores de calor de flujo continuo tubulares. En este caso sería esperable que este sistema sirva de comunicación entre la habitación de faena y la contigua de procesamiento industrial, de esta manera pasando de la zona sucia a la limpia sin peligro de contaminaciones cruzadas. Otro sistema más simple puede ser baño termostatzado que cumpla las veces de trampa pasteurizadora, a través de los cuales pasa el producto de una habitación a otra. En su defecto, el producto faenado-ensado debe pasteurizarse en el sector de procesamiento industrial (Ver punto 9).

**(7) Almacenamiento (zona limpia B):** según se disponga de producción de grillo congelado, o deshidratado (tanto entero como harina), se determinará el tipo de almacenamiento en cámaras frías (-20 °C) o a temperatura ambiente (10 a 20 °C) respectivamente. Una planilla electrónica de control de lotes, fecha de vencimiento y demás detalles del producto será de utilidad. Las condiciones deben respetar lo que cualquier otra producción alimentaria.

**(8) Estacionamiento de desechos sólidos (zona sucia B):** los desechos secos altamente biodegradados de los insectos son aptos para abono sin mediar compostaje. En algún caso se tamizan los restos de alimentos no consumidos, que sí necesitan compostaje. El estacionamiento de un mes en condiciones secas y estancas sirve para eliminar cualquier insecto vivo o sus huevos ya que los ortópteros no pueden realizar su ciclo biológico en estas condiciones. El embalaje y venta de estos

sustratos también es posible. Este sector se comunica con sistema de doble puerta tanto con las habitaciones de embalaje como con el exterior (salida [E]).

(9) **Procesamiento industrial:** en este sector se realiza la pasteurización, deshidratación, embalaje final, rotulado, molienda y demás procesos industriales. Es la zona limpia B, independiente de la zona limpia A del punto (5). En instalaciones de mayor envergadura, se recomienda personal independiente para evitar contaminaciones cruzadas. Esto determina instalaciones de baños y servicios también independientes de los anexos a la zona limpia A. Debe cumplir con los mismos estándares de la industria alimentaria.

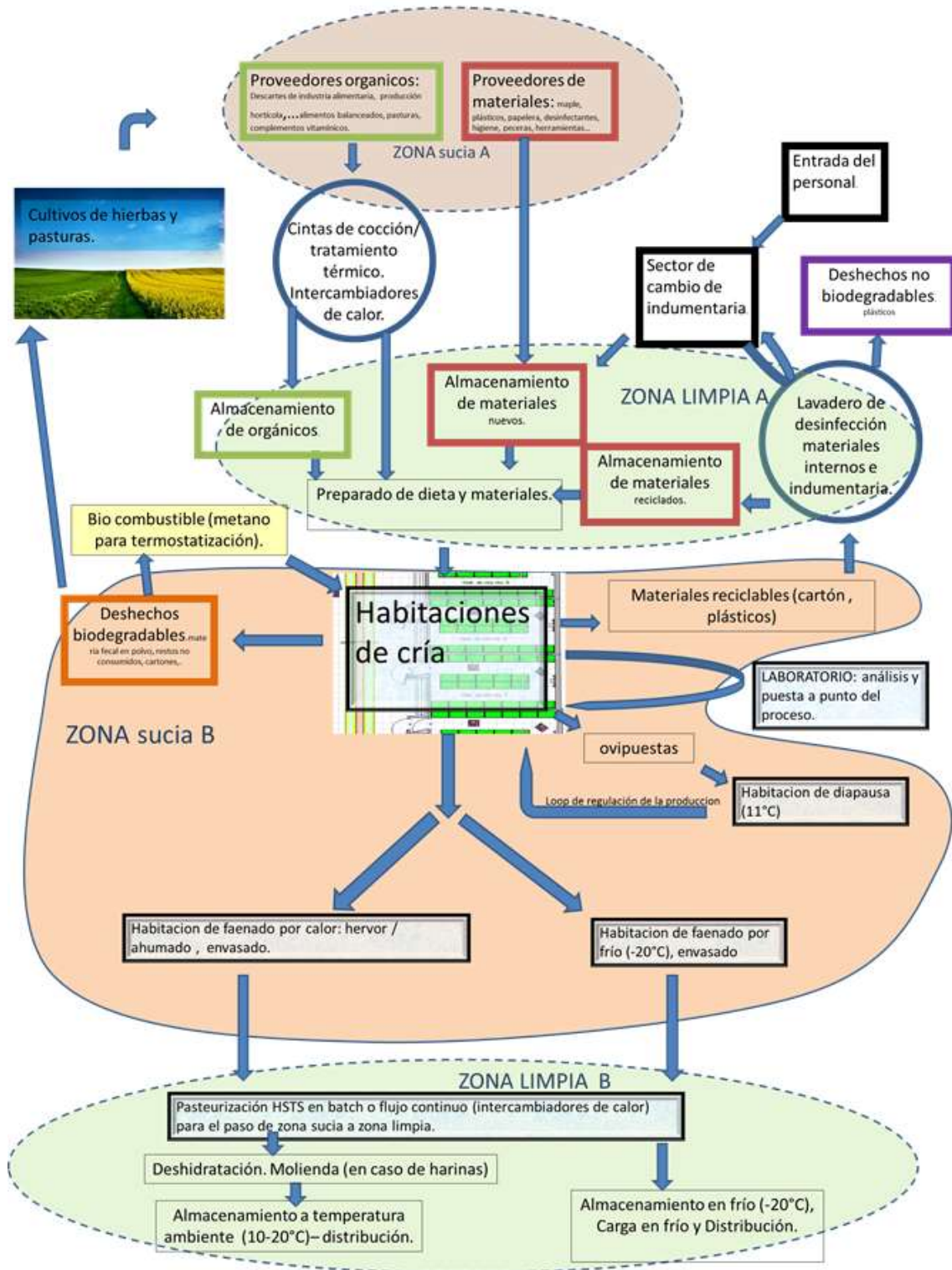
Un detalle adicional de este esquema puede apreciarse en la Figura 1A. En la misma se muestra que una instalación de este tipo puede contener adicionalmente:

