

MONITOREO ELECTRÓNICO DEL AMBIENTE EN LA PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJA MELIPONA BEECHEII MEDIANTE EL USO DEL INTERNET DE LAS COSAS

U ELEKTRÒNIKA' KANAN ICHIL KÙUCHIL KUUXTALIL TI' LE' MEYAJ KAAB MELIPONA BEECHEII YÒOSAL U BUUK INTERNET TIAL LE' BA'ALO'OB

¹ Eliel David Novelo Cahum, eliel.novelocahum@itsva.edu.mx

* Marco Mauricio Wan Martinez, marco.wanmartinez@itsva.edu.mx

³ Sebastiana Can Cahum, sebastiana.cancahum@itsva.edu.mx

⁴ Jesús Antonio Santos Tejero, jesus.st@valladolid.tecnm.mx

⁵ José Rafael Medina Chi, jose.mc@valladolid.tecnm.mx

RESUMEN

La miel de la abeja Melipona Beecheii o mejor conocida como Xunan Kab, fue considerada sagrada para nuestros ancestros en la península de Yucatán, usada en procesos tanto religiosos como medicinales, hoy en día la producción de miel por los melipolicultores sigue siendo una práctica que, a pesar de haber evolucionado con el paso de los años, sigue siendo parte de nuestra cultura y es importante conocer el proceso dentro de las colmenas. Para determinar las condiciones ambientales dentro de la producción de la miel optamos por el desarrollo de un prototipo, con un sistema de monitoreo electrónico el cual pretende contribuir con innovación al proceso de producción de miel con la complementación del Internet de las cosas en la creación de cajas tecnificadas, que midan el comportamiento de la producción de miel experimentando con los cambios que ocurren en diferentes condiciones climáticas de humedad, temperatura y presión, con el objetivo de obtener información con la cual podamos determinar en qué condiciones se obtiene la mayor cantidad y calidad de miel.

PALABRAS CLAVE

Arduino
IoT
Melipona
Sensores

KOOM T'AAN

Le' kaab Melipona Beecheii bey k'ajòolta'an (Xunan Kab), ts'a'an bey k'uululen men le' uchbeno'ob màako'ob way lu'umil Yucatàne', buukta'an ichil le jejel'aas k'uben tial kilich yuum, bey xan jump'èel ts'aak ku wilaj bejlae men yòosal le meyajto'ob ku wiliko'ob le kaabo', laylie' ku meyajta'al ichil le' miat-sil men jach k'aana'an u k'ajòolta'al bix u meyajta'al le' kaab. tial ts'abal le tu'ux u kuuchil kuxtakuk bix yàanik u bin u yàabtal'o'ob mejajtabi' jump'èel elektrònika' kanan bey tial u seeb yàantal le kaabo' yèetel chukpàajalil le interneto' ichel le ba'alo'obo ku yàax tumben mèebeno' yòosal u wila'al bix u mèetiko'ob kaab ichil le seen jao' ku beetik u ch'ulul bey xan u tul meyajto'ob tial u ts'abal bix u paajta'al u ts'aik jump'èel òolmalil.

