

Sistema de monitoreo para el control en la disminución de colmenas de abejas basado en sensores IoT, en la finca “La montaña”, vereda Pisoje

Camila Baos¹

Regnier Calambás²

Ingrid Fernanda Córdoba³

Resumen

En el presente artículo se presenta una propuesta basada en *Design Thinking* para el desarrollo de una aplicación IoT de monitoreo de abejas. Lo anterior, a la luz de la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente, donde la apicultura representa una actividad crucial, toda vez que las abejas desempeñan un papel fundamental en la polinización de cultivos y en la preservación de la biodiversidad en todo el mundo, por lo que su salud y bienestar son de vital importancia. Sin embargo, la vida de las abejas se ha visto afectada por efectos del cambio climático, las enfermedades y el uso de pesticidas. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar soluciones innovadoras que permitan a los apicultores monitorear de manera efectiva la salud de las abejas y optimizar la producción de miel. Esta aplicación utilizará sensores para medir la temperatura, humedad y peso de las colmenas, lo que permitirá a los apicultores identificar y abordar los factores que afectan a las abejas y su producción de miel. El objetivo final es desarrollar una solución que no sólo sea efectiva y práctica, sino también centrada en las necesidades y deseos de los apicultores, así como en el bienestar de las abejas.

Palabras clave: Design Thinking, aplicación IoT, monitoreo de abejas, sustentabilidad, cuidado ambiental, apicultura, cambio climático, soluciones innovadoras salud de las abejas, producción de miel.

¹ Estudiante de la Especialización IoT. Corporación Universitaria Comfacaucá-Unicomfacaucá. PhD. Gustavo Eduardo Constaín Moreno. 2024.

² Estudiante de la Especialización IoT. Corporación Universitaria Comfacaucá-Unicomfacaucá. PhD. Gustavo Eduardo Constaín Moreno. 2024.

³ Estudiante de la Especialización IoT. Corporación Universitaria Comfacaucá-Unicomfacaucá. PhD. Gustavo Eduardo Constaín Moreno. 2024.

Abstract

This article presents a proposal based on Design Thinking for the development of an IoT application for bee monitoring. In light of sustainability and environmental care, beekeeping represents a crucial activity, as bees play a fundamental role in crop pollination and biodiversity preservation worldwide. Therefore, their health and well-being are of vital importance. However, the lives of bees have been affected by climate change, diseases, and the use of pesticides. In this context, there is a need for innovative solutions that allow beekeepers to effectively monitor bee health and honey production. This application will use sensors to measure hive temperature, humidity, and weight, enabling beekeepers to identify and address factors impacting bees and their honey production. The ultimate goal is to develop a solution that is not only effective and practical but also focused on the needs and desires of beekeepers, as well as the well-being of the bees.

Keywords: Design Thinking, IoT application, bee monitoring, sustainability, environmental care, beekeeping, climate change, innovative solutions bee health, honey production.

Introducción

Según la FAO (2023) en el año 2021, la cifra mundial de colmenas de abejas era de ciento un millones, aproximadamente. Tal cifra corresponde de modo exclusivo a las colmenas de abejas que han sido objeto de conteo y cuyos resultados han sido compartidos con las Naciones Unidas (s.f.). Lo cual indica que, en el mundo, existe mayor cantidad de colmenas de abejas que todavía no han sido cuantificadas.

En América del sur se reportan un total de 5.208.678 colmenas de abejas (FAO, 2023). Sin embargo, para el año 2019 se encontró que Chile, Colombia y Venezuela, fueron los tres países con mayor pérdida de colmenas presentando porcentajes de 45%, 45%, y 53%, respectivamente (Forbes, 2019). Mientras que, a nivel nacional, en el año 2021, Colombia albergaba una población de abejas del 2.1% del total de abejas en América del Sur, según datos proporcionados por FAO (2023). Este dato resalta la significativa presencia de abejas en Colombia y su papel fundamental en la región.

Las abejas son importantes para la preservación de la vida humana, por ende, la salud de estas es de vital importancia, puesto que desempeñan un papel fundamental en la polinización del 90% de las plantas (Semana, 2020). Por ende, las abejas aportan significativamente al desarrollo sostenible, pues se encargan de transportar el polen de flor en flor, convirtiéndose en el principal agente de la polinización de los alimentos, lo cual es fundamental en la cadena alimentaria (Naciones Unidas, s.f.).

