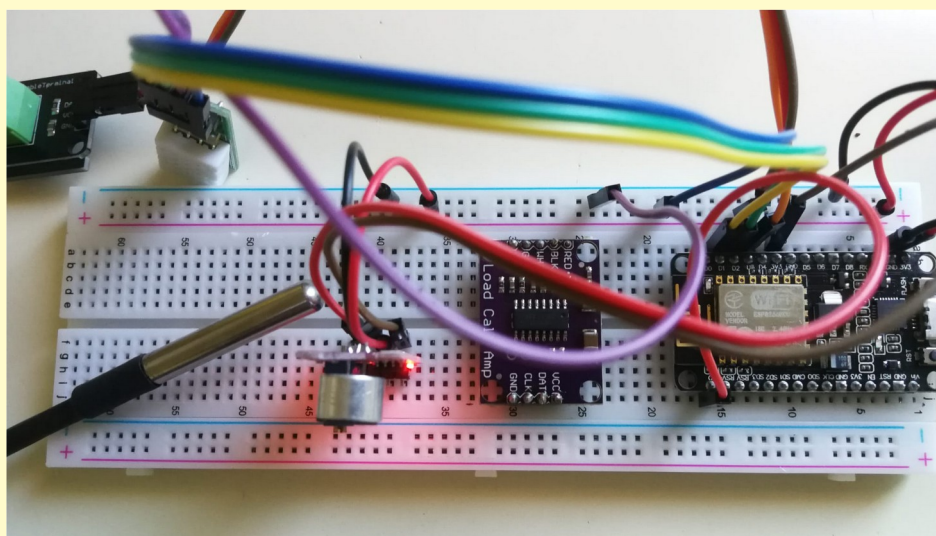


ApIoTcan

Monitorización de
colmenas canarias

Internet of Things



ApIoTcan
Sistema de Medición Multiparamétrica en colmenas canarias
Internet of Things

En la presente edición únicamente se han utilizado herramientas de software libre, principalmente LibreOffice y Gimp.

Antonio Quesada.

Edición de la Asociación de Apicultores de Gran Canaria.

asociacion@apigranca.es

<https://apigranca.es>

ApiGranca, Julio 2024

Última modificación 19:3229/07/2024 v.0.90



Presentación:

La práctica de la apicultura en Canarias viene determinada por dos aspectos singulares: la existencia de una raza de abeja autóctona y una variada flora endémica que hace que la miel que producen unas con el néctar de las otras sea apreciado por quienes se sorprenden al probarlos por primera vez. El prestigio de la miel canaria no deja de obtener premios en los certámenes internacionales a los que se presenta.

Esta ganadería se ha mantenido en las islas en pequeñas y medianas explotaciones que han proporcionado a sus dueños un complemento a la renta familiar. Ello es debido a la fragmentación del territorio y a que el arte de criar abejas se ha aprendido por tradición familiar.

Cuentan las crónicas que los aborígenes de Gran Canaria explotaban las colmenas silvestres antes de la llegada de los europeos, y a la miel extraída le daban usos culinarios, medicinales o la empleaban en rituales mortuorios. Con Juan Grande, hijo de naturales de la isla, encontramos el nexo de unión entre esa práctica aborígen, pues acudía a las charcas de Maspalomas lugar en que los pastores llevaban a abreviar sus ganados y castraban las abejas salvajes del lugar y que acabó teniendo su propio colmenar en el barranco de Guayadeque.

Adoptadas las técnicas europeas tras la conquista, la apicultura apenas ha tenido cambios hasta bien entrado el siglo XX en que se introducen las colmenas movilizadas y se abandonan “los corchos” hechos con troncos de palmera, drago u otros árboles de madera más noble.

Sin embargo, en el siglo XX también se han introducido abejas de otras razas con las que han llegado algunas enfermedades desconocidas en las islas. Una de las consecuencias es que la salud de nuestra cabaña apícola está amenazada por dichas enfermedades, el cambio climático, el mal uso de fitosanitarios y una agricultura intensiva de monocultivo.

