

Control de plagas para *Tetragonisca Angustula*: Diseño, prototipado y evaluación

Pest control for *Tetragonisca Angustula*: Design, prototyping and evaluation

Wilmer Esneyder LEÓN-BRAVO ¹ <https://orcid.org/0000-0002-8407-0043>

¹ Investigador independiente. Acacías (Meta), Colombia. lic.sneyder@hotmail.com

Recepción:

22 / jul / 2023

Modificaciones:

09 / oct / 2023

Aceptado:

18 / nov / 2023

Citar como (APA):

León-Bravo, W.E. (2023). Control de plagas para *Tetragonisca Angustula*: Diseño, prototipado y evaluación. Revista RETO, 11(1), p. 51-57. <https://doi.org/10.23850/reto.v11i1.5779>

Licenciamiento:



Resumen

El creciente número de personas dedicadas en Colombia a la cría de abejas nativas sin aguijón, ha generado la necesidad de desarrollar productos que ayuden a superar los desafíos que surgen durante su cuidado. Uno de estos desafíos son los invasores y plagas que afectan a las colmenas. Por lo tanto, resulta imperativo diseñar, prototipar y evaluar un sistema de control de plagas para la especie *Tetragonisca Angustula*, utilizando tecnologías innovadoras como la impresión 3D, la cual ofrece la ventaja de fabricar piezas personalizadas y adaptadas a las necesidades particulares de la especie. Durante el proceso de diseño, es esencial tener en cuenta aspectos como las dimensiones, el tipo de filamento a utilizar, las plagas e invasores comunes, así como las características propias de la especie. Estos factores permiten realizar el boceto inicial del producto.

Una vez determinadas las partes que conforman el prototipo para el control de plagas, se procede a diseñar el modelo utilizando el software *SketchUp*, su laminado en el programa CURA, y la impresión de las piezas. Luego se realiza su instalación en cajas racionales o inteligentes en los modelos INPA y AF para evaluar su funcionalidad. Al finalizar el periodo de registro y observación de datos, se ha comprobado que el dispositivo diseñado fue efectivo en el control de plagas como la mosca jorobada, hormigas, abejas ladronas, sapos y lagartijas.

Palabras clave: Melipona, Meliponicultura, Crianza, Meliponicultor, Abejas Nativas sin Aguijón, Impresión 3D.

Abstract

The increasing number of beekeepers dedicated to native stingless bees in Colombia has led to the need for developing products that help overcome the challenges encountered in their care. One of these challenges is the presence of invaders and pests that affect the hives. Therefore, it is imperative to design, prototype, and evaluate a pest control system for the *Tetragonisca Angustula* species using innovative technologies such as 3D printing, which offers the advantage of manufacturing customized parts tailored to the specific needs of the species. During the design process, it is essential to consider aspects such as dimensions, filament type, common pests and invaders, as well as the species' characteristics. These factors contribute to the initial product sketch.

Once the parts that make up the pest control prototype are determined, the model is designed using software like SketchUp, followed by slicing in the CURA program and printing the pieces. Subsequently, the installation is carried out in rational or intelligent boxes in the INPA and AF models to evaluate its functionality. At the end of the data recording and observation period, it has been confirmed that the designed device was effective in controlling pests such as the humpback fly, ants, robber bees, toads, and lizards.

Keywords: Melipona, Meliponiculture, Beekeeping, Meliponiculturist, Stingless Native Bees, 3D Printing.