1. Almacenamiento independiente de alimentos, materiales nuevos o materiales reciclados desinfectados.
2. Laboratorio interno de análisis y control de calidad
3. Habitaciones de diapositiva donde se almacenan huevos de insectos a baja temperatura para luego facilitar su eclosión en el momento necesario.
4. Anexo para producción de biogás a partir de la fermentación anaerobia de las heces de los insectos.

La Figura 2A representa un diagrama de flujo interno de planta propuesto para la producción a escala (1200m<sup>2</sup>) de insectos (*G. assimilis*) para consumo humano: el caso de instalaciones mixtas de producción primaria y procesamiento industrial.


Se esquematizan de las actividades que determinan las zonas limpias y sucias (y por lo tanto el plano de planta) en dicha instalación.

La descripción propuesta de diferentes actividades no es exhaustiva, habiendo otros protocolos industriales posibles como el descrito en producción industrial en este documento.



**Figura 2A.** Diagrama de flujo interno de planta propuesto para una producción mixta (producción primaria y procesamiento industrial) a escala (1200m<sup>2</sup>) de insectos (*G. assimilis*) para consumo humano.



	<b>RED DE SEGURIDAD ALIMENTARIA DEL CONICET</b>	
	<b>ANEXO II: Glosario de definiciones</b>	Año: 2021

Para la confección de este Anexo se utilizaron como insumo los siguientes documentos y reglamentaciones:

- Código Alimentario Argentino (CAA). (2021). Disponible en:  
[www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario](http://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario)
- IPIFF (2019). Guide on good hygiene practices for European Union (EU) producers of insects as food and feed. Disponible en: [www.ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf](http://www.ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf)
- FAO (1997). Annex: Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system and guidelines for its application. En: Recommended international code of practice. General principles of food hygiene (CAC/RCP 1-1969, Rev. 4-20031). Disponible en: [www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/siryu/dl/siryu02l.pdf](http://www.mhlw.go.jp/topics/yunyu/siryu/dl/siryu02l.pdf)
- Regulaciones de la Comunidad Europea: Regulation (EC) 178/2002; 852/2004; 183/2005; 767/2009; 1069/2009.
- Norma ISO22000/2005.

