



PERSPECTIVA ÉTICA SOBRE EL USO DE INSECTOS EN PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.

ETHICAL PERSPECTIVE ON THE USE OF INSECTS IN RESEARCH PROJECTS.

Caltzontzin-Rabell Valeria ¹, Romero-Zepeda Hilda ¹, Gutiérrez-Antonio Claudia ^{1*}, García-Trejo Juan Fernando ¹, Feregrino-Pérez Ana Angélica ¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Amazcala, Carreterra Chichimequillas s/n Km 1, 76265. El Marqués, Querétaro, México

* Autor de correspondencia, correo: claudia.gutierrez@uaq.mx

Resumen

La humanidad tiene necesidades y retos que, para ser solventados, requieren la participación de organismos diversos, entre los que se encuentran los animales. En particular, la participación de los animales en los proyectos de investigación está regulada y legislada en la mayoría de los países; sin embargo, el uso de insectos en este sentido aún requiere atención. En el presente trabajo se revisó el uso de insectos como alimento, así como su participación en proyectos de investigación, describiendo el concepto de sintiencia, y discutiendo si los invertebrados lo tienen. Asimismo, se presentó un estudio de caso concreto, en el cual se utilizan larvas de mosca soldado y se revisaron los principios éticos y su relevancia en este tema. Se concluye que se requieren más estudios para confirmar si los insectos sienten o razonan. Además, se debe buscar también regular su muerte para que ésta sea digna, otorgarles el respeto y los cuidados que su manejo requiere.

Palabras clave: aspectos éticos, bienestar, entomofagia, experimentación, invertebrados, sintiencia.

Abstract

Humanity has needs and challenges that, in order to be solved, require the participation of diverse organisms, including animals. In particular, the participation of animals in research projects is regulated and legislated in most countries; however, the use of insects in this sense still requires attention. In this work, the use of insects as food was reviewed, as well as their participation in research projects, describing the concept of sentience, and discussing whether invertebrates have it. Likewise, a concrete case study was presented, in which black soldier fly larvae are used and ethical principles and their relevance in this topic were reviewed. It is concluded that more studies are needed to confirm whether insects feel or reason. In addition, it is also necessary to regulate their death so that it is dignified, and to give them the respect and care that their management requires.

Keywords: Ethical aspects, welfare, entomophagy, experimentation, invertebrates, sentience.

1. Introducción

“Todos los animales son iguales, pero algunos animales son más iguales que otros”, frase del libro “Rebelión en la granja” por George Orwell (1945).

La humanidad enfrenta diversos retos, que se derivan de crisis energéticas, medioambientales, alimentarias y sanitarias; las posibles respuestas a estos retos dependen de la ciencia y la tecnología (FAO y col., 2021). La búsqueda de estas soluciones requiere, a veces, el uso de seres vivos que no cuentan con voz y decisión propia, por lo que la ética debe ver por ellos. Entre estos organismos se encuentran los animales y plantas, los cuales muchas veces son utilizados no sólo como alimentos o compañía para el ser humano, sino también como sujetos de experimentación (Baumans, 2004).

El uso de animales por humanos tiene sus inicios cuando éstos se convirtieron en cazadores; los humanos utilizaban a los lobos como armas, y ambos se unían para abatir presas grandes como mamuts (Shipman, 2014). A partir de esto, se dio la domesticación de los animales, la cual fue exitosa y continuó con la de otros animales como vacas, cabras, ovejas, cerdos, caballos y aves (Zeder, 2008). Posteriormente, su uso se generalizó no sólo como alimento sino como fuente para confeccionar vestimentas (uso de pieles y pelajes), medio de transporte, herramienta de trabajo, medio de diversión y recreación, y, recientemente, como sujetos de experimentación (Baumans, 2004). Esta domesticación se basa en un antiguo contrato donde existiría un “beneficio” para ambas partes entre el humano y los ancestros de dichas especies.

Así, el presente trabajo tiene como propósito discutir el uso de animales, enfocándose en los insectos, su uso

como alimento y como sujetos de experimentación en proyectos de investigación. Para ello se presentará un caso de estudio, la propuesta para su manejo, así como una perspectiva desde la ética.