Ahora criar abejas es más complicado, si antes apenas se visitaban, ahora periódicamente hay que vigilar el estado de salud de las colmenas, hay que tener muchas más cosas en cuenta. Alimentación en periodos de escasez, tratamientos en los casos de parasitosis, cambio de reinas por hibridación con abejas de otras razas, ...

Los apicultores han sido los primeros en dar la voz de alarma ante la pérdida cada vez mayor de sus colmenas, en lo que se conoce como síndrome del colapso de las colmenas (CCD por sus siglas en inglés). De manera repentina están muriendo muchas colmenas en todo el mundo, y junto a ellas están desapareciendo otras especies de polinizadores.

El estudio de esta muerte de polinizadores ha hecho que los científicos hayan puesto su mirada en todos los factores que afectan a la vida de las abejas, y han ido desarrollando métodos para monitorear a las abejas en su vida diaria, poniendo énfasis en medidas de peso, temperatura, humedad o sonidos en el interior de las colmenas.

Este monitoreo se ha visto favorecido por el desarrollo tecnológico de las últimas décadas y los avances en internet, hasta hacer posible lo que se llama Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés).

Ya hay muchos proyectos establecidos en diferentes países, ya sea a nivel de investigadores o de apicultores particulares o en grupo. Canarias no puede quedar relegada en la monitorización de colmenas y por ello ApiGranca ha desarrollado el sistema que ahora presentamos.

Esperamos que esta propuesta pueda ser una herramienta asequible para nuestros apicultores y que con la ayuda institucional y educativa podamos desarrollarla para la mejora de nuestra ganadería.

Antonio Quesada

ApiGranca

ApIoTcan

El declive generalizado de las colonias de abeja melífera (*Apis mellifera* L.) registrado en los últimos años ha llamado la atención sobre la necesidad de profundizar en el conocimiento de este fenómeno, mediante la observación de la actividad de las colonias para identificar las posibles causas y diseñar las contramedidas correspondientes. De hecho, las abejas melíferas tienen efectos positivos bien conocidos tanto en el medio ambiente como en la vida humana, y su preservación se vuelve crítica no solo por razones ecológicas, sino también para el desarrollo social y económico de las comunidades rurales. Se están desarrollando sistemas de sensores inteligentes para la medición en tiempo real y a largo plazo de parámetros relevantes relacionados con las condiciones de la colmena, como el peso de la colmena, los sonidos emitidos por las abejas, la temperatura, la humedad y el CO2 dentro de la colmena, así como las condiciones climáticas en el exterior.

La apicultura de precisión proporciona a los apicultores e investigadores una información avanzada sobre la salud y la productividad de una colonia de abejas, y las influencias ambientales sobre los mismos.

Innovador Sistema en Canarias Permite Apicultura Predictiva y Control Remoto de Colmenas

ApiGranca, la primera asociación apícola española en desarrollar un sistema propio de digitalización de colmenas, ha lanzado una tecnología que permite a los apicultores monitorear el estado de sus colmenas en tiempo real y a distancia. Este sistema, llamado ApIoTcan (Internet de las Cosas aplicado a la apicultura canaria), utiliza tecnología IoT para proporcionar datos detallados sin necesidad de desplazarse ni perturbar a las abejas.

Características del Sistema ApIoTcan

El sistema ApIoTcan mide parámetros críticos como temperatura interior, humedad, sonido, vibración y peso de cada colmena. Estos datos se envían a una unidad central que los retransmite por wifi o red telefónica a un servidor en internet, accesible desde cualquier dispositivo. Además, la unidad central funciona como estación meteorológica, midiendo temperatura, humedad, luminosidad y pluviometría en el apiario.

