

Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano

ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique^{1*†}, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra², TALAVERA-RUZ, Marianela³ y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia³

Universidad Autónoma de Querétaro, ¹Facultad de Ingeniería Estudiante de la Maestría en Diseño e Innovación, ²Profesor investigador adscrito a la Facultad de Ingeniería campus Amazcala, ³Posgrado de la Facultad de Contaduría y Administración

Recibido Mayo 08, 2017; Aceptado Junio 04, 2017

Resumen

La apicultura de precisión es la combinación de tecnologías de la información y la comunicación con conocimientos científicos en materia de apicultura, la cual ha tomado especial importancia en los últimos años debido a sus crecientes aplicaciones y su potencial para aumentar la eficacia de los sistemas de producción apícolas tradicionales. En México un país en el cual la apicultura predominantemente había sido una actividad rural de carácter social, últimamente ha estado expuesta a nuevos retos y adversidades que la han colocado en un estado de transición, crisis y adaptación lo cual vuelve conveniente evaluar la posibilidad de introducir nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de paquetes tecnológicos para una apicultura de precisión como solución a los problemas presentes. El diseño de colmenas de materiales mas ligeros y automatizadas así como el uso de aplicaciones en dispositivos móviles como la realidad aumentada junto con la capacitación de personas interesadas en esta actividad puede impulsar la cría de abejas y producción de miel, propóleo, jalea real y subproductos con valor agregado.

Apicultura, Precisión, Actividad Social, Realidad Aumentada

Abstract

Precision beekeeping is the combination of information technology and communication with scientific knowledge in the field of beekeeping, which has taken special importance in recent years due to its growing applications and its potential to increase the efficiency of production systems traditional apiculture In Mexico, a country in which beekeeping has predominantly been a rural activity of a social nature, has lately been exposed to new challenges and adversities that have put it in a state of transition, crisis and adaptation, which makes it convenient to evaluate the possibility of introducing new technologies that allow the development of technological packages for a precision beekeeping as a solution to the present problems. The design of hives of lighter and automated materials as well as the use of applications in mobile devices such as augmented reality together with the training of people interested in this activity can promote the breeding of bees and production of honey, propolis, royal jelly and byproducts with added value.

Apiculture, Accuracy, Social Activity, Augmented Reality

Citación: ESTRADA-BARRAZA, Bryan Enrique, NIVÓN-PELLÓN, Alejandra, TALAVERA-RUZ, Marianela y BERMÚDEZ-PEÑA, Carla Patricia. Apicultura de precisión y sus áreas de oportunidad en el entorno apícola mexicano. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2017. 4-11: 1-7

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: bryanrkt@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La apicultura, se define como el Conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la cría de las abejas (RAE, 2016), específicamente a las pertenecientes al género *Apis*, como la especie *Apis mellifera* conocida como la abeja domestica europea.

Es una actividad muy antigua que se ha desarrollado en diferentes partes del mundo, fruto de la relación entre el hombre y la naturaleza.

La referencia más remota se encuentra en las pinturas rupestres de las cuevas de la Araña en Valencia España que datan aproximadamente del año 7 a.C. (Correa Benítez, 2004). En la actualidad cerca del 79% del suministro humano de comida depende de la polinización, específicamente la *Apis mellifera* el animal polinizador cosmopolita más distribuido alrededor del mundo (Nielson, Cox, & Nielson, 2013)(Fitzgerald, Edwards- Murphy, Wright, Whelan, & Popovici, 2015).

La agricultura de precisión (PA por sus siglas en inglés Precision Agriculture) permite al productor tener acceso a los parámetros relacionados con sus cultivos a través de la recolección de datos empleando sistemas digitales, confiriéndole la facultad de modificarlos manual, periódica o automáticamente buscando como resultado mejores rendimientos en las cosechas y un manejo óptimo de recursos (Mat, Kassim, & Harun, 2015).