2. Uso de animales como alimentos

Si se piensa en el uso que se les da a los animales, seguramente el primero que se le vendrá a la mente es el alimento. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2020), el 34% de la proteína consumida proviene de animales. Actualmente, y en mayor proporción, la sociedad consume animales acuáticos, mamíferos y aves, los cuales son criados o cazados con este único fin. Aunque existen granjas en las cuales se busca un bienestar animal su manejo es usualmente inadecuado, ya que se tienen muchos individuos en espacios pequeños; lo anterior debido a que se busca minimizar el espacio requerido, así como los insumos para aumentar las ganancias. En este contexto, los insectos son un grupo poco estudiado que promete ser una alternativa sostenible a las proteínas animales convencionales.

La práctica de comer insectos se conoce como entomofagia, y se realiza en alrededor de 113 países con aproximadamente 2,000 especies comestibles conocidas. En la Tabla 1 se mencionan algunos de los insectos mayormente consumidos a nivel mundial. Si se compara con el ganado convencional, los insectos tienen una mayor tasa de conversión de alimento por lo que resultan más eficientes. Además, se sabe que los insectos tienen un alto valor nutricional, ya que están compuestos principalmente de proteínas y grasa (Rumpold y Schlüter 2013).

Tabla 1. Insectos más consumidos a nivel mundial (van Huis y col., 2013).

Insecto	Orden	Principales familias	% total de consumo	Lugar de consumo principal
Escarabajos	Coleoptera	Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae y Tenebrionidae	31	África, Asia, Latinoamérica y Países Bajos
Orugas o gusanos	Lepidoptera	Noctuidae y Saturniidae	18	África y México

Abejas, avispones y hormigas	Hymenoptera	Vespidae y Formicidae, Bombycidae, Meliponidae y Apidae	14	Latinoamérica
Saltamontes y grillos	Orthoptera	Pyrgomorphidae y Gryllidae	13	México, África, Japón, Corea y Tailandia
Chinches y cigarras	Hemiptera	Dactylopiidae, Pentatomidae, Corixidae y Notonectidae	10	México, África y Asia
Termitas	Isoptera	Termitidae	3	África
Libélulas	Odonata	-	3	África, Asia y Latinoamérica
Moscas	Diptera	-	2	África, Asia y Latinoamérica
Otros	Dictyoptera y Megaloptera	-	6	África, Asia y Latinoamérica

Ahora bien, el uso de los insectos requiere cierta atención en algunos aspectos, los cuales se han abordado por diversos autores. Por ejemplo, respecto a la seguridad, se ha mencionado que algunos insectos no son seguros para ser usados como alimento humano; lo anterior debido a que pueden provocar reacciones alérgicas, infecciones por bacterias y virus, o bien contener moléculas tóxicas naturales o de pesticidas (Gjerris y col. 2016). Por ello, se ha buscado su inclusión en alimentos para animales; existen varios artículos en los que se aborda el uso de insectos como alimento para salmón y carpa, obteniendo buenos resultados, lo que abre una ventana para su uso en otras especies (Hu y col. 2020; Lock y col. 2016; Li y col. 2017). Además, su uso como alternativa a la proteína animal puede ayudar a disminuir problemas ambientales, tales como la generación de gases de efecto invernadero, ya que la cría de los insectos es una tecnología de conversión que puede disminuir los volúmenes de residuos orgánicos, además de generar biomasas que pueden emplearse para generar nuevos productos (Giroto y Cossu, 2019). El uso de insectos como alimento ofrece entonces una ventana de oportunidad para mejorar la nutrición humana y animal al mismo tiempo que disminuye residuos, la emisión de gases de efecto invernadero y, con ello, la contaminación

que éstos generan. En la siguiente sección se aborda otro de los usos de animales e insectos como modelos de experimentación.