**-Área limpia:** Sector con control ambiental definido de partículas y contaminación microbiana, construida y usada tal que se reduzca la introducción, generación, y retención de contaminantes dentro del área.

**-Área sucia:** Sector donde se desarrolla la cría y engorde de los insectos. La denominación no implica que necesariamente sea un área contaminada o donde la limpieza no esté al orden del día, pero es de esperar una alta carga biológica por el volumen de la biomasa animal.

**-Autoridad competente:** La autoridad central de un estado miembro competente para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de la regulación aplicable o cualquier otra autoridad a la cual la autoridad central haya delegado tal competencia.

**-Bioseguridad:** Procedimientos y prácticas probadas para prevenir o limitar la exposición de los aglomerados a factores biológicos externos y para minimizar la influencia del establecimiento sobre sus alrededores.



**-Buenas Prácticas de Higiene (BPH):** Condiciones y actividades esenciales que son necesarias para mantener un medio ambiente higiénico a través de la(s) cadena(s) alimentaria(s) (o de piensos) adecuadas para la producción, manipulación y provisión de productos finales seguros.

**-Cernido:** Procedimiento empleado para seleccionar tamaños de partícula de un material reducido a polvo, o para retirar materiales extraños.

**-Cohorte:** grupo de individuos nacidos en el mismo tiempo y lugar, que crecen y sobreviven a tasas similares.

**-Contaminación:** Presencia o introducción de un peligro.

**-Cosecha:** Proceso de separación de los insectos de los sustratos, seguidos de faena y fraccionamiento para su embalaje. Dicha cosecha es usualmente evaluada por peso y no por la cantidad de individuos. En el caso de embalaje vivo no existiría la etapa de faena.

**-Crecimiento o engorde:** Proceso que abarca desde la siembra del inóculo de grillos recién eclosionados en el contenedor.

**-Diagrama de flujo:** Presentación esquemática y sistemática de la secuencia e interacciones de las etapas en el proceso.

**-Diapausa:** Estado fisiológico de inactividad con factores desencadenantes y terminantes bien específicos. Se usa a menudo para sobrevivir condiciones ambientales desfavorables y predecibles, tales como temperaturas extremas, sequía o carencia de alimento. No todas las especies de artrópodos tienen la propiedad de poder hacer diapausa, habiendo algunos que lo realizan durante su estadio de huevo y otros en diferentes estadios larvarios. En el laboratorio o instalaciones de producción suele utilizarse para almacenar los insectos o sus huevos vivos durante largo tiempo, típicamente a temperaturas de 10 a 12 °C, en función de los requerimientos de la producción.

**-Envase alimentario:** Artículo que está en contacto directamente con alimentos destinado a contenerlos desde su fabricación hasta su entrega al consumidor con la finalidad de protegerlos de agentes externos de alteración y contaminación, así como de adulteración.

**-Establecimiento:** Cualquier unidad de negocios de piensos o alimentos.

**-Excremento/excretas de insectos:** Mezcla de excrementos derivados de insectos de cultivo, sustrato de alimentación e insectos muertos o parte de insectos.

**-HACCP (del inglés: Análisis de riesgos y puntos críticos de control):** Sistema que identifica, evalúa y controla riesgos que son significativos para la seguridad alimentaria.

**-Insecto de cultivo/interés:** Cualquier especie de insecto mantenida deliberadamente en un cultivo establecido, mantenida en un ambiente controlado a gran escala.

**-Insectos hemimetábolo (o metamorfosis incompleta):** Insectos cuyo tipo de desarrollo o ciclo de vida se compone de huevo, ninfa y adulto. La ninfa se parece al adulto. Tal es el caso de los ortópteros (grillos, saltamontes y langostas).

**-Insecto holometábolo (metamorfosis completa):** Insectos cuyo tipo de desarrollo o ciclo de vida se compone de huevo, larva, pupa y adulto. Como ejemplos de insectos holometábolos criados en cautiverio: *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* (familia *tenebrionidae* en general), mosca soldado negra (*Hermetia ilucens*) entre otros. La larva o la pupa, los estadios que normalmente se cosechan, son absolutamente diferentes a los adultos.