Beneficios y Utilidad

La información recopilada permite a los apicultores tomar decisiones informadas:

- **Peso.** Cambios en el peso de la colmena indican el comienzo y el final del flujo de néctar; también indican cuando las alzas de miel están llenas o por el contrario cuando se requiere alimentación de invierno; indican la ocurrencia de

un evento de enjambre y pillaje o robo; y cambios en fuerza y productividad de la colonia.

- **Temperatura.** Las colonias saludables de abejas melíferas mantienen un ambiente interno estable en la colmena. La naturaleza estenotérmica de las crías de abejas melíferas requiere una termorregulación estricta de la colmena dentro del rango de 32–36°C. Pupas expuestas a temperaturas prolongadas por debajo de 32°C mostrarán una alta incidencia de alas y patas arrugadas y malformaciones en el abdomen, mientras los adultos pueden mostrar anomalías en el comportamiento.
- **Una humedad relativa** por debajo del 50% en las celdas de cría provoca una reducción significativa de tasas reproductivas de cría; por el contrario, la alta humedad se ha demostrado que aumenta el porcentaje de momificación de la cría causado por la cría de tiza. La humedad en la colmena no es algo bueno. Los organismos que causan enfermedades, los hongos y el moho prosperan en ambientes húmedos y, en climas fríos, las gotas de agua pueden gotear sobre las abejas y enfriar las crías. La ventilación adecuada es importante para las colonias de abejas durante todo el año. Las abejas pueden hacerlo muy bien en temperaturas frías, pero el frío y la humedad son una historia diferente.
- **El análisis sonoro** de las colmenas es una técnica útil aplicada para determinar el estado de las abejas de forma no invasiva. Las abejas se comunican entre sí mediante vibraciones y señales sonoras generadas de varias formas, como movimientos corporales gruesos, movimientos de alas, contracciones musculares de alta frecuencia sin movimientos de alas y presionando el tórax contra los panales u otra abeja. Estas señales también están estrictamente relacionadas con eventos particulares, como el enjambre y el comportamiento de la reina durante el enjambre, señales de parada, comunicar fuentes de alimento o demandar la pecorea.
- La medición del **dióxido de carbono (CO₂)** juega un papel importante para el análisis del comportamiento de la colmena. En particular, está relacionado con el metabolismo de las abejas, como un cambio en la emisión respiratoria de CO₂ está asociado al calentamiento metabólico de una abeja en su actividad normal. Además, cuando el dióxido de carbono dentro de la colmena alcanza niveles mucho más altos que los atmosféricos normales, las abejas melíferas comienzan a usar eventos de intercambio de gases y ventilación para expulsar el aire rico en CO₂, y para mantener su concentración en un nivel aceptable (es decir, entre 0,1% y 4,3%).
- El conocimiento del **número de abejas** que salen cada día y las que vuelven nos informa acerca del estado de desarrollo de la colmena, de su salud y nos aproximan a una estimación de la cosecha.

Desarrollo Tecnológico

Uno de los principales desafíos era mantener los equipos operativos en el campo durante largos periodos, con un consumo energético eficiente. ApiGranca solucionó esto interconectando las colmenas con un simple cableado de cuatro hilos, eliminando la necesidad de comunicación wifi en cada colmena y reduciendo costos y consumo energético. Las unidades centrales solo suministran energía a las estaciones cuando se necesitan mediciones, desconectándolas el resto del tiempo. Este proceso, que dura menos de 10 segundos por estación, se realiza en intervalos horarios diurnos y cada tres horas durante la noche.

El sistema se alimenta con una pequeña placa solar y baterías, siendo completamente autónomo en cuanto a energía. La comunicación se realiza mediante wifi o GSM, aprovechando tarjetas SIM específicas para el envío de datos.