3. Uso de animales como sujetos de experimentación

Como se mencionó previamente, los animales han sido empleados con diferentes fines; uno de ellos es justamente su empleo como sujeto de experimentación en proyectos de investigación, lo cual siempre ha generado un debate. Por ejemplo, las vacunas que se desarrollan, los medicamentos que se consumen, y hasta el maquillaje se deben probar en animales para asegurar el menor riesgo posible en humanos. Aproximadamente 834,453 animales fueron utilizados en los Estados Unidos en 2014 con este propósito (USDA, 2014). El uso de animales para los fines antes mencionados parece necesario, ya que ayuda a reducir los riesgos de efectos negativos en humanos; no obstante, se debe asegurar el buen manejo de los organismos. De acuerdo con la USDA, de los grupos utilizados el 70% son ratones, ratas, pájaros, peces, conejillos de indias, hámsteres y conejos. Cuando se sustituye al ser humano en un experimento

por otro ser vivo se le conoce a éste último como modelo animal, y su uso debe hacerse bajo diferentes principios los cuales incluyen a las 3 R's (Reemplazar, Reducir y Refinar) [APA, 2020; AMVA, 2020]:

- (1) Usar organismos poco complejos como bacterias, moscas, modelos de computación o plantas antes que mamíferos (Reemplazar)
- (2) Reducir el número de animales tanto como sea posible, buscando no repetir información ya obtenida de otros experimentos y haciendo una minuciosa planeación del mismo (Reducir)
- (3) Proveer a los animales de agua, alimento y buen manejo
- (4) Cuidar la salud y la higiene de los animales
- (5) Tratar de forma respetuosa a los animales, y, cuando sea necesario, brindarles una muerte responsable
- (6) Otorgar el mejor tratamiento posible a los animales utilizados, reduciendo el dolor y sufrimiento tanto como sea posible (Refinar)

Cabe mencionar que los insectos no figuran la lista de animales más utilizados; sin embargo, su uso cobra cada vez más relevancia, por lo que la reglamentación respecto a su uso es necesaria. Los insectos son

de importancia científica ya que usualmente son utilizados como modelos de comportamiento animal, genética, biología molecular e investigación sobre plaguicidas en desarrollo (Adamo, 2016). Esto se debe principalmente a que los insectos son fáciles de manipular, tienen recursos genéticos que permiten evaluar vías metabólicas e inmunitarias (Pernice y col., 2014), son ideales porque muchas especies tienen plasticidad fenotípica, es decir, se presentan en dos o más fenotipos morfológicamente distintos y definidos por el mismo genotipo (Mukherjee y col., 2015). También son más resistentes a cirugías y sus tejidos son más resistentes que los de los vertebrados y son fáciles de cultivar (Law y Wells, 1989); además, Simons y Tibbetts (2019) mencionan que pueden ser utilizados para estudiar la evolución de la cognición en animales (Simons y Tibbetts, 2019). Finalmente, al tener una importante relación con el ambiente, los efectos que algunos factores, como la contaminación, tienen en los insectos, los convierten en bioindicadores si su desarrollo se ve afectado (Azam y col., 2015).

En la Tabla 2, se mencionan los únicos datos reportados sobre algunos de los insectos que más se utilizan en la experimentación.

Tabla 2. Insectos que más se utilizan en la experimentación (Kerkut, 1985).

Insecto	Nombre científico	Uso principal
Mosca de la fruta	<i>Drosophila melanogaster</i>	Investigación genética, fisiológica, patogénesis de microorganismos y evolución de la vida.
Cucaracha americana o roja	<i>Periplaneta americana</i>	Pruebas de toxicidad, bases neuronales del aprendizaje y memoria.
Langosta o saltamontes	<i>Locusta migratoria</i>	Aislamiento de péptidos y hormonas.
Mosca	<i>Calliphora sp.</i>	Regulación hormonal.
Gusano del tabaco	<i>Manduca sexta</i>	Probar toxinas del tabaco, inmunología, patogénesis de microorganismos y mecánica de vuelo.
Gusano de la seda	<i>Bombyx mori</i>	Modelo genómico y genético.
Mosca común	<i>Musca domestica</i>	Resistencia a insecticidas, uso de larvas como alimento.
Gusano de la harina	<i>Tenebrio molitor</i>	Investigación fisiológica, aislamiento de péptidos y como alimento.
Mosquito	<i>Aedes aegypti</i>	Modelo genómico y genético.

Como se mencionó, el uso de insectos y animales resulta de interés gracias a las características que, específicamente, los insectos presentan. Es por ello que su uso y manejo requiere una regulación ética y legal.