**-Instar (o estadio):** Etapa del desarrollo en la que se encuentra un insecto. La mayoría de los ortópteros tiene 6 o 7 instar o estadios desde el huevo, la ninfa (4-5 instar) y el adulto. El pasaje de un instar a otro se da por el proceso de muda o ecdisis. El insecto se desprende de su exoesqueleto quitinoso externo, aumenta su volumen y esclerotiza. Esto es, un proceso hormonal que vuelve a endurecer su cutícula externa. De esta manera los insectos crecen por escalones.

**-Lote:** Cantidad identificable de alimento/materia prima/material/producto que comparte características comunes como el origen, variedad, tipo de envase, envasador, consignador o marca y, en el caso de procesos de producción, una unidad de producción proveniente de una única planta usando parámetros de producción uniformes o un número de tales unidades producidas en orden continuo y almacenadas juntas.

**-Peligro:** Agente biológico, microbiológico, químico, físico o alergénico en, o en condición de, alimentos o piensos con el potencial de causar un efecto adverso en la salud.

**-Pienso:** Cualquier sustancia o producto, incluyendo aditivos, ya sean procesados, parcialmente procesados o sin procesar, destinados a la alimentación oral de animales.

**-Ortópteros:** Orden de insectos (orthoptera) que agrupa unas 19 mil especies, entre los que encontramos grillos, saltamontes y langostas. A este grupo pertenecen las 4 especies de grillos más comúnmente criadas en cautiverio: *Gryllus assimilis*, *Acheta domesticus*, *Gryllus bimaculatus* y *Gryllodes sigillatus*. Presentan una biología y patrón microbiológico similar, lo que permite extrapolar conclusiones de trabajos realizados unos con otros.

**-Procesamiento:** Cualquier acción que altera sustancialmente el producto inicial, incluyendo calentamiento, ahumado, curado, madurado, secado, marinado, extracción, extrusión o una combinación de estos procesos.

**-Producción primaria de piensos:** La producción de productos agrícolas, incluidos en particular el cultivo, la recolección, el ordeño, la cría de animales (antes de su sacrificio) o la pesca, que dan como resultado exclusivamente productos que no se someten a ninguna otra operación después de su cosecha, recolección o captura, además de un simple tratamiento físico.

**-Productos alimenticios o alimentos:** Cualquier sustancia o producto, ya sea procesado, parcialmente procesado o sin procesar, destinado a ser ingerido, o razonablemente esperado para ser ingerido por humanos.

**-Productos primarios:** Productos de la producción primaria incluyendo productos del suelo, de ganadería, de caza y pesca.

**-Productos procesados:** Productos alimenticios resultantes del procesamiento de productos no procesados. Estos productos pueden contener ingredientes que son necesarios para su manufactura o para otorgarles características específicas.

**-Punto Crítico de Control (PCC):** Etapa en el proceso en las que se aplican medidas de control para prevenir o reducir un peligro significativo relacionado con la inocuidad de los alimentos hasta un nivel aceptable y límites críticos definidos y la medición permite la aplicación de correcciones.

**-Seguridad alimentaria:** Garantía de que un alimento es aceptable para el consumo humano de acuerdo a su intención de uso.

**-Sistema/plan HACCP:** Documento preparado de acuerdo con los principios del HACCP para garantizar el control de riesgos que son significativos para la seguridad alimentaria en el segmento de la cadena alimentaria bajo consideración.

**-Sustratos:** Cualquier material, soporte, alimento o aditivo utilizado en la cría. Los productores de insectos deberán utilizar sólo tipos de sustrato que sean legalmente autorizadas para la cría de animales en general e insectos en particular según la regulación correspondiente. Como ejemplo, los maples de huevo y la turba son un sustrato común en la cría de ortópteros.

**-Trazabilidad:** Habilidad de trazar y seguir un alimento, sustrato, animal productor de alimento o sustancia con intención de ser, o esperable de ser incorporada en un alimento o sustrato, a través de todas las etapas de producción, procesamiento y distribución.