Introducción

Desde la antigüedad la crianza de Abejas Nativas sin Aguijón (en adelante ANSA), ha sido una práctica ancestral en Colombia y otros países tropicales de América Latina. De acuerdo con Gennari (2019), las ANSA son insectos eusociales que forman colonias permanentes y estructuran una sociedad altamente organizada. Se caracterizan por conformar poblaciones que pueden variar significativamente entre distintas especies, esta variabilidad se debe a la presencia de cooperación en las tareas de cuidado de la cría. Aunque a las ANSA, según Shanahan y Guzmán (2017) se les dice abejas sin aguijón, en realidad tienen uno muy pequeño y por esta razón no pueden picar. Su población vive en nidos permanentes y se encuentran en regiones tropicales y subtropicales del mundo (Barquero-Elizondo et al., 2019). Nates-Parra y Rosso-Londoño (2013) refieren que en Colombia se conocen cerca de 120 especies de abejas sin aguijón reconocidas hasta la fecha. Estas especies son conocidas con diversos nombres que pueden variar según la región del país, e incluyen términos como angelita y jicote, entre otros. La cría de ANSA es llamada meliponicultura, término planteado por Nogueira-Neto en 1953 según lo citan Nates-Parra y Rosso-Londoño (2013), para denominar la cría o cultivo de abejas sin aguijón de la tribu Meliponini. Los meliponicultores son personas dedicadas a la crianza de ANSA en el meliponario, denominado por Delgado y Martínez (2021) como el espacio en el cual el meliponicultor ubica sus colmenas para brindar accesibilidad, control y protección a las abejas, con el fin de aprovechar los productos, como la miel y otros recursos. Los meliponicultores idean diferentes estrategias para afrontar las dificultades que se presentan en la crianza de abejas. Los fuertes inviernos (época en la que escasea el alimento), y las plagas como la mosca jorobada o fóridos, hormigas, abejas ladronas, sapos y lagartijas, obligan al meliponicultor a imaginar e idear diferentes métodos y dispositivos para prevenir estos problemas. Lo anterior debido a que en el mercado de Colombia no existen productos para el cuidado de este tipo de abejas.

La falta de productos para el cuidado de las ANSA demanda una solución práctica de acuerdo con las tecnologías actuales. Por consiguiente,

se propone la fabricación aditiva (FDM), en adelante impresión 3D. De acuerdo con Autodesk Inc. (2023a), la impresión en 3D es un proceso tridimensional que implica la creación de un producto mediante la adición de capas para crear el objeto utilizando un software de diseño digital. Este atributo la convierte en una herramienta útil para la creación de artículos de meliponicultura, porque permite producir piezas personalizadas para el cuidado de las ANSA. Las piezas pueden ser diseñadas para adaptarse a las necesidades específicas de las diferentes especies de abejas.

Gracias a la identificación de la situación expuesta, en 2019 se formula el objetivo de la presente investigación, el cual se centra en diseñar, prototipar, probar y evaluar un mecanismo de control de plagas para abeja *Tetragonisca Angustula* en impresión 3D, con el fin de proteger la especie y mejorar la productividad de las abejas. La motivación del estudio radica en que en la actualidad la crianza de ANSA es una práctica no desarrollada que brinda una oportunidad de ingresos a los pequeños productores, ya que su miel es muy apreciada por la atribución de características medicinales y un agradable sabor (Kerr, 1997).

Metodología

Consideraciones para el diseño

Los meliponicultores han aplicado ideas innovadoras para el control de plagas, las cuales han sido exploradas para este estudio. Entre ellas se ha considerado una solución sencilla y económica en abejas meliponas, que consta de un cono conformado por el pico de una botella de gaseosa que se fija a la entrada de la colmena. También se ha contemplado el uso de un laberinto de madera que dificulte el acceso de las plagas; la ventaja de este dispositivo es que proporciona una protección más efectiva contra las plagas, a diferencia del cono elaborado con la botella. Lo anterior debido a que el trayecto solo puede ser superado por algunas plagas más persistentes, pequeñas y ágiles.

Siguiendo los mecanismos expuestos, se determina que la propuesta se componga de un cono y un laberinto, y se procede a establecer dimensiones, filamento y atributos propios del

mecanismo de control de plagas, según las características de la especie *Tetragonisca Angustula*.