4. Regulación ética y legal respecto al manejo de animales

Diversos países tienen reglamentaciones respecto al uso de animales en la experimentación. En Reino Unido cuentan con varios instructivos; en Canadá, el “Canadian Council on Animal Care” tiene una guía con lineamientos sobre su uso, desde la responsabilidad de la persona que los manejará hasta la muerte y el manejo de dolor (CCAC, 2020). En Estados Unidos existen también diversos documentos que abordan este tema, entre ellos “Los principios del Bienestar Animal” editado por la Asociación Americana de Médicos Veterinarios (AMVA, 2020). En España se reconoce la capacidad de sentir de los animales; sin embargo, se les sigue catalogando como “bienes inmuebles” cuando éstos son mencionados en las leyes relacionadas (Ley de modificación del Código Civil, Ley Hipotecaria y Ley de Enjuiciamiento Civil sobre el régimen jurídico de los animales).

En México, en el año de 2009, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación publicó en el Diario Oficial del Gobierno Mexicano la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la Producción, Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio”; en esta norma se incluye el manejo de los organismos en experimentos. Sin embargo, y al igual que los otros documentos, no se mencionan los insectos salvo en que debe impedirse su entrada al bioterio para evitar la contaminación de los modelos animales.

En un trabajo de Pali-Schöll y col. (2019) se menciona que para la cría de insectos se requiere higiene, condiciones climáticas fáciles de controlar, alimentos baratos y de fácil disposición, así como que las especies elegidas sean de rápido crecimiento. Los insectos deben ser sociables entre ellos para evitar el canibalismo, provenir de climas tropicales, que puedan coexistir con humanos, que se usen como alimento para animales, o bien que se alimenten de desperdicios. Además, en dicho trabajo se menciona que, para prevenir el dolor, en caso

de que existiera, se debería anestésiar a los insectos previo a su manejo (Pali-Schöll y col. 2019).

Actualmente, aunque la mayoría de las normas no mencionan a los insectos, existen prácticas éticas utilizadas para el manejo y uso de insectos en la investigación que incorporan las previamente mencionadas tres R's (Reemplazar, Reducir y Refinar) (APA, 2020; AMVA, 2020); en 2019, Fisher y Larson propusieron su adaptación para los insectos. Por ejemplo, los entomólogos deben estudiar a los insectos evitando su muerte y, en caso de no poder evitarlo, se debe reducir el número de ellos y hacerlo por congelación. Además, deben perfeccionar sus métodos de captura de manera que se tome en cuenta su bienestar (Fisher y Larson, 2019). El bienestar de los organismos está relacionado con su sintiencia.

5. Sintiencia

La sintiencia se refiere a la capacidad de un organismo de sentir algo, ya sea positivo o negativo (Broom, 2019). Un anexo al Tratado Constitutivo de la Unión Europea llamado “Protocolo sobre la protección y bienestar de los animales” fue de los primeros, en el año de 1977, en reconocer la sintiencia en los animales. En dicho protocolo se reconoce la sensibilidad de los animales, y que su bienestar deberá considerarse al momento de realizar cualquier manejo de ellos como alimento, sujetos de experimentación, entre otros (European Union, 1977). Posteriormente, la declaración de Cambridge de 2012 menciona que los humanos no son los únicos en poseer neuronas que dan lugar a la consciencia (Low y col. 2012). Se sabe que, entre los animales, el elefante, el humano y el gorila son los que más neuronas contienen (86, 33 y 25 mil millones de neuronas respectivamente), y a esto se le atribuyen capacidades de razonamiento y consciencia (Herculano-Houzel, 2009). Entre los insectos, se encuentra que la mosca de la fruta y la hormiga cuentan con 250,000 neuronas, la abeja con 960,000 y la cucaracha llega apenas al millón. Por ello, diversos reportes no consideran que los insectos cuentan con un sistema nervioso que tenga sintiencia; sin embargo, existen reportes de arañas que recuerdan los lugares de su red donde hay más insectos, así como cucarachas entrenadas y condicionadas en laboratorios (Oliveira y Goldim, 2014). Además, si se compara la relación entre peso y neuronas,

como se muestra en la Tabla 3, se observa que la hormiga, por ejemplo, tiene hasta cien veces más neuronas por kilogramo que los humanos. Sin embargo, la organización de su sistema nervioso central es una de las principales objeciones a que los insectos experimentan dolor y no algo llamado “nocicepción”, el cual es un proceso fisiológico relacionado únicamente con la actividad nerviosa sin necesariamente existir dolor.