Sus métodos han sido adaptados a distintas aplicaciones, todas derivadas de la PA como lo es el cultivo agrícola, la ganadería, la viticultura, la horticultura, la silvicultura y la apicultura de precisión (PB del termino en inglés Precision beekeeping).

La PB es una sub-rama de la agricultura de precisión, definida como una estrategia de gestión basada en el monitoreo individual de colmenas para disminuir el consumo de recursos y para maximizar la productividad de las abejas.

El proceso al igual que la agricultura de precisión cuenta con tres fases: recolección de datos, análisis de datos y aplicación (Zacepins, Brusbardis, Meitalovs, & Stalidzans, 2015).

Metodología

El presente artículo pretende ilustrar las áreas de oportunidad para la adopción de tecnologías en el entorno apícola mexicano, siendo un sector que se encuentra tambaleante ya que se conoce que se abandona la práctica debido al bajo ingreso que ésta genera.

Es probable que el desarrollo y adopción de tecnologías apropiadas permitan al apicultor resolver los retos a los que se enfrenta haciendo la actividad más fácil y productiva, lo que le daría márgenes de ganancia adecuados.

Es por esto que se hace una revisión de tecnologías que en su conjunto permitan el desarrollo y propuesta de paquetes tecnológicos que con su adopción simplifiquen las prácticas apícolas y resuelvan problemáticas puntuales.

Análisis del sector apícola en México

En México la apicultura se ubica entre los tres primeros lugares en el sector pecuario como generadora de divisas, en 2012 alrededor de 41 000 familias contaban con 1 898 239 colmenas, de las que se obtuvieron 58,602 toneladas de miel con un valor en el mercado de 2 002 802 000.00 pesos; a ello hay que sumarle el valor de los cultivos cosechados gracias a la polinización de las abejas y sus servicios ecológicos. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2016).

Desde finales de la década de los ochenta la apicultura en México se ha visto afectada ante la pérdida de competitividad debido a sus elevados costos de producción, dificultad de acceso al crédito y rezago de innovaciones tecnológicas, así como el cambio climático global (Le Conte, 2008), enfermedades como la loque, enfermedad que ataca las larvas y pupas de las abejas ocasionada por *Melissococcus pluton*, la intrusión de factores biológicos como la abeja africanizada, el acaro Varroa destructor y el pequeño escarabajo de la colmena (PEC) (Rosenkranz, 2010); todo esto ha impactado en el rendimiento por colmena y ha ocasionado inestabilidad del sector apícola tras obligar a muchos apicultores a abandonar la actividad (Contreras Escareño, 2013); (Pinto & Puker, 2012).

Efectos del aumento en la dificultad de las labores apícolas en México

Se ha observado que la aparición de factores biológicos que afectan a las abejas, el rezago tecnológico de la apicultura en México, procesos que distan de cumplir con las normas de calidad HACCP, la dificultad de acceso a zonas rurales, la falta de capacitación y organización de los apicultores, el intermediarismo y competencia en el mercado internacional han orillado a muchos apicultores a abandonar la actividad al dejar de ser competitivos.

Al comparar la información del VII Censo Agrícola Ganadero de 1991 contra la del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, se encuentra que a nivel nacional existe una disminución en el número de productores del 62.2% (72 821 productores), al pasar de 106 802 productores a 33 981 productores entre los dos eventos censales (INEGI, 2012).

La principal causa de esto es la incapacidad del apicultor de adaptarse y sobrellevar los retos que el entorno apícola presenta.

La producción de miel se vio mermada a partir de la intrusión de la abeja africana al país a finales de la década de los ochenta ya que por adaptación las abejas africanizadas son más propensas a multiplicar su población que a almacenar cantidades considerables de miel. Lo anterior aunado a la llegada del ácaro Varroa a inicios de los noventa y del PEC en 2007 (Saldaña Loza, 2014), impulsó a los apicultores a implementar cambios en los manejos apícolas, lo que ha encarecido considerablemente su actividad, reducido su rendimiento y por ende sus ganancias y rentabilidad. Algunas de las medidas adoptadas por los apicultores se mencionan en la tabla I.