Al realizar el boceto para el control de plagas, es importante considerar las medidas y proporciones de cada una de las partes, para adaptarlas a las particularidades de la especie. Se inicia por identificar las medidas adecuadas del vértice del cono donde está la piquera, lugar por donde ingresan y salen las abejas. Este debe ser lo suficientemente grande para permitir que las abejas entren y salgan libremente, pero ajustado para evitar que plagas e invasores ingresen a la colmena. Nates-Parra (2001) describe la piquera como un tubo de cera clara, porosa y blanda, con un diámetro aproximado de ocho milímetros y longitud variable (p. 9). En concordancia, se emplea una medida de ocho milímetros en el orificio del vértice del cono por donde ingresan y salen las abejas. En la base se emplea un diámetro de cincuenta milímetros, atendiendo un criterio estético para crear una apariencia agradable y armoniosa. Al perímetro de la base se agrega una serie de puntas triangulares de cinco milímetros, que ayudan a mejorar la eficacia del control de plagas contra geckos y arañas.

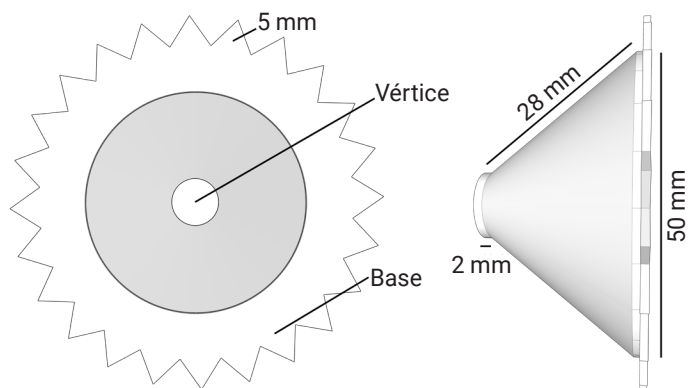


Figura 1. Vista frontal y lateral del cono.
Fuente: Diseño del Autor

En el diseño del laberinto se el tamaño de las abejas para establecer el ancho del camino. El objetivo es permitir que las abejas puedan moverse sin dificultad a lo largo del recorrido, pero al mismo tiempo, dificultar el paso de invasores o plagas. Nates-Parra (2001) afirma que en la especie *Tetragonisca Angustula*, las obreras se caracterizan por su pequeño tamaño, alrededor de 4 milímetros de longitud, con un cuerpo delgado

(p. 12). Su abdomen es de color amarillo, mientras que la cabeza y el tórax son de un brillante color negro. Las patas traseras se destacan por poseer una pequeña corbícula o canasta para transportar el polen. Por el contrario, los machos no presentan la corbícula, tienen manchas conspicuas en la cara, antenas más largas que las hembras, y un tórax más abultado. Las princesas, comparten muchas características con las obreras. No obstante, después del apareamiento y al encontrarse en posición de postura, su abdomen se desarrolla considerablemente, lo que permite diferenciarlas fácilmente de las obreras.

El diseño del laberinto que integra el control de plagas, no tiene en cuenta las dimensiones de la reina, ya que ella no sale del nido y no será parte del proceso de defensa contra especies invasoras. En cambio, el enfoque de diseño debe ser permitir que las abejas obreras puedan bloquear el paso en caso de ingreso de plagas o invasores. Para beneficiar la defensa, se aplica una medida de 10 milímetros, obtenida de la proyección en paralelo de al menos cuatro o cinco abejas. Esto propicia que las obreras obstruyan el paso y trabajen en conjunto para defender la colmena, en caso de que una especie invasora o plaga intente ingresar. La forma del laberinto se estableció en espiral porque permite un diseño estilizado y simple, dejando la longitud total del laberinto determinada por el ancho y desarrollo del recorrido en espiral. Para el alto se define una medida igual al ancho, 10 milímetros. El laberinto se sujeta con una tapa posterior de medidas derivadas del recorrido, y este a su vez se atornilla a la caja donde se encuentran las abejas.