El sistema de los insectos consiste en varios cerebros distribuidos y, aunque aún se investigan sus funciones, se ha observado que tienen áreas funcionalmente similares a las áreas de recompensa en los vertebrados. Se ha demostrado que los insectos pueden modificar su entrada nociceptiva, lo cual suele ser una prueba de que un animal experimenta dolor (Johnson y Carder, 2012; Giurfa, 2013). No obstante, se requieren más estudios que confirmen cómo las neuronas encontradas en los invertebrados puedan hacer que

éstos perciban dolor, o bien si tienen consciencia y uso de razón. Si no se comprende cómo está estructurado el sistema o el tamaño mínimo que éste requiere para apoyar el sentimiento de dolor, y no sólo la nocicepción, no se cuenta con ningún método para determinar si los insectos pueden sentir dolor (Adamo, 2016).

Existen algunas prácticas éticas relacionadas al muestreo de insectos, las cuales mencionan que se debe contar los permisos necesarios, no se deben tomar muestras que obstaculicen otras investigaciones y no alterar el ecosistema al momento de muestrear. Se debe limitar también el número de organismos, minimizar o evitar el muestreo de especies raras y estudiar siempre que sea posible organismos vivos (Fisher y Larson, 2019). A partir de lo anterior, si se confirma la sintiencia en los insectos, ésta pudiera ser utilizada como argumento ético regulatorio, el cual deberá basarse en futuros experimentos de comportamiento y su relación con el sistema nervioso.

Tabla 3. Relación entre peso y neuronas de algunos organismos.

Organismo	Peso [kg]	Número de neuronas	Neuronas/kg	Referencia
Elefante	5,000	86,000,000,000	17,200,000	Robertson-Bullock, 1961
Humano promedio	67	33,000,000,000	492,537,313	Walpole y col. 2012
Hormiga	0.000005	250,000	50,000,000,000	Moore, 2014

6. Caso de estudio en Campus Amazcala

El Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro se ubica en el municipio de El Marqués, Querétaro; en este Campus se cuenta con una planta piloto para la producción de larvas de mosca soldado (*Hermetia illucens*). Las larvas son criadas en sustratos estandarizados para su uso en investigación para la extracción de productos de valor agregado como proteínas, o bien para la producción de biocombustibles y productos químicos. En este contexto, y bajo los reglamentos revisados, se utiliza el método de congelación como método de muerte, ya que así es como estos insectos mueren de manera natural (Ficher y Larson, 2019); además, este método no afecta algunas macromoléculas de interés, como las proteínas.

En el desarrollo de proyectos de investigación, es sumamente importante que los estudiantes reciban una capacitación sobre el manejo de estas larvas; esto incluye manipularlas lo menos posible para reducir estrés (Adamo, 2016), mantenerlas en su temperatura (24-30 °C) y humedad (60-90%) óptima (Dortmans y col., 2017), así como matarlas de la manera menos dolorosa posible. Asimismo, se les otorga un espacio adecuado a las condiciones seleccionadas para continuar con su ciclo de vida como moscas y puedan reproducirse y volar.

Actualmente, en el Campus Amazcala se cuenta con los espacios necesarios para el desarrollo y bienestar de las larvas y moscas, además de contar con un congelador para su muerte (Ficher y Larson, 2019). En dicho Campus se desarrollan diversos estudios para la biotransformación

de residuos, entre los que destaca un proyecto de investigación para la conversión de residuos lácteos (como suero de leche y natillas) en biocombustibles y productos de valor agregado; esto se realizará utilizando larvas de mosca soldado como proceso biológico de conversión, y los productos de interés se extraerán/generarán a partir de la biomasa de las larvas (Figura 1). En este proyecto, las larvas no sólo disminuirán el volumen de dichos residuos, cuya descomposición contamina el ambiente, sino que también generarán biomasa que podrá ser utilizada para extraer/producir biocombustibles y productos de valor agregado. Por lo anterior, se sugiere realizar un manual sobre el manejo de estos insectos para que las personas que desarrollen proyectos con estos organismos en dicha planta piloto, puedan darles el manejo que merecen, así como una muerte adecuada.