Equipo de Desarrollo

El equipo responsable del desarrollo de ApIoTcan incluye a:

- Antonio Quesada (GC), lco. en biología y vocal de ApiGranca, diseño del prototipo inicial.
- Iván Hernández Cazorla (GC), responsable del sistema de comunicaciones, base de datos, gráficos y web;
- Carlos Alberto Morales Díaz (Tfe) ha llevado toda la programación, diseño de circuitos y ha encontrado una solución a la balanza,
- Gonzalo Aller Arias (Tfe) experto en el impacto de las tecnologías en la sociedad, ha coordinado el trabajo en equipo.
- Andrew Middleton, (Andy, Tfe), responsable de la configuración y ensamblaje final de los equipos.
- El proyecto ha sido financiado por el **Servicio de Vicepresidencia Primera** de la [Consejería de Obras Públicas e Infraestructuras, Arquitectura y Vivienda](#) del Cabildo de Gran Canaria.

Futuro y Expansión

El Cabildo de Gran Canaria ha apoyado significativamente este proyecto y ha aprobado su ampliación para 2024, facilitando su implementación a gran escala para los apicultores de la isla. La información recopilada constituirá un valioso Big Data, accesible para estudios científicos a nivel mundial, lo que contribuirá enormemente a la investigación sobre el comportamiento de las abejas.

Este innovador proyecto ha despertado el interés de apicultores y asociaciones a nivel nacional, y ya hay empresas interesadas en su potencial.

Anexos

La termorregulación

El hecho de que la estabilidad de la temperatura de la colmena ha sido muy constante y bien mantenida independientemente del clima ambiental se debe a la toma de decisiones descentralizada y colectiva empleada por una colonia de abejas melíferas. A las abejas obreras de una colonia no se les 'asignan' tareas de ninguna manera. Sin embargo, cualquier forma de perturbación o cambio detectado en el entorno de la colmena es evaluado individualmente por cada una de las abejas obreras e inmediatamente pasado a las otras abejas a través de su técnica de comunicación especial, 'comunicación química', a través de las feromonas secretadas por las abejas y sus lenguaje de baile especial, conocido como baile de meneo o baile de cola de meneo.

Tabla: Técnicas de termorregulación

Acción	Técnica de termorregulación
Aumentar el aislamiento	Sellado de aire con propóleos y racimo de invierno con abejas de manto como escudo térmico.
Calefacción eficiente	El sistema de control descentralizado y el calentamiento endotérmico solo lo inician las abejas cuando la temperatura desciende aún más y cuando la agrupación ya no puede retener el calor.
Reducir el volumen de aire para calefacción.	El racimo se forma hacia adentro rodeando el área central de cría.
Ventilación y refrigeración eficientes	Las abejas melíferas emplean el ventilador reposicionándose y emplean el enfriamiento por evaporación arrojando agua desde la parte superior.
Control de calidad e higiene del aire interior	Sistema de ventilación eficiente con abejas melíferas esterilizando sus colmenas con propóleo.
Control de temperatura y humedad	En ciertas condiciones de temperatura, las abejas de la pared lateral funcionan como un intercambiador de calor.

Análisis sonoro.

El análisis sonoro de las colmenas es una técnica útil aplicada para determinar el estado de las abejas de forma no invasiva.

Las abejas se comunican entre sí mediante vibraciones y señales sonoras generadas de varias formas, como movimientos corporales gruesos, movimientos de alas, contracciones musculares de alta frecuencia sin movimientos de alas y presionar el tórax contra los sustratos u otra abeja. Estas señales también están estrictamente relacionadas con eventos particulares, como el enjambre y el comportamiento de la reina durante el enjambre.

Otro evento importante que se puede derivar del análisis de sonido es la presencia de tóxicos en el aire en la colmena. Este sistema se basa en un perfilado de las firmas acústicas de las colonias de abejas melíferas que vuelan libremente, analizando los sonidos acústicos resultantes para identificar anomalías en relación con las propiedades específicas de esos sonidos acústicos. Todos estos estudios demuestran que el análisis de sonido proporciona una gran cantidad de datos que pueden ser procesados para derivar un análisis más completo del estado de salud de la colmena.