1.	Reubicación de apiarios: tuvieron que ser alejados de zonas habitadas y de áreas de pastoreo, esto para evitar ataques por parte de las abejas.
2.	Necesidad de equipo de protección: El manejo de la abeja africanizada al ser más defensiva que su pariente europea precisa del uso de equipo de protección (overol, velo, guantes, botas).
3.	Cambio periódico de reinas: Fue necesario sustituir las reinas africanizadas por reinas mansas, "poco enjambradoras" y "mieleras".
4.	Suministro de alimentación artificial: Para aumentar la resistencia del enjambre a parásitos, condiciones climáticas adversas y enfermedades en épocas de poca floración.
5.	Cosecha de miel segmentada: Los apicultores se dieron cuenta que debían realizar varias cosechas a lo largo de la temporada para evitar que las abejas africanizadas la invirtieran en cría.
6.	Aplicación de pesticidas para el control de patógenos: La aparición del acaro Varroa precisó de la aplicación de pesticidas para su control.
7.	Supervisión constante a las colmenas: desde entonces fue necesario revisar con mayor frecuencia las colmenas para verificar que en caso de ser víctimas de alguna invasión o enfermedad poder responder a tiempo y contrarrestar los efectos de estas.
8.	Necesidad de mover colmenas entre floraciones: ya sea por escasez o irregularidad en las manchas florales o por proporcionar servicios de polinización a cultivos agrícolas cada vez es más frecuente cambiar la ubicación de las colmenas.

Tabla 1 Adaptaciones y nuevos manejos apícolas

Fuente: Elaboración propia, (Guzmán Novoa, 2011) (Sagarpa, 2014).

Apicultura de precisión una posible solución

Actualmente se plantea la Apicultura de Precisión como una solución en México a las áreas de oportunidad enumeradas en la Tabla 1, pues permite realizar un monitoreo no presencial de las colmenas en los apiarios con una reducción considerable del tiempo invertido a estas labores, las cuales suelen ser periódicas variando de una hasta cuatro veces por mes dependiendo de las costumbres y métodos de cada apicultor.

Dicha frecuencia y cobertura en las revisiones es un factor que puede marcar la diferencia entre mantener una colmena saludable y la pérdida de la misma con todos sus habitantes.

La revisión de una colmena requiere de un mínimo de dos personas equipadas y capacitadas para la labor, toma en promedio unos cinco minutos una revisión de rutina para advertir anomalías dentro de la colmena (Sagarpa, 2014), sin embargo la actividad se complica conforme aumenta el número de colmenas y apiarios así como la distancia entre ellos, ya que depende de los recursos con los que el apicultor pueda contar para el transporte de equipo y personal entre colmenares, repercutiendo en la atención y cuidados que reciben en un determinado periodo de tiempo.

A través del monitoreo por PB de parámetros como la temperatura, la frecuencia sónica, el peso y la revisión de imágenes video grabadas a la entrada de la colmena, se pueden detectar en tiempo real situaciones importantes como la muerte masiva de abejas, la crianza intensiva, el estado de la colmena, estados sin cría, estados sin reina, estados pre-enjambración, hambruna, enfermedad y las actividades de vuelo anormales (Zacepins et al., 2015).

Esta información concentrada, organizada e interpretada correctamente permite al apicultor realizar medidas oportunas para corregir cualquier anomalía de manera puntual y precisa conduciendo a un manejo más eficiente del tiempo y los recursos.