Para la elección del filamento se tienen en cuenta tres factores: tipo, color y que sea una opción amigable con el ambiente. Uno de los materiales es el Ácido Poliláctico (PLA). Por sus características, es un material de impresión 3D ampliamente utilizado y considerado seguro para los seres humanos y para el ambiente, en comparación a otros. Es un polímero que se puede descomponer, no tóxico y que se obtiene de fuentes renovables, como el almidón de maíz o la caña de azúcar. En cuanto a la durabilidad, es un material relativamente resistente y puede cumplir con los requisitos para este tipo de aplicaciones. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el material es susceptible a cambios bajo condiciones de temperatura alta, por consiguiente, no es recomendable exponerlo al sol directo durante mucho tiempo, ya que puede afectar sus características. Debido a sus propiedades, se considera que es una elección adecuada y segura para utilizar en la impresión del control de plagas para *Tetragonisca Angustula*, aunque actualmente no hay estudios específicos sobre el uso del PLA con las abejas.

El color es una elección relevante porque tiene gran influencia en la interacción de las abejas con el control de plagas. De acuerdo con Horridge (2015), el espectro de colores que pueden ver las abejas cubre casi todos los colores que pueden ver los humanos, pero no es idéntico. Las abejas tienen acceso a rangos de color más allá de lo que los humanos pueden ver, aunque no pueden procesar el rojo. Por consiguiente, se eligen los colores azul y blanco para su impresión, con la intención de que las abejas puedan identificar y responder a los objetos impresos.

Diseño y prototipado

El diseño se realiza en un programa de modelado CAD, definido por Autodesk Inc. (2023b) como un software de dibujo y diseño por ordenador. Para el mecanismo de control de plagas se emplea *SketchUp* (anteriormente *Google SketchUp*), descrito por la empresa Trimble (2023) como un software de diseño esquemático y de enfoque intuitivo, que permite crear diseños tridimensionales. En él se realiza el modelo del cono y del laberinto de acuerdo con las características mencionadas en la planeación. Una vez se han diseñado todas las piezas se exporta en formato *Stereolithography*

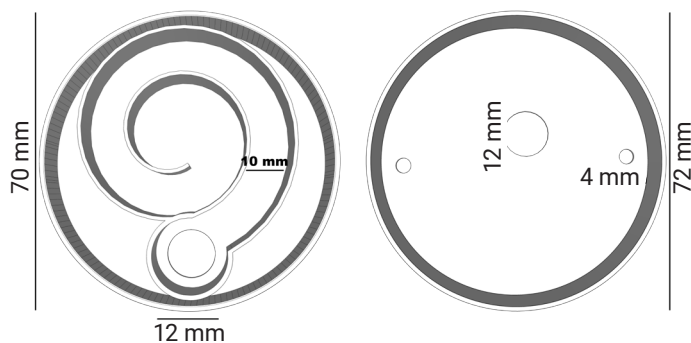


Figura 2. Vista frontal laberinto y tapa. Fuente: Diseño del Autor

(STL), y se procede a realizar el laminado en *UltiMaker Cura*, el cual es detallado por la empresa Ultimaker como un software gratuito utilizado en la impresión 3D que permite el laminado o *slicing*. Su función principal es convertir los modelos 3D en instrucciones específicas para la impresora 3D, abarcando la configuración de capas, la velocidad de impresión y otros parámetros necesarios para obtener un resultado óptimo. Al finalizar la generación del archivo G-code, este se carga en la impresora 3D y se inicia el proceso de impresión.