Figura 1. Moscas y larvas de mosca soldado utilizadas para convertir residuos lácteos.

7. Perspectiva ética

Los principios de la ética son beneficencia, autonomía, justicia y no maleficencia (Holm, 2002); con base en ellos se puede comenzar a plantear si el uso actual de los animales e insectos en la investigación es el adecuado o no. Dicho análisis se presenta a continuación.

El principio de beneficencia plantea que exista la mayor cantidad de beneficios posibles; en este sentido, el uso de animales e insectos como alimentos o sujetos de experimentación se justifica dado que beneficia a los seres humanos u otros animales. No obstante, al utilizarlos de esta manera usualmente se termina con la vida de los organismos, por lo que no se cumple con este principio. Ahora bien, desde un punto de vista antropocéntrico el uso de animales e insectos refiere un importante beneficio para la humanidad, por lo que podría realizarse siempre y cuando se les tenga respeto, se les dé una muerte responsable, y se tenga un manejo sustentable.

La autonomía es otro principio que si se analiza desde la perspectiva de los animales e insectos no se cumple; lo anterior se debe a que no se les puede pedir su autorización para su uso y muerte. Bajo este enunciado, la autonomía no debería considerarse en este grupo; no obstante, es importante mencionar que los insectos merecen ser respetados al igual que cualquier otro ser vivo. En este aspecto, se podría comparar la autonomía de los animales e insectos con la de las personas que han perdido capacidades de decisión o niños pequeños; en estos casos, en la práctica se tienen tutores, por lo que en este sentido la humanidad es tutora de los animales, plantas e insectos y su uso.

Respecto al principio de justicia, la regulación del manejo de insectos está muy poco avanzada en comparación del manejo de otros animales; por lo que este principio no se cumple, en definitiva, y es obligación de la sociedad buscar que se lleve a cabo. Por ejemplo, en las normas revisadas en la sección IV (Canadian Council on Animal Care de Canadá, Los principios del Bienestar Animal de Estados Unidos y la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 “Especificaciones técnicas para la Producción, Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio”) se prefiere el uso de insectos sobre el de mamíferos, lo cual genera una jerarquía que puede ser cuestionable.

Finalmente, el principio de no maleficencia considera la obligación de no hacer daño; en el caso de los animales e insectos tampoco se cumple, ya que la mayoría de éstos mueren. Lo que si se podría realizar es un buen manejo y trato adecuado de estos seres, para que su muerte sea lo más digna posible según las normas preestablecidas para el manejo de animales. Por ello, es de suma importancia que las personas que tengan un manejo de organismos sean entrenados, sensibilizados o capacitados previamente; así, se podrá disminuir el estrés al que pudieran someterse los insectos durante la experimentación. Ante la duda de si tienen sintiencia o no se debe seguir el principio de precaución, por lo que es de suma importancia regular o restringir su uso.

Como se observa, algunos de los principios se contraponen entre ellos; no obstante, considerando la falta de estudios científicos al respecto, el principio que en este caso se debiera favorecer sería el de no maleficencia, buscando así causar el menor daño posible

o el menor sufrimiento en caso de muerte (Adamo, 2016). El uso ético de los insectos en la experimentación es de suma relevancia debido a la cantidad de beneficios que nos otorgan. Frente a los modelos vertebrados, sus genomas son más simples, sus rasgos característicos más definidos, su cría y manejo es más sencillo, sus tejidos son más sólidos y resistentes y tienen una estrecha relación con el ambiente lo cual permite su uso como bioindicadores en un ecosistema y otorgan datos sobre el mismo que difícilmente podrían obtenerse sin ellos (Adamo, 2016; (Pernice y col., 2014; Law y Wells, 1989; Simons y Tibbetts, 2019; Azam y col., 2015). Todas estas características los convierten en excelentes modelos de estudio para el desarrollo de nuevos alimentos, fármacos o pesticidas; su uso plantea beneficios no sólo para la humanidad sino también para otros animales.