SEÑAL	TIPO	FRECUENCIA	DURACIÓN
Queen Piping (<i>Pitido de reina</i>) - producido por contracciones rápidas de los músculos torácicos, y transmitido directamente al sustrato. ¿Las alas no vibran? (o vibran cerradas con un movimiento de tijera. (Rex Boys).	vibración ?	400Hz? 340Hz	1.250s
Queen Quacking (Canto de princesa): respuesta de reinas no eclosionadas a reina virgen eclosionada.	vibración ?	ligeramente inferior a 400Hz o 450Hz	<200ms
Freezing response (Respuesta de bloqueo)- una respuesta de las abejas obreras al canto de la reina y posiblemente a otras señales.	vibración		0.2-2s or 0.82 0.43 s
Worker Piping (<i>Zumbido de abejas</i>) - <u>alas juntas</u> (en enjambres). Recuerda a un automóvil de carreras/ modulación/aumento de la frecuencia fundamental de 100-200 Hz a 200-250 Hz. corriendo / 30-60 zumbidos/abeja/min. presiona el tórax contra el sustrato (a menudo otra abeja), junta las alas con fuerza sobre el abdomen, arquea el abdomen, activa los músculos de las alas (músculos torácicos) para producir vibraciones sísmicas.	vibración ?	100-200Hz 200-2000Hz (incluyendo armónicos)	0.2-2s
Worker Piping (<i>Zumbido de abejas</i>) <u>alas separadas</u> (en colmenas) / que recuerda a una oveja que bala / sin modulación caminando / 1-15 zumbidos/abeja/min.	vibración	300-400Hz	
Waggle Dance / Dance language (Lenguaje de	acústico/	200-300Hz	

danza) – vibraciones dorsoventrales de las alas + movimiento de la cola que se producen en pulsos cortos a ~15 Hz. el movimiento de la cola es infrasónico + quizás táctil.	baile	13-15Hz (movimiento de cola infrasónico)	
Round Dance - como la danza de meneo, pero para la comida que está cerca de la colmena.	acústico/ baile		
Tremble Dance – (<i>Temblor</i>) se usa para reclutar más abejas para la tarea de descargar abejas recolectoras y para reducir el reclutamiento de más abejas recolectoras, actuando como una retroalimentación negativa que contrarresta la retroalimentación positiva del lenguaje de baile. (Kirchner, 1993)	acústico/ baile		
Señal de parada/señal de súplica	vibración	300-400Hz (media)	0.05-0.2s
Buzz Running (<i>Zumbido de enjambre</i>) - se realiza mientras se ejecuta, desde la formación hasta la salida del enjambre (¿de la colmena y la bola del enjambre?).	acústico vibración táctil	190-220Hz	
Vibration Signal / Shaking signal (<i>Vibración de saludo</i>) una abeja agarra a otra y sacude el cuerpo de esta abeja. Una trabajadora hace vibrar rápidamente su cuerpo dorsoventralmente (arriba y abajo - desde la espalda hasta el vientre) durante 1-2 s, generalmente mientras sujeta a otra con las piernas.(Schneider and Lewis, 2003)	vibración táctil	16-18Hz	1-2s

Signal processing the acoustics of honeybees (APIS MELLIFERA) to identify the "queenless" state in Hives. [1](Duran, Hunter, Stebel, 2013).

El peso de las colmenas.

El análisis de la literatura muestra que entre las diferentes cantidades de interés en el monitoreo de colmenas, la variación temporal de su peso puede reflejar con precisión la productividad de la colonia, así como sus condiciones de salud y bienestar.