Estado de la colonia	Indicador	Métodos para su detección
Ausencia de reinas	Cambio en el comportamiento y sonidos habituales de la colmena.	Sistema de medición continuo de sonido SMCS, video
Ausencia de cría	Cambio de temperatura en cámaras de crianza	Sensores de temperatura, SMCS, video
Defensa contra intrusos (avispas)	Sonidos y comportamiento	Video, SMCS.
Preenjambración, enjambración y post-enjambración	Cambios de temperatura, variaciones del peso de la colmena, patrones de comportamiento.	Sensores de temperatura, SMCS video, medición del peso de la colmena.
Hambruna	Variación en la temperatura, cambios de comportamiento.	Video, SMCS, sensores de temperatura distribuidos en la colmena.
Recolección de néctar	Rangos de temperatura adecuados, aumento de peso de la colmena, patrones de sonido.	Medición del peso y temperatura, video y SMCS
Enfermedad	Variaciones de temperatura en la colmena, comportamiento anormal.	Video, sensores de temperatura.
Muerte	Sonidos y variación de la temperatura en la colmena.	Sensores de temperatura, SMCS.
Recolección de polen	Patrones de comportamiento	Video, conteo de la salida y llegada de habitantes a la colmena

Tabla 2 Condiciones de la colmena, indicadores y tecnologías propuestas para su detección

Fuente: elaboración propia, (Zacepins et al., 2015)

Los datos recopilados como se muestra en la Tabla II, pueden dar información sobre el estado de la colmena una vez que se han determinado patrones normales de comportamiento de las abejas y cómo las condiciones climáticas o intrusión de agentes altera estos patrones (Perez et al. 2014).

Esto permite sincronizar actividades para reducir al mínimo los disturbios y daños dentro de la colmena.

Por ejemplo al comparar la temperatura interior de la colmena con la temperatura del ambiente se puede conocer si ha sido abandonada o si sus habitantes han muerto; la frecuencia sónica registrada dentro de la colmena puede advertir la formación de un enjambre y la medición del peso indicar el mejor momento para cosechar (Fitzgerald et al., 2015). Como se hace en algunos lugares del mundo como Alemania, Inglaterra, Dinamarca (Zacepins et al. 2015) y Chile (Negrete, 2017) y siguiendo la tendencia global del Internet de las Cosas (IoT), estos sensores pueden estar conectados a la web y mandar señales cuando las mediciones estén fuera de los parámetros establecidos.

La conexión a internet de dispositivos móviles permite la recepción de alarmas, mensajes SMS o correos electrónicos que insten a los apicultores acudir al lugar en donde tienen establecidas sus colmenas hacer una inspección y tomar acciones preventivas o de corrección inmediatamente.

Por otro lado en la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) se ha probado con éxito tecnología con el fin de facilitar el movimiento de las colmenas entre floraciones, como se comenta en la Tabla 1 esta actividad es debida a la escasez o irregularidad en las manchas florales o con el fin de proporcionar servicios de polinización a cultivos agrícolas. Se propone el diseño de colmenas más ligeras y fáciles de transportar y limpiar.

La UAQ haciendo uso de la Realidad Aumentada ha comenzado a generar una base de datos, que se pretende sea alimentada por los mismo apicultores, ésta permitirá dar información de interés como el tipo de miel y el rendimiento promedio de producción a partir de las flores encontradas.

Por otro lado permitirá que cada apicultor informe a redes de colaboración de apicultores en que parte se localizan éstas.

Retos para el desarrollo de Apicultura de Precisión en México

La primera etapa del desarrollo de la PB: la implementación de sensores y toma de datos, debería ser la más sencilla del proceso de adopción tecnológica, sin embargo los sensores y otros elementos se perciben aun caros por el sector de la población dedicado a esta actividad y un tanto desconocidos para muchos de los apicultores (Saldaña Loza, 2014).

Después de los primeros acercamientos con productores en la región bajío es posible darse cuenta que para muchos la apicultura es una actividad rural tradicional, por lo que la aceptación y operación de la tecnología puede representar un problema.

Aún así se ha observado que la mayoría cuanta con teléfonos móviles o bien algún familiar cercano a ellos e involucrado en la actividad apícola.