De acuerdo con un informe de la revista Semana (2020), se observó una alarmante disminución del 40% en la población de abejas en Colombia durante el período comprendido entre 2012 y 2020. Lo cual indica que la pérdida de abejas puede acarrear consecuencias negativas para la producción de alimentos y la biodiversidad en Colombia.

La disminución de abejas y otros polinizadores es un fenómeno preocupante que se está observando en diversas regiones del mundo (Parlamento Europeo, 2019). Este declive se atribuye en gran medida a prácticas agrícolas intensivas, el cultivo monótono de una sola especie, el uso excesivo de productos químicos en la agricultura y el aumento de las temperaturas relacionado con el cambio climático (FAO, 2023). Estos factores no solo impactan negativamente en los rendimientos de los cultivos, sino que también afectan la calidad nutricional de los mismos (Parlamento Europeo, 2019).

Una de las principales causas de la muerte de abejas en Colombia, es el uso de químicos e insecticidas, entre ellos tenemos los neonicotinoides los cuales son un tipo de pesticida sistémico que se caracteriza por su persistencia en el medio ambiente (Rosso Londoño, 2023). Estos productos químicos se emplean en diversas etapas de la agricultura, desde el tratamiento de semillas hasta la aplicación en el suelo y los cultivos. Sin embargo, su efecto en la vida de los insectos es motivo de preocupación. Los neonicotinoides actúan como neurotóxicos y afectan a los receptores de las sinapsis neuronales de los insectos. Esto conduce a un comportamiento anormal en los insectos, que pueden manifestar inmovilidad y, en última instancia, la muerte (González et al., 2020).

La Importancia de la Protección y Conservación de las Abejas Melíferas

En la preservación del equilibrio de los ecosistemas, es esencial contar con la contribución de todos y cada uno de los insectos en el mundo (ONU, 2022). Sin embargo, se encuentra en peligro de extinción más de un tercio de las especies de insectos que habitan en nuestro planeta. La continuidad del equilibrio de la vida, tal como la conocemos, depende de estos insectos polinizadores. A pesar de ello, se encuentra en peligro casi la mitad de las poblaciones de abejas (ONU, 2022).

Las abejas melíferas enfrentan desafíos significativos en su reproducción, con menos del 1% de éxito y una alta tasa de mortalidad de los machos. Además, se ha descubierto que ciertos pesticidas agrícolas actúan como anticonceptivos para las abejas, según un estudio de 2016 (Crespo, 2019). La desaparición de las abejas tendría un impacto profundo y negativo en la seguridad alimentaria, la economía global, la biodiversidad y la salud de los ecosistemas, lo que afectaría a las generaciones futuras si no se toman medidas efectivas para abordar esta problemática.

La Apicultura en Colombia

A partir del precepto que: “Las abejas forman parte de la biodiversidad de la que todos dependemos para sobrevivir, proporcionan alimentos de alta calidad, miel, jalea real, polen y otros productos como la cera de abeja, el propóleo y el veneno de abeja” (ONU, 2022), es posible entender por qué la apicultura desempeña un papel fundamental como fuente de ingresos en numerosas comunidades rurales.

Por lo anterior, es preciso destacar que la labor de recolección y dispersión de polen por parte de animales e insectos es esencial para el proceso de reproducción de plantas, incluyendo una gran variedad de cultivos alimentarios. Entre los agentes polinizadores, se encuentran aves, roedores, monos e incluso seres humanos, pero los insectos, especialmente las abejas, son los polinizadores más comunes (ONU, 2022).

La polinización desempeña un papel fundamental en los ecosistemas, siendo esencial para la producción y reproducción de numerosos cultivos y especies vegetales silvestres. Se estima que alrededor del 90% de las plantas con flores requieren la polinización para llevar a cabo su reproducción. Además, aproximadamente el 75 % de los cultivos alimentarios a nivel mundial dependen en cierta medida de este proceso vital (Naciones Unidas, s.f.).

En Colombia, decisiones judiciales y actos administrativos recientes han comenzado a abordar este problema que había sido ignorado por el Estado. En diciembre de 2022, la Corte Constitucional tomó la medida de suspender el uso de la molécula Clorpirifos debido a su comprobado impacto negativo en la salud humana. En ese mismo año, en enero de 2022, se aprobó la Ley 2193 para impulsar la apicultura, aunque su reglamentación está pendiente (Rosso, 2023).