Una legislación respecto a su uso ético no es viable aún debido a las pocas pruebas que hay respecto a su sistema nervioso central. Se requieren experimentos neuroetológicos y de comportamiento que permitan un mejor acercamiento y con ello definir las implicaciones respecto a su uso en la experimentación (Adamo, 2016). Al no poder reconocer con fundamento científico si los insectos sienten, se debe considerar que el manejo de los sujetos de experimentación en la ciencia debería ser el mismo en todos los países; por lo que una regulación general en torno a este tema es necesaria ya que, si se tiene una metodología deficiente para el manejo de animales entonces se obtendrá una experimentación inadecuada.

Conclusiones y perspectivas.

En este trabajo se revisaron algunos temas respecto al uso de animales como alimento y sujeto de experimentación. Se observaron algunas regulaciones existentes en este sentido. También se realizó una crítica ética, y se revisó un caso de estudio en el Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro. Asimismo, se mencionaron las razones por las cuales los insectos son utilizados como modelos de estudio, así como las ventajas que presentan frente a otros vertebrados.

El uso de insectos como alimentos y sujetos de experimentación se justifica por la cantidad de beneficios

que nos otorgan; sin embargo, aún faltan estudios que determinen si éstos son capaces de percibir o no dolor. De igual manera se requieren también más estudios respecto a una muerte digna en los insectos, dado que este tema no está regulado y actualmente, el método de muerte vela por la manera “natural” en la que la mayoría de los insectos muere, que es por congelación.

Según lo revisado en este trabajo, aún se desconoce si los insectos son capaces de sentir dolor. Es posible que nuevos estudios neurocientíficos puedan orientar sobre el tamaño mínimo o arquitectura neuronal necesaria para determinar la sentiencia. Mientras esto ocurre, al prometer un inmenso apoyo en la resolución de problemas que, como humanidad enfrentamos, los insectos utilizados deben de ser tratados con respecto y cuidado, independientemente de si experimentan dolor o no de manera que no se les genere estrés y tengan bienestar.

Referencias bibliográficas.

- Adamo S. A. (2016). Do insects feel pain? A question at the intersection of animal behaviour, philosophy and robotics. *Animal Behaviour*, 118, (pp. 75-79).
- American Psychological Association. (2020). Ethics in research with animals. Obtenido de: <https://www.apa.org/monitor/jan03/animals>
- American Veterinary Medical Association. (2020). AVMA animal welfare principles. Obtenido de: <https://www.avma.org/resources-tools/avma-policies/avma-animal-welfare-principles>
- Azam I., Afsheen S., Zia A., Javed M., Saeed R., Sarwar M. K., Munir B. (2015). Evaluating Insects as Bioindicators of Heavy Metal Contamination and Accumulation near Industrial Area of Gujrat, Pakistan, *BioMed Research International*, (pp. 11).
- Baumans, V. (2004). Use of animals in experimental research: an ethical dilemma? *Gene Therapy*, 11, (pp. S64-S66).
- Broom, D.M. (2019). Sentience. En *Encyclopedia of Animal Behavior* [Segunda Edición] (pp. 131-133). Academic Press. ISBN 9780128132524. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.90147-X>
- CCAC. Canadian Council on Animal Care. (1993). Guide