Es importante recordar que para la implementación de tecnología y análisis de datos indiscutiblemente es necesaria la intervención de centros de capacitación e investigación para el desarrollo de capital humano que desde distintas áreas se especialice en el sector apícola de Mexico y resuelva sus necesidades adecuadamente.

Por otro lado se considera importante incorporar métodos de seguimiento y trazabilidad a los productos obtenidos de la colmena: miel, propóleo, jalea real y productos derivados desde su origen hasta su destino (Negrete, 2015), con el fin de asegurar la calidad y garantizar la cadena de valor.

Conclusiones

Se ha podido constatar que la apicultura mexicana se ha desarrollado por medio de pequeños y medianos productores, con relevante participación en el mercado internacional, en estados como Jalisco más del 75 % de los apicultores son campesinos de bajos recursos cuyo promedio de edad en México es de 57 años (Saldaña Loza, 2014) que complementan sus ingresos con la apicultura y por lo general tienen menos de 100 colmenas, los cuales tienen en promedio 16.46 años de experiencia en el área (Contreras Escareño, 2013), mayormente compuesta por conocimiento empírico poco tecnificado.

El desarrollo e implementación de esta tecnología al entorno apícola mexicano requerirá de soluciones diseñadas como paquetes tecnológicos para que se adapten al perfil sociocultural y económico del apicultor Mexicano, también requerirá de una cadena de distribución y suministro que haga llegar esta tecnología a los usuarios con un servicio de posventa que facilite la capacitación, reparación y mantenimiento del sistema de la misma manera en que se han implementado este tipo de tecnologías disruptivas en naciones emergentes como la India (Govindarajan & Trimble, 2013).

Referencias

- Contreras Escareño, F. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 4(3). Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300009
- Fitzgerald, D. W., Edwards-Murphy, F., Wright, W. M. D., Whelan, P. M., & Popovici, E. M. (2015). Design and development of a smart weighing scale for beehive monitoring. 2015 26th Irish Signals and Systems Conference, ISSC 2015, 2-7. <https://doi.org/10.1109/ISSC.2015.7163763>
- Guzmán Novoa, E. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 42(2). Recuperado el 02 de Noviembre de 2016, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005
- INEGI . (2012). La apicultura en la Península de Yucatán : Censo Agropecuario 2007. Censo, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/agropecuario/2007/agricola/peni_yuc_apicola/ApicYucatan.pdf
- Jo-chi, C., Ming-Gong, L., & Shih-Shih, C. (2015). A mobile application for an ecological campus navigation system using Augmented Reality. 8th International conference on Ubi-Media Computing (págs. 17-22). Sri Lanka: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Le Conte, Y. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Rev. sci. tech*, 27(2), 499-510. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de https://www.researchgate.net/profile/Yves_Le_Conte/publication/23285587_Climate_change_impact_on_honey_bee_populations_and_diseases/links/00b7d51640427989f3000000.pdf
- Mat, I., Kassim, M. R. M., & Harun, A. N. (2015). Precision agriculture applications using wireless moisture sensor network. 2015 IEEE 12th Malaysia International Conference on Communications, (1), 18-23. <https://doi.org/10.1109/MICC.2015.7725400>
- Medrzycki, P. (2010). Influencia de la temperatura de la cría en el desarrollo de la abeja de la miel y susceptibilidad a la intoxicación por los pesticidas. *Journal of apiculture research*, 52-59

Mullin, C., Fraizer, M., Frazier, J., Ashcraft, S., Simonds, R., Engelsdopr, D., & Pettis, J. (19 de marzo de 2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. (F. Marion-Poll, Ed.) *Journal Plos one*, 5(3). doi:<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0009754>

Negrete C. (2015), Precision Apiculture in Mexico, Current Status and Perspectives. *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology Website: www.ijrdet.com* (ISSN 2347-6435(Online) Volume 6, Issue 1, January 2017)

Nielson, K., Cox, J. T., & Nielson, K