Por otra parte, los apicultores que son quienes han cargado con las consecuencias directas del uso recurrente de estas sustancias ven con esperanza y quizá todavía con algo de desconfianza estas medidas. Ya son suficientes los retos que deben enfrentar además de la muerte de sus abejas, como la competencia desleal por falsificación de miel o el largo y

penoso camino para recibir apoyo del Estado (Rosso, 2023).

Estos productores tienen un papel muy importante que la sociedad y el Estado deberían tener la capacidad de reconocer: el de ser los guardianes y cuidadores de un conector clave para la sociedad y la naturaleza (Rosso, 2023). Puesto que son ellos los guardias que advierten sobre la necesidad de tomar acciones para preservar la salud y la vida.

Sobre las Abejas y su Cuidado Desde el Prisma de la Tecnología

Las instituciones y organizaciones en Colombia que trabajan en la protección y el cuidado de las abejas se enfocan en la creación de hábitats para abejas, la reducción del uso de pesticidas dañinos, la educación sobre la importancia de las abejas y la promoción de la apicultura. Es posible que en el futuro se desarrollen tecnologías IoT para el cuidado de las abejas en Colombia, pero actualmente no se encuentran resultados específicos sobre este tema.

El proyecto internacional, coordinado en España por el grupo de investigación de Sistemas de Comunicaciones Móviles (SiCoMo) de la UPCT y supervisado por el catedrático Leandro Juan Llácer, ha añadido dos nuevas colmenas a las ya distribuidas por Europa (Universidad Politécnica de Cartagena, 2020). Una se encuentra en un entorno rural, en la Finca Tomás Ferro de la UPCT en Cartagena. Otra está en un entorno urbano, en Valencia, gracias al Observatorio Municipal del Árbol de la ciudad (Universidad Politécnica de Cartagena, 2020).

La idea detrás de estudiar las colmenas en dos entornos tan diferenciados era evaluar de qué manera los diversos factores ambientales y climáticos afectan a las abejas, así lo explica uno de los investigadores del proyecto:

A grandes rasgos, no hemos visto que el comportamiento cambie entre la ciudad y el campo. El comportamiento está influido más por la flora y por la fauna del lugar. Es decir, por el medio en el que está la colmena, pero no tanto por si el entorno es urbano o rural. (Samaniego, 2021, p.2)

El proyecto de colmenas inteligentes consiste, a grandes rasgos, en la monitorización de colmenas a través de sensores de internet de las cosas (NB-IoT) que captan parámetros como la temperatura externa e interna, la humedad y el peso de los panales, puesto que “... estos son enviados de forma remota a la nube a través de un sistema de radiocomunicaciones”, añade Leandro Juan Llácer (Samaniego, 2021, p.2).

En consecuencia, “Los datos actualizados son accesibles para los apicultores desde una plataforma. Les permiten hacer un seguimiento de la evolución de la colmena” (Samaniego, 2021, p. 3), por tanto, para mantener el consumo energético y el tráfico de datos, es la plataforma IoT en la nube la que analiza los patrones de información y decide en qué momento es preciso transmitir todos los datos a los apicultores (Samaniego, 2021).

Esta recogida masiva de datos permite lo siguiente: 1. Mejorar la eficiencia de las tareas apícolas, anticipando los trabajos que haya que hacer en cada colmena. 2. Que los datos recogidos de las colmenas, junto con otros datos del entorno, serán procesados utilizando tecnologías de big data para conocer la carga eléctrica almacenada en el vuelo por las abejas y cómo esta influye en su tiempo de vida, asimismo, identificar las abejas a través de un

sistema RFID (Samaniego, 2021).

El proyecto pionero tiene un desarrollo previsto de dos años y con este se pretende avanzar hacia la automatización del análisis de datos y poder predecir eventos tales como cuándo se va a producir una entrada de néctar en la colmena o cuándo las reservas de miel van a bajar de un límite prudente (Samaniego, 2021). Además, con el tiempo, se espera que la tecnología sea más accesible, en términos económicos, y contribuya a que los apicultores profesionales implementen este sistema para la gestión de las colmenas.

Las Colmenas Inteligentes Como Alternativa en la Conservación de las Abejas

Las colmenas digitales e inteligentes vigilan la salud del enjambre, y el resultado es una gestión más eficiente de la producción melífera para los agricultores, lo cual refiere una ayuda para los ecosistemas, las prácticas agrícolas que dependen de la polinización y una esperanza para el futuro de las abejas (Samaniego, 2021).