- to the care and use of experimental animals. Vol. 1 and 2nd ed. Ottawa, Ontario. Obtenido de: https://ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Experimental_Animals_Vol1.pdf
- Dortmans B.M.A., Diener S., Verstappen B.M. y Zurbrügg C. (2017). Black Soldier Fly Biowaste Processing – A Step-by-Step Guide Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland.
- European Union. (1977). Tratado Constitutivo de la Unión Europea. Obtenido de: https://europa.eu/european-union/law/treaties_es
- FAO. (2020). Obtenido de: <http://www.fao.org/animal-production/es/>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. (2021). Versión resumida de: El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la seguridad alimentaria, una mejor nutrición y dietas asequibles y saludables para todos. Roma, FAO.
- Fischer, B. y Larson, B.M.H. (2019), Collecting insects to conserve them: a call for ethical caution. *Insect Conservation and Diversity*, 12, (pp. 173-182).
- Giroto F y Cossu R. (2019). Role of animals in waste management with a focus on invertebrates' biorefinery: An overview. *Environmental Reviews*, 32, (pp. 0-1).
- Giurfa, M. (2013). Cognition with few neurons: higher-order learning in insects. *Trends in Neurosciences*, 36, 285e294.
- Gjerris M., Gamborg C. y Röcklinsberg H. (2016). Ethical aspects of insect production for food and feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2:2, (pp. 101-110).
- Herculano-Houzel S. (2009). The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3:31.
- Holm S. (2002). Principles of Biomedical Ethics, 5th edn. *Journal of Medical Ethics*; 28:332.
- Hu Y, Huang Y, Tang T, Zhong L, Chu W, Dai Z. (2020). Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). *Aquaculture Reports*, 17.
- Johnson, W. A. y Carder, J. W. (2012). Drosophila nociceptors mediate larval aversion to dry surface environments utilizing both the painless TRP channel and the DEG/ENaC subunit, PPK1. *PLoS One*, 7, e32878.
- Kerkut, G. (1985). Which insects are most used in physiological and biochemical research? *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 81:4 (pp. 705-706).
- Law, J. H. y Wells, M. A. (1989). Insects as biochemical models. *Journal of Biological Chemistry*, 264:28 (pp. 16335-16338).
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., y Yu, H. (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477 (62-70).
- Lock, E. R., Arsiwalla, T. y Waagbø, R. (2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 22.
- Low P., Panksepp J., Reiss D., Edelman D., Van Swinderen B. y Koch C. (2012). The Cambridge Declaration on Consciousness. Frances Crick Memorial Conference on Consciousness in Human and non-Human Animals. Obtenido de: <http://fcmconference.org/img/CambridgeDeclarationOnConsciousness.pdf>
- Moore H. (2014). Are all the ants as heavy as all the humans? BBC News. Obtenido el 10 diciembre del 2020 de: <https://www.bbc.com/news/magazine-29281253>
- Mukherjee K., Tuyman R. M. y Vilcinskis A. (2015). Insects as models to study the epigenetic basis of disease. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 118:1-2 (pp. 69-78).
- Oliveira y Goldim. (2014). Animal protection legislation for scientific purposes and the non-inclusion of invertebrates – a bioethical analysis. *Revista Bioética*, 22:1 (pp. 45-55).
- Orwell G. (1945). Rebelión en la granja. Londres (pp. 187).

- Pali-Schöll I., Binder R., Moens Y., Polesny F. y Monsó S. (2019). Edible insects – defining knowledge gaps in biological and ethical considerations of entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59:17, [pp. 2760–2771].
- Pernice M., Simpson S. J., Ponton F. (2014). Towards an integrated understanding of gut microbiota using insects as model systems. *Journal of Insect Physiology*, 69, [pp. 12–18].
- Proposición de Ley de modificación del Código Civil, la Ley Hipotecaria y la Ley de Enjuiciamiento Civil, sobre el régimen jurídico de los animales. (2021). Presentada por los Grupos Parlamentarios Socialista y Confederal de Unidas Podemos-En Comú Podem-Galicia en Común.
- Rumpold B.A., Schlüter O.K. (2013). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17 [pp. 1–11].
- Shipman P. (2014). How do you kill 86 mammoths? Taphonomic investigations of mammoth megasites. *Quaternary International* [pp.1–9].
- Simons M. y Tibbetts E. (2019). Insects as models for studying the evolution of animal cognition. *Current Opinion in Insect Science*, 34 [pp. 117–122].
- USDA. (2014). Annual Report Animal Usage by Fiscal Year: 2014. Obtenido de: https://www.aphis.usda.gov/animal_welfare/downloads/7023/Animals%20Used%20In%20Research%202014.pdf
- van Huis A., Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G. y Vantomme P. (2013). Edible insects Future prospects for food and feed security. *FAO Forestry, Paper 171*, [pp. 187]. ISSN 0258–6150.
- Walpole S. C., Prieto-Merino D., Edwards P., Cleland J., Stevens G. y Roberts I. (2012). The weight of nations: an estimation of adult human biomass. *BioMed Central Public Health*, 12:439.
- Zeder M. A. (2008). Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact. , 105: 33, [pp. 11597–11604].