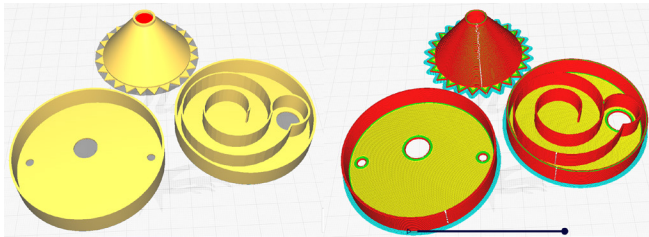


Figura 3. Apertura de los archivos y laminado en UltiMaker Cura. Fuente: Diseño del Autor

El desarrollo del mecanismo de control de plagas para la *Tetragonisca Angustula* evolucionó a lo largo de cuatro iteraciones. Después de cada impresión, se identificaron mejoras para optimizar significativamente el diseño, culminando en la versión actual. Una vez concluida la etapa de diseño, se procede a realizar la instalación de ensayos. Sin embargo, debido a la pandemia de COVID-19 y a la declaración de cuarentena, se suspendió temporalmente la investigación.



Figura 4. Control de plagas terminado, vista frontal y posterior. Fuente: Diseño del Autor

Prueba y evaluación

Superada cuarentena, se procede con la impresión e instalación del mecanismo en el

municipio de Acacias, Meta en febrero de 2021. Los dispositivos se colocan en seis colmenas, en cajas modelo INPA y AF, las cuales replican la estructura natural del nido y permiten una extracción sencilla y eficaz de la miel sin causar daño ni perturbar la colonia (Mellis Apis, 2023). Debido a la velocidad con la que un nido puede ser exterminado por ataque de plagas o condiciones atmosféricas adversas, fue necesario llevar a cabo la instalación atendiendo un nivel de prioridad alto. Con el objetivo de determinar su eficacia para controlar plagas e invasores que puedan llegar, se instalan cuatro mecanismos en cajas de colmena de la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros, y dos en la vivienda del investigador; la observación se hace teniendo como punto de referencia a seis nidos en estado natural ubicados así:

- Nido 1, en el parque del barrio La Tiza
- Nido 2, en un árbol del Malecón turístico de Acacias
- En la Institución Educativa Pablo Emilio Riveros:
 - Nido 3, en la base de un árbol seco rodeado de ramas, hormigas e inundación cuando llueve
 - Nido 4, en un ladrillo
 - Nido 5, en un poste de luz
- Nido 6, en el piso de la caseta comunal del barrio La Tiza.

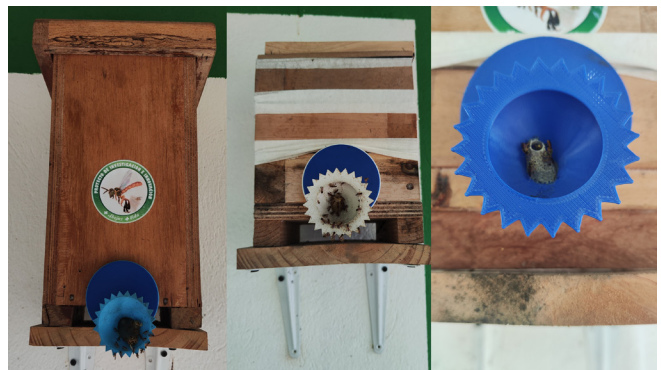


Figura 5. Mecanismo de control de plagas instalado. Fuente: Diseño del Autor

Las novedades se perciben en los nidos en estado natural, en específico en aquellos que se encontraban cerca al suelo. En el mes de marzo,

el nido 5 fue atacado por una especie de hormigas negras. Se presume que el ataque fue debido al tamaño exagerado del agujero, pues aunque la piquera no superaba los seis milímetros, sus alrededores presentaban un diámetro de tres centímetros, lo que permitió a las hormigas destruir las estructuras circundantes e ingresar. En junio se observa el regreso de una población nueva de *Tetragonisca Angustula*. Para evitar futuras invasiones, se instala únicamente la parte del cono por la dificultad de colocar todo el dispositivo de control de plagas en el poste. No se volvió a evidenciar desaparición de la población durante el tiempo de observación.