La metodología de las colmenas digitales consiste en recoger datos de manera remota con el uso de una red de colmenas que poseen varios sensores medidores de: la humedad, la temperatura interior y exterior y el peso, puesto que "...estos datos permiten a los apicultores tomar correctas decisiones para preservar las abejas" (Samaniego, 2021, p. 3).

Dichas colmenas funcionan con un sistema de gestión ecológico, artesanal y experimental, por tanto"... los ensayos de monitorización no modifican nuestro modelo de

gestión, sino que nos ayudan a la toma de decisiones" (Regadas, 2021, p.2), subraya Santiago Uribarrena, coordinador de OMAV. Adicional a lo antes mencionado Contijoch, alude a que la tecnología es solo un medio, y deben ser "... los apicultores los que marquen cuál es el camino a seguir" (Regadas, 2021, p.2).

De lo anterior, se han observado patrones como "... que la colmena contiene un peso específico cuando las abejas se reúnen al final de la tarde, y que ese peso desciende por la noche, indicador de la miel que se consume para mantener la temperatura de la colmena" (Regadas, 2021, p. 3). Lo cual hace posible determinar, en los periodos sin floración, cuál es la cantidad de miel que debe mantenerse en la colmena (Regadas, 2021).

La función de este hardware es monitorear lo que ocurre al interior de la colmena y contribuye a la regulación de la temperatura o la humedad. En un caso requerido, la máquina puede intervenir, aportando agua o azúcar si se detectan deficiencias. Lo antes descrito, se basa en el uso de inteligencia artificial (IA), dado que el sistema aprende a distinguir patrones que preceden al descenso en la población de la colonia (Regadas, 2021).

Otro aspecto importante es que la tecnología detecta también parásitos y plagas, ante lo cual aplica tratamientos térmicos, sin necesidad de productos químicos, y, en caso de la detección de productos tóxicos en la atmósfera, tales como pesticidas, las entradas de la colmena se cierran automáticamente a modo de protección (Regadas, 2021).

Finalmente, cada *Beehome* tiene capacidad para alojar hasta veinticuatro colmenas y se alimenta por medio de energía solar, por ende, puede instalarse en cualquier lugar. Además, el apicultor cuenta con un software que le permite controlar lo que está pasando con sus abejas en todo momento desde el teléfono móvil, prescindiendo de inspecciones oculares, desplazamientos y exámenes manuales.

¿Qué es Design Thinking?

Se trata de un método que,

...usa la sensibilidad y métodos de los diseñadores para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible y con lo que una estrategia viable de negocios puede convertir en valor para el cliente, así como en una gran oportunidad para el mercado”. (Design Thinking en Español, s.f.)

Las características del método Design Thinking son: 1. Generación de empatía: entender problemas, necesidades y deseos de los usuarios. 2. Trabajo en equipo: el aporte de la singularidad de cada persona. 3. Generación de prototipos: toda idea debe ser validada, es necesario identificar posibles fallos y crear posibles soluciones. 4. Promoción de una atmósfera lúdica: disfrutar el proceso para que las ideas fluyan más fácilmente. 5. Desarrollo de técnicas con un gran contenido visual: sinergia entre lo creativo y lo analítico para alcanzar soluciones tanto innovadoras como factibles (Design Thinking en Español, s.f.).

Sistema de Monitoreo para el Control en la Disminución de Colmenas de Abejas Basado en Sensores IoT, en la Finca “La Montañita”, Vereda Pisojé

En Colombia, en la actualidad, no existe un sistema inteligente capaz de llevar a cabo las funciones mencionadas en los anteriores apartados. No obstante, este tipo de sistemas

ya se están adoptando en Europa (Parlamento Europeo, 2019). Es fundamental investigar mediante el desarrollo de un sistema inteligente local, con el objetivo de contribuir a la preservación de las abejas como principales polinizadores, dado su rol esencial en los ecosistemas en todo el mundo, asimismo, se busca simplificar las tareas de los apicultores, reduciendo costos, tiempos y la necesidad de mano de obra.

En ese orden de ideas, para construir un sistema de monitoreo para el control en la disminución de colmenas de abejas basado en sensores IoT, en la finca “La montaña”, vereda Pisojé, es necesario llevar a cabo actividades específicas distribuidas en cuatro (4) fases. A saber:

Fase 1. Planificación y Diseño

Desarrollar una red de sensores de temperatura, humedad, calidad del aire y ruido para recopilar datos relevantes sobre el entorno de las colmenas. De lo cual se desprenden las siguientes actividades:

- Realizar un estudio de la ubicación de las colmenas para determinar dónde se instalarán los sensores, considerando la distribución y cantidad de las colmenas, la exposición a la luz solar, la protección contra la intemperie y otros factores ambientales.
- Investigar y seleccionar los sensores adecuados para medir la temperatura, humedad, calidad del aire y ruido. Asegurando que los sensores sean precisos y adecuados para su uso en entornos de colmenas.
- Diseñar un esquema detallado del sistema, que incluya la disposición de los sensores, rutas de cableado y realizar la elección de tecnologías inalámbricas para la comunicación, y la fuente de alimentación de los sensores.

Fase 2. Implementación

Implementar una plataforma de monitoreo en tiempo real que recopile y analice los datos de los sensores con tecnologías de comunicación inalámbrica.

- Diseñar y configurar la infraestructura necesaria para la plataforma de monitoreo en tiempo real. Esto incluiría la selección de sensores adecuados, la implementación de una red de comunicación inalámbrica (como WiFi, LoRa, o Zigbee), la configuración de servidores y bases de datos para almacenar la información recopilada.
- Desarrollar la aplicación de monitoreo que permita la visualización y análisis de los datos recopilados por los sensores. Esta aplicación tendrá una interfaz web y una aplicación móvil que proporcione gráficos, alertas y notificaciones en tiempo real.
- Realizar pruebas de la plataforma en un entorno controlado para analizar su funcionamiento en condiciones reales, para ayudar a identificar posibles problemas y ajustar la plataforma antes de una implementación completa.

Fase 3. Evaluación

Evaluar los datos recopilados conducentes a la toma de decisiones relacionadas con la disminución de colmenas y su impacto en la producción apícola. Las actividades para completar la fase 3, serían las siguientes:

- Obtener datos en tiempo real sobre el estado comportamiento de las colmenas para una evaluación continua.
- Implementar modelos predictivos para anticipar eventos o problemas potenciales en las colmenas.
- Evaluar métricas de desempeño del modelo anterior, cuáles métricas, si está tomando las alertas adecuadas.

Fase 4. Pruebas

La fase de pruebas tiene como objetivo validar y mejorar las soluciones desarrolladas en las fases anteriores, asegurando que cumplan con las necesidades y expectativas de los usuarios. Para el proyecto de monitoreo de abejas mediante una aplicación IoT, por ende, se seguirá un enfoque iterativo y colaborativo, con el propósito de obtener *feedback* relevante y refinado para la solución final.

La fase cuatro, está constituida por los siguientes pasos:

- Definir objetivos de prueba: Establecer claramente los aspectos de la solución que se van a evaluar durante las pruebas, como la precisión de los sensores, la usabilidad de la interfaz de usuario y la efectividad de las alertas.
- Seleccionar participantes: Identificar a los apicultores y expertos en abejas que participarán en las pruebas, asegurando una representación diversa de usuarios para obtener insights variados.
- Preparar escenarios de prueba: Diseñar escenarios realistas que permitan a los participantes interactuar con la solución de manera similar a como lo harían en situaciones reales, como recibir alertas de condiciones climáticas adversas.
- Recopilar datos: Durante las pruebas, recopilar datos cualitativos y cuantitativos para evaluar el desempeño de la solución, incluyendo comentarios de los participantes y métricas de uso.
- Facilitar sesiones de prueba: Guiar a los participantes a través de los escenarios de prueba, permitiéndoles explorar y experimentar con la solución. Animar a los participantes a expresar sus pensamientos y sentimientos durante la prueba.

- Registrar observaciones: Documentar cuidadosamente todas las observaciones y comentarios de los participantes, resaltando los aspectos positivos y áreas de mejora identificadas.
- Analizar resultados: Analizar los datos recopilados durante las pruebas para identificar patrones y tendencias, utilizando estos insights para mejorar la solución.
- Iterar y mejorar: Realizar ajustes en la solución basados en los resultados de las pruebas, repitiendo el proceso de pruebas y refinamiento según sea necesario.
- Validar con usuarios finales: Probar la solución mejorada con usuarios finales para asegurarse de que cumpla con sus necesidades y expectativas.
- Documentar resultados: Documentar los resultados de las pruebas, incluyendo los cambios realizados en la solución y los insights obtenidos durante el proceso, para justificar las decisiones de diseño y orientar futuros desarrollos.

Conclusiones

Las abejas, como principales polinizadores deben ser protegidas en su integridad ante factores ambientales que representan desafíos, tales como: enfermedades, uso de agrotóxicos (pesticidas) y los efectos del cambio climático. Por lo cual, el uso de la tecnología constituye varias alternativas desde las cuales se pueden aportar prototipos que, una vez testeados, puedan ser desarrollados como sistemas y, posteriormente, empleados por los apicultores en las distintas localidades de Colombia, con el propósito de brindar continuidad a la vida de las abejas y, por tanto, a los ecosistemas en el orden mundial.

Un sistema de monitoreo de las colmenas de abejas basado en el Design Thinking, permitirá una mayor flexibilidad como base de la sostenibilidad, puesto que se basa en la empatía, el trabajo en equipo, la lúdica y el desarrollo de técnicas con amplio contenido visual que, en conjunto constituyen una alternativa innovadora, en la cual se tienen en cuenta aspectos tales como: deseabilidad (lo humano), factibilidad (tecnología) y viabilidad (negocio).

Referencias

- Crespo, C. (20 de mayo de 2019). *¿Qué pasaría si desaparecen las abejas?* (National Geographic) Recuperado el 12 de abril de 2024, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/05/que-pasaria-si-desaparecen-las-abejas>
- Design Thinking en Español. (s.f.). *¿Qué es el Design Thinking o Pensamiento de Diseño?* Recuperado el 12 de abril de 2024, de <https://designthinking.es/que-es-design-thinking/>
- FAO. (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. Recuperado el 24 de febrero de 2024, de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Forbes. (24 de abril de 2019). *¿A quién le importa la pérdida de abejas en América Latina?* Recuperado el 22 de abril de 2024, de <https://www.forbes.com.mx/a-quien-le-importa-la-perdida-de-abejas-en-america-latina/>
- Gonzáles, P., Torres, R., & Luiseau, V. (Agosto de 2020). Efecto y regulación de los plaguicidas sobre las abejas. Recuperado el 12 de abril de 2024, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/29182/1/Efecto_de_lo_s_plaguicidas_sobre_las_abejas.pdf
- Naciones Unidas. (s.f.). *Día Mundial de las abejas. 20 de mayo*. Recuperado el 12 de marzo de 2024, de <https://www.un.org/es/observances/bee-day>
- ONU Programa para el medio ambiente. (18 de mayo de 2022). *Por qué las abejas son esenciales para las personas y el planeta*. Recuperado el 26 de abril de 2024, de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/por-que-las-abejas-son-esenciales-para-las-personas-y-el-planeta>
- Parlamento Europeo. (09 de diciembre de 2019). *¿Qué hay detrás de la disminución de las abejas y otros polinizadores? (infografía)*. Recuperado el 05 de mayo de 2024, de <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20191129STO67758/que-hay-detras-de-la-disminucion-de-las-abejas-y-otros-polinizadores>
- Regadas, L. (05 de abril de 2021). *La inteligencia artificial se alía con la apicultura para preservar las abejas*. (Público) Recuperado el 15 de abril de 2024, de <https://www.publico.es/ciencias/colmenas-inteligentes-inteligencia-artificial-alia-apicultura-preservar-abejas.html>
- Rosso, J. M. (11 de Junio de 2023). *Abejas, polinizadores y agricultura en Colombia: una conversación pendiente*. (Razón Pública) Recuperado el 25 de abril de 2024, de <https://razonpublica.com/abejas-polinizadores-agricultura-colombia-una-conversacion-pendiente/>
- Samaniego, J. F. (20 de mayo de 2021). *Internet de las Colmenas: tecnología inteligente para asegurar la supervivencia de las abejas*. Recuperado el 03 de mayo de 2024, de <https://www.nobbot.com/colmenas-inteligentes/>
- Semana. (18 de septiembre de 2020). *Colombia se quedaría sin abejas en los próximos 12 años*. Recuperado el 16 de marzo de 2024, de <https://www.semana.com/empresas/articulo/apicultura-en-colombia-colombia-se-queraria-sin-abejas-en-los-proximos-12-anos/300723/>
- Universidad Politécnica de Cartagena. (30 de mayo de 2020). *Colmenas inteligentes para monitorizar el comportamiento de las abejas y garantizar su supervivencia*. Recuperado el 25 de marzo de 2024, de <https://www.upct.es/noticias/2020-05-30-colmenas-inteligentes-para-monitorizar-el-comportamiento-de-las-abejas-y-garantizar-su-supervivencia>