TAAN T'AANIL

Arduino
IoT
Melipona
Sensores

I. I. INTRODUCCIÓN

La Península de Yucatán es la región productora de miel más importante de México (Ayala, 2001), dado que el 95% de su producción se destina al mercado internacional (Güemes, et al., 2003). En la época prehispánica, la crianza de las abejas sin aguijón o meliponinos (meliponicultura) fue apreciada por la docilidad y abundancia de estos insectos (Guzmán, et al., 2011). Las abejas sin aguijón tienen una distribución pantropical, pero el mayor número de especies se encuentra concentrado en el extenso territorio sudamericano, donde está presente la mayor diversidad de estos insectos (más de 300 especies) (Ayala, 1999). La abeja *Melipona Beecheii* tiene una gran importancia no sólo en la polinización de los cultivos, sino también de las plantas silvestres que forman parte de los diferentes tipos de vegetación presentes en los ecosistemas del de México (Villanueva, 2018). La sobrevivencia cultural del uso de los productos de las abejas sin aguijón entre los mayas está firmemente apuntalada, por su participación y manejo de la herbolaria indígena (González, 1999). Aunque la meliponicultura está acotada a pocos interesados, todavía podría ser parte de un importante proyecto de desarrollo económico en las comunidades, así como para la recuperación y cohesión cultural (Castañón, 2009). Los meliponarios modernos son muy variables; y se construyen con materiales diversos y diseños que integran el conocimiento tradicional y científico generado por expertos en abejas. Estos deben resguardar las colonias de abejas, facilitar su manejo y aumentar la producción de las colonias (Salazar, 2017). “Una alternativa para mejorar la explotación de estas abejas es el uso de las cajas racionales o tecnificadas que permiten obtener mejores resultados en la conservación y reproducción de las colonias, así como facilitar la cosecha de la miel” (López Domínguez, 2002). Las abejas sin aguijón viven en colonias que pueden tener entre algunas decenas y miles de individuos de abejas obreras, algunos machos y comúnmente sólo una reina (Pat, et al., 2018). En el 2018 el Instituto Tecnológico Superior de Valladolid (ITSVA), a través de la academia de Ingeniería Ambiental, se fomenta el desarrollo de un sendero a través sus veinte hectáreas de terreno con las que cuenta en el cual

busca fomentar la educación ambiental entre la comunidad educativa, a través de la interacción con la flora y fauna de la región, es así como inicia el desarrollo del sendero, posteriormente en el 2019 se adquieren cinco colmenas de abejas *Meliponas Beecheii* para la producción, monitoreo y estudio. En noviembre de 2019 se inicia la construcción de una palapa como parte del meliponario, que se encuentra en el ITSVA. Estos antecedentes, llevaron a trabajar en una solución que permita generar datos de medición precisos, a fin de analizar el comportamiento en la producción de miel de dichas abejas. Nuestro objetivo es determinar la influencia en la producción de miel de las abejas *Melipona Beecheii* bajo las condiciones climáticas internas y externas considerando la humedad, temperatura y la presión, en un ambiente controlado en la región oriente de Yucatán; diseñando y desarrollando una caja tecnificada con elementos de IoT (Internet de las cosas) y domótica. Esta caja tecnificada está conformada (Figura 3) por una colmena de madera o también conocido como caja colmena en donde regularmente los policultores mantienen a sus abejas, sin embargo, esta misma es modificada añadiendo en un compartimiento diferentes elementos de IoT como lo son sensores de humedad, temperatura y presión atmosférica, esta caja tecnificada también cuenta con elementos de domótica como el arduino mega, que “es una placa de microcontrolador basada en el ATmega2560. Tiene 54 pines de entrada / salida digital” (Arduino, 2021), con el cual podemos recopilar información de todos los sensores involucrados y también desde aquí son enviados todos los datos recopilados.

En este proyecto se emplearán algunos elementos de la Domótica, concepto también asociado al hogar inteligente, el cual es entendido como “vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones y otros servicios” (Morales et al., 2007); ya que el proceso de medición de las condiciones ambientales dentro de la caja tecnificada de la colmena, será un proceso automatizado, que será gestionado a través de sensores y microcontroladores de la tecnología Arduino.

II. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se requirió construir un prototipo que fuera capaz de adaptarse a una caja tecnificada de abeja *Melipona Beecheii* para llevar a cabo el monitoreo de la temperatura, presión, y humedad. Para lograr el diseño de dicho prototipo se requirieron los materiales presentados en la Tabla 1.

Tabla 1

Materiales requeridos para el prototipo.