En 1922 Hambleto asignó a trabajadores la tarea de medir el peso de dos colmenas durante varios meses a intervalos horarios precisos, continuamente, día y noche. Las básculas de alta precisión (± 10 g) brindaron una visión única del patrón diario de cambio de peso de la colmena, como resultado de la interacción entre la colonia de abejas y su entorno. Hambleton identificó un patrón que resumió en un gráfico, mostrando una serie de segmentos de línea con cambios de pendiente claramente definidos (Figura 5). Después del amanecer encontró una 'pérdida matinal' (de A a B) interpretada como el reclutamiento de recolectores. La pérdida de la mañana terminaría abruptamente cuando los recolectores comenzaran a regresar, creando así una tasa constante de ganancia neta (B a D) debido al néctar entrante. Reconoció que el curso del cambio de peso de B a D variaría según el clima y la disponibilidad de fuentes de néctar. Entre la puesta y la salida del sol (de D a E) encontró una tasa constante de "pérdida nocturna" atribuida a la evaporación y la respiración.

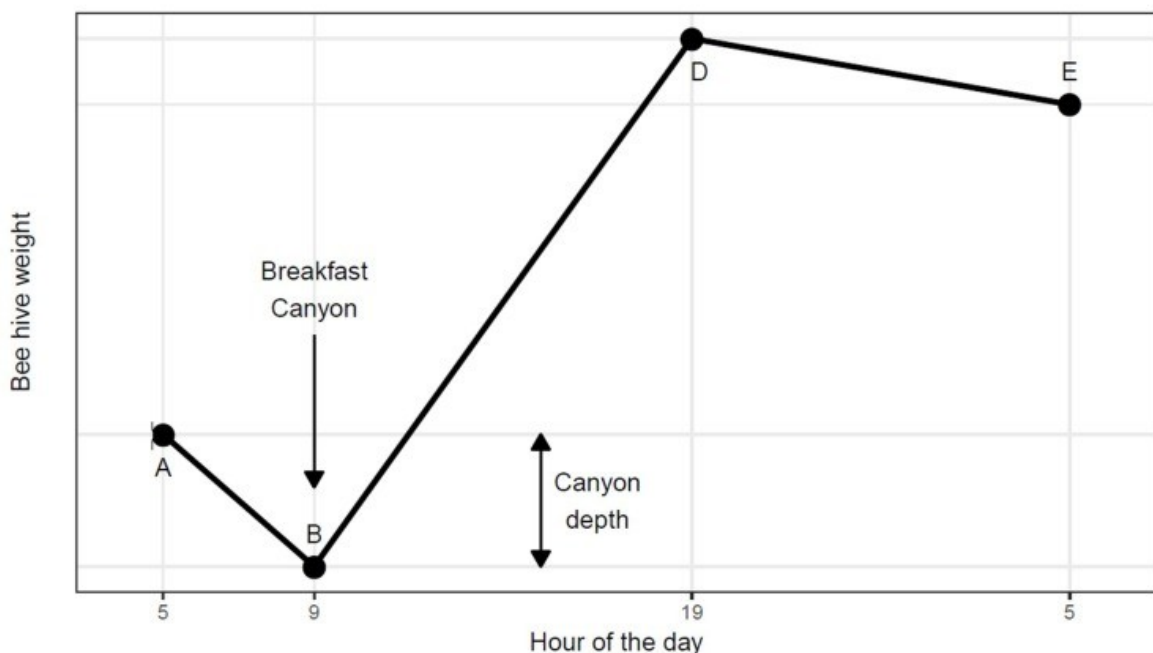


Figura 5. El gráfico de Hambleton con Breakfast Canyon agregado muestra el patrón diario del peso de la colmena durante un flujo de néctar. Se producen cambios bruscos de pendiente en A, B, D y E. El cañón tiene una profundidad (kg) igual al peso en A menos el peso en B.

Hambleton esperaba que su gráfica era aplicable solo a los períodos de flujo de néctar, pero en 2018 Niels Holst y William G. Meikle encontraron que era aplicable también fuera de los flujos de néctar.



asociacion@apigranca.es

<https://apigranca.es>

Julio 2024