El nido 6 desapareció, no se percibe que hayan sido atacadas, pues la entrada estaba en buen estado y cerrada. Por lo tanto, se sospecha que fue debido a la muerte de la reina. Durante el proceso de observación no regreso ninguna especie allí.

En octubre, el nido 3 desapareció. Se observa alrededor del árbol un montículo de tierra producido por una colonia de hormigas arrieras que tapó la entrada. Nuevamente en diciembre se aloja una colonia de *Tetragonisca*.

En una caja modelo INPA se evidencia la desaparición, en el mes de mayo, de la población de una colmena con dispositivo instalado. Causado por hormigas, el ataque se da por un agujero presente en una de las gavetas de la caja. Se procede a sellar el agujero y reponer la población mediante una división descrita por Amazon Conservation Team (2020) como el proceso de obtener dos colonias a partir de una colmena grande con una población considerable, utilizando una de las colonias más antiguas. Durante los dos primeros meses, se observa el ataque ocasional de una araña que utiliza la punta de la estrella para ubicarse y atrapar a las abejas. Aunque estos ataques se consideran mínimos en comparación con otras plagas, se ha implementado una solución para mitigar este problema. La medida consiste en colocar un aro de 1 cm alrededor de la estrella con el objetivo de aumentar la distancia entre la araña y las abejas, proporcionando un espacio adicional de seguridad. De esta manera, se espera dificultar el acceso de la araña a las abejas y reducir la cantidad de ataques.

Con el fin de obtener información externa, en julio de 2022 se promociona y comercializa el mecanismo de control de plagas a un bajo costo, entre grupos de meliponicultores hallados a través de Facebook. Esta iniciativa permite recopilar datos y experiencias sobre el uso del control de plagas. En junio de 2023 se envía al grupo de meliponicultores un formulario diseñado con la herramienta Google Docs. En él se emplea una escala Likert que evalúa aspectos como: diseño, instalación, dimensiones, entradas y salidas, material, color, funcionalidad, seguridad para determinar las fortalezas y debilidades del mecanismo, y efectividad en la especie en la que fue implementado. Además, se lleva a cabo una entrevista virtual con individuos de Mocoa (Putumayo), La Maná (Cotopaxi, Ecuador), Armenia (Quindío), y San Vicente de Chucuri y Corozal (Sucre), para recopilar opiniones y perspectivas personales atendiendo los criterios mencionados anteriormente.

Los meliponicultores realizaron dos observaciones relevantes, la primera se refiere al uso del control de plagas en la especie *Tetragonisca Angustula*, y en abejas meliponas, las cuales son de mayor tamaño, con efectividad comprobada hasta la fecha. La segunda observación se relaciona con el proceso de armado, pues se entregan ejemplares con el cono soldado al laberinto y otros ajustados únicamente por presión, sin pegamento. Debido a que los últimos no están fijos, tienden a caerse con facilidad ante movimientos o roces involuntarios.

Resultados y discusión

Durante el período de observación y registro, no se evidenciaron invasiones directas dentro de las colmenas en cajas donde se implementó el control de plagas. Sin embargo, se observó que las arañas se ubicaban detrás del cono y esperaban en las puntas de la base para atrapar a las abejas que se encontraban de guardia en la base. Las arañas encontraron una estrategia para aprovechar las puntas. Por consiguiente, se procede a evaluar cómo este comportamiento de las arañas puede afectar la efectividad general del mecanismo de control de plagas y se procede a instalar un aro de un centímetro para minimizar la falencia detectada.

En los nidos en estado natural, se establece la posible causa de la desaparición de la población. Es necesario resaltar que las condiciones heterogéneas de los nidos observados, los exponen a afectaciones por factores ambientales, sanitarios, recursos alimenticios, enfermedades, depredadores o muerte de la reina. Este tipo de situaciones son difíciles de identificar con precisión en estudios de campo por la multiplicidad de causas y variaciones.

El control de plagas comercializado entre los meliponicultores obtuvo, de acuerdo con la encuesta, un 83,33 % de aceptación. Fue utilizado en otras especies de abejas meliponas. Estas colmenas de acuerdo con los entrevistados no evidenciaron ataques de invasores o plagas durante su uso, lo cual sugiere que el control de plagas utilizado podría ser efectivo en diferentes especies de abejas meliponas, además de la *Tetragonisca Angustula*.

Conclusiones

El mecanismo de control de plagas diseñado, prototipado y evaluado en el municipio de Acacías, Meta entre el año 2019 y 2023, fue eficaz en la gestión de plagas e invasores en las colmenas de *Tetragonisca Angustula*, así como en otras especies de meliponas de acuerdo con algunos meliponicultores que lo implementaron y obtuvieron resultados positivos durante su uso. Se demuestra que la fabricación aditiva (FDM) puede ser una solución práctica para los meliponicultores porque permite la creación de piezas específicas según la especie de abejas. Además, el auge actual de las impresoras 3D facilita contratar servicios de impresión a bajo costo.

Referencias:

- Amazon Conservation Team. (2020). Guía práctica para la implementación de la meliponicultura en la Amazonia Colombiana. The Nature Conservancy. Colombia. https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/AFC_Guia_meliponicultura_paginas_baja.pdf
- Autodesk Inc. (abril 2023a). Impresión 3D. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/3d-printing>
- Autodesk Inc. (abril 2023b). Diseño asistido por computadora software de diseño CAD. <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/cad-software>
- Barquero-Elizondo, A. I., Aguilar-Monge, I., Méndez-Carlin, A. L., Hernández-Sánchez, G., Sánchez-Toruño, H., Montero-Flores, W., ... & Bullé-Bueno, F. (2019). Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco en la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 70-91. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962019000100070
- Delgado, A. & Martínez, E. (2021). Guía práctica para el manejo racional de abejas nativas sin aguijón. Ed. Fundación PASOS y GIZ. Bolivia. <https://www.bivica.org/file/view/id/5878>
- Gennari, G. (2019). Manejo racional de las abejas nativas sin aguijón (ANSA). Colección Investigación, Desarrollo e Innovación. Santiago del Estero: Ediciones INTA. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/4670>
- Horridge, A. (11 de marzo de 2015). How bees distinguish colors. *Eye and Brain*, 17-34. doi: 10.2147/EB.S77973. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5398734/>
- Kerr, W. E. (1997). Meliponicultura. A importância da meliponicultura para o país. *Biocologia Ciência e Desenvolvimento*, 1, 42-44. https://www.academia.edu/29622459/ARTIGO_A_IMPORTANCIA_DA_MELIPONICULTURA_PARA_O_PAIS
- Mellis Apis. (abril 2023). Colmena Racional Abejas Nativas INPA. <https://www.mellisapis.com/producto/colmena-razional-para-abejas-nativas/>
- Nates-Parra, G. (2001). Guía para la cría y manejo de la abeja angelita o virginita *Tetragonisca angustula* Illiger. Ed. Convenio Andres Bello. Bogotá, Colombia. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/11637?show=full>
- Nates-Parra, G., & Rosso-Londoño, J. (2013). Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Meliponini) utilizadas en meliponicultura en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(3), 415-426. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-548X2013000300001&script=sci_arttext
- Shanahan, M., & Guzmán, M. A. (2017). Manual de meliponicultura básica. Ed. Rémy Vandame San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur, <http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2612>
- Trimble. (abril 2023). SketchUp. <https://www.sketchup.com/es/industries/architecture>
- UltiMaker. (01 de junio de 2019). UltiMaker Cura. <https://ultimaker.com/en/products/ultimaker-cura-software>