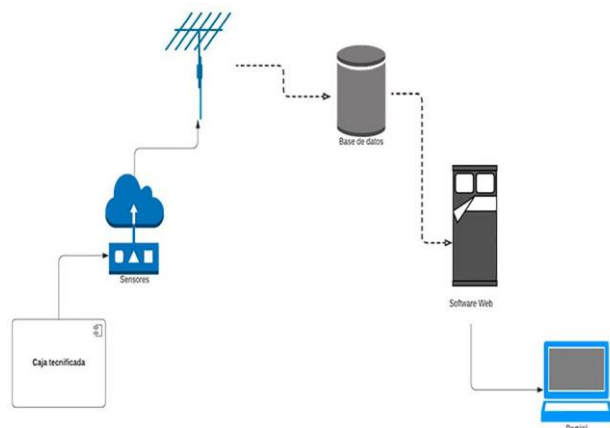
<p>Para el monitoreo de las magnitudes físicas se requieren los siguientes materiales.</p>	<p>Para la instalación eléctrica y de red se requirieron los siguientes materiales:</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Arduino Mega 2560 Rev3 • Sensores Grove (Temperatura, Humedad Y Presión) • Cable Utp Cat 6. • Conectores Rj45 • Usb 2.0 Cable Type A/B • Kit Cables Macho-Hembra • Caja Tecnificada Para Abeja Melipona Beecheii 	<ul style="list-style-type: none"> • Antenas ubiquiti litebeam m5 airmax de 23 dbi, 802.11a/n (5.1 - 5.8 ghz.) • Router inalámbrico wisp, 2.4 ghz, 300 mbps, 2 antenas. • Mástil telescópico de 12 m de acero galvanizado. • Dos rollos de 100 m cable calibre 14. • Clavija industrial 2 polos, 3 hilos, 15a, 125v. • 200 m de poliducto color naranja de 1/2" - 13 mm. • Varilla de tierra física de cobre 1/2 pulgada de un metro y medio de longitud. • Cable para tierra física de cobre thw desnudo calibre 12.

Nota: elaboración propia

El prototipo tiene una estructura de comunicación de datos como se muestra en la (figura 1).

Figura 1:

Imagen representativa de la Comunicación de datos recopilados en una caja tecnificada



NOTA: Comunicación de datos recopilados en una caja tecnificada, Fuente: elaboración propia (2021).

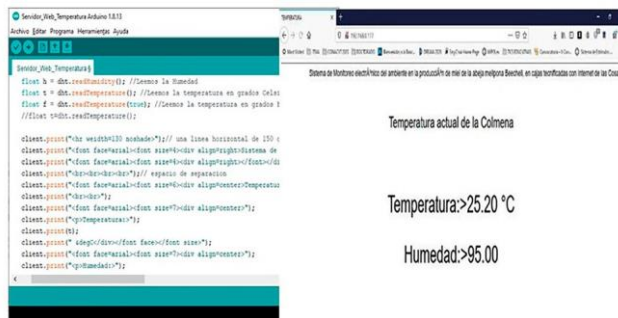
El proceso de recopilación de datos que se llevó a cabo la caja tecnificada, comenzó con la lectura en los sensores que se comunican directamente con una antena desde la cual se mandan los datos a nuestra base de datos para luego ser impresos en nuestra página web y así poder ser visualizados las mediciones.

Para el desarrollo del prototipo se consideró que las abejas enceran cualquier cuerpo extraño dentro de la colmena, con base a esto, se optó por realizar un corte en la tapa de la caja tecnificada para introducir los sensores, añadiendo una malla que permita proteger los sensores que realizarán las lecturas de datos, logrado esto, se procedió a la programación de los Arduinos en el lenguaje de C++ para interpretar la información recibida de los sensores y transmitirla de manera inalámbrica a un sistema de almacenamiento.

Tomamos estos datos almacenados y mediante una aplicación web hacemos los procesos correspondientes para su visualización en tiempo real. (ver figura 2)

Figura 2.

Programación de los sensores.



NOTA: Programación de los sensores, Fuente: elaboración propia (2021)

III. RESULTADOS O AVANCES

Para monitorear los aspectos físicos que impactan en la producción de miel de abeja melipona, se realizó un prototipo (ver figura 2) agregando el microcontrolador Arduino que fue programado para la lectura de la información emitida por los sensores. Nuestro prototipo inicial incluye una perforación en la tapa superior de la colmena para insertar los sensores y asegurarlos.

Pero esto resultó ser invasivo para las abejas, las cuales se cubrieron con cera los sensores, afectando con esto las mediciones.

Para resolver dicho problema se replanteo el prototipo (ver figura 3) realizando una perforación en la tapa superior de la caja, un corte para tener un espacio en el cual ocultar el sensor y una malla para protegerlo de las abejas.

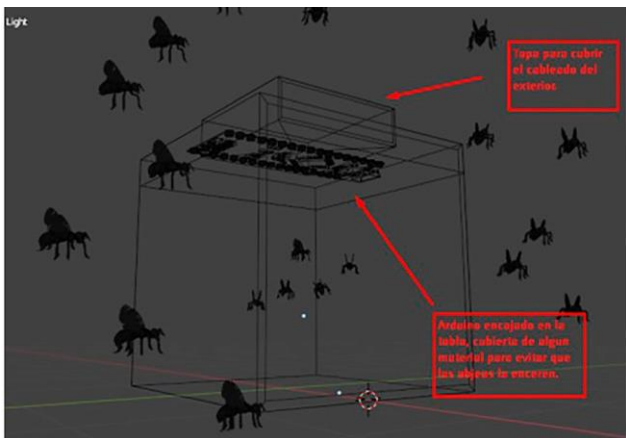
Figura 3
Prototipo inicial



NOTA; Imagen del prototipo inicial de la caja tecnificada,
Fuente: Elaboración propia (2021).

Dicho prototipo fue capaz de realizar mediciones de humedad, temperatura y presión en tiempo real y transmitirlos de manera inalámbrica a una base de datos. (ver figura 4 y 5).

Figura 4.
Modelo Tridimensional



Nota: imagen representativa del modelo tridimensional de la caja tecnificada
Fuente: elaboración propia (2021)

Figura 5.
Prototipo final

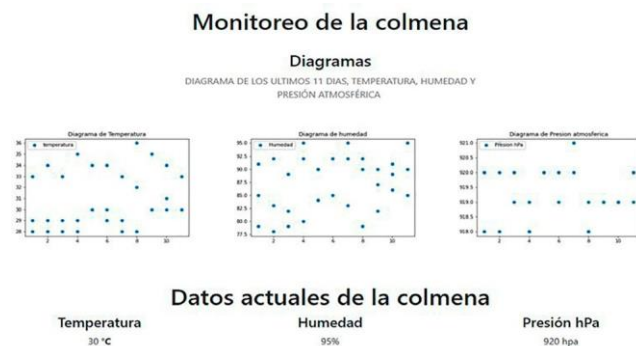


Nota: fotografía de la caja tecnificada y la página web
Fuente: elaboración propia (2021).

IV.DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este proyecto nos permitió al momento, la implementación de recursos tecnológicos aplicándolos al estudio de la meliponicultura, dando como resultado un prototipo funcional, capaz de recolectar datos físicos dentro de la caja tecnificada. Nuestro prototipo será una herramienta que brindará apoyo para realizar futuros estudios y analizar cómo impactan dichos factores en la producción de miel de abeja melipona *beecheii*, de igual manera podrán ayudar a mejorar la producción de sus abejas, al igual que será una mejor manera de estudiar el comportamiento del hábitat de las abejas meliponas y cómo este influye en su producción de miel. Siendo replicable esté estudio a otras especies cuando sus colmenas tengan especificaciones tecnificadas similares. En el ITSVA se cuenta con un meliponario en donde se implementará de forma inmediata al momento de poder asistir de manera presencial al instituto, debido a que por restricciones y medidas tomadas por la pandemia del COVID-19 no se ha podido iniciar la implementación. Cabe resaltar que también durante el proceso de mejora en la estructura de la aplicación se presentaron dificultades, ya que se contaba con compañeros de comunidades rurales donde el internet era escaso y si se agregan los cambios climáticos que en su momento fueron de gran afectación como la tormenta tropical Gamma, y el huracán Delta presentados a finales de 2020, fue difícil mantener una comunicación estable en la que el apoyo sea mutuo para mantener el trabajo en equipo.

Figura 6.
Demostración del funcionamiento



NOTA: imagen representativa del funcionamiento del prototipo de la caja tecnificada
Fuente: elaboración propia. (2021)

Se realizó un monitoreo durante 11 días, los datos obtenidos estaban de acorde a la temperatura adecuada dentro de la colmena del prototipo, Ver en figura 7 un ejemplo de los datos obtenidos:

Figura 7

Captura de la Base de Datos

temperatura	humedad	presion	fecha
29	85	920	2021-09-10 07:59:00
33	79	920	2021-09-10 15:59:00
28	91	918	2021-09-10 23:59:00
28	83	921	2021-09-11 07:59:00
34	78	920	2021-09-11 15:59:00
29	92	918	2021-09-11 23:59:00
28	82	920	2021-09-12 07:59:00
33	79	920	2021-09-12 15:59:00
29	89	919	2021-09-12 23:59:00
28	92	918	2021-09-13 07:59:00
35	80	918	2021-09-13 15:59:00

Nota: Sistema gestor de BD (MySQL, 2021)

Este prototipo será una herramienta que brindará información de apoyo para realizar futuros estudios y analizar cómo impactan las magnitudes físicas (ver figura 5) en la producción de miel de abeja *Melipona Beecheii*, de igual manera podrán ayudar a mejorar la producción de sus abejas, al igual que será una mejor manera de estudiar el comportamiento del hábitat de las abejas meliponas y cómo este influye en su producción, en busca de una cosecha de mayor calidad y cantidad. Siendo replicable este estudio a otras especies cuando sus colmenas tengan especificaciones tecnificadas similares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arduino. (2021). Arduino Mega 2560 Rev3. Recuperado el 15 de Septiembre de 2021, de <https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3?selectedStore=us>
- Ayala, M. (2001). La apicultura de la península de Yucatán: Un acercamiento desde la ecología humana. Mérida: Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N. Ayala, R. (1999). Revisión de las Abejas sin Aguijón de México (Hymenóptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 1-123.
- Castañón, L. (2009). Miele diferenciadas de la península de Yucatán y su mercado. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Gonzales, J. (1999). La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 34-41.
- Güemes, F., Echazarreta, C., Villanueva, R., Pat, J., y Gómez, R. (2003). La apicultura en la península de Yucatán. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado. *Revista Mexicana del Caribe*, 117-132.
- Guzmán, M., Balboa, C., Vandame, R., Albores, M., y Gonzales, J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur .
- López Dominguez, D. A. (2002). Validación de dos modelos de colmenas MARIA y UTOB con abejas sin aguijón *Melipona beecheii* y *Tetragonisca angustula*, en El Paraíso, Honduras. Honduras.
- MySQL. (2021). MySQL. Recuperado el 10 de Octubre de 2021, de <https://www.mysql.com/>
- Pat, L., Hernandez, P., Pat, J., Guízar, F., y Ramos, R. (2018). Cría y manejo tradicional de la abeja *Melipona beecheii* (ko'olel kaab) en comunidades aledañas a la Reserva de la Biosfera Los Petenes, Campeche, México. Campeche: El Colegio de la Frontera Sur.
- Salazar, H., Perez, J., Debernardi, H., Real, N., Hidalgo, J., y De La Rosa, R. (2017). Meliponario para la crianza de abeja sin aguijón (*Scaptotrigona mexicana* Guérin-Meneville). *Agroproductividad*, 73-79.
- Villanueva, R. (2018). Guía de crianza de las Meliponas *Beecheii*. México: El Colegio de la Frontera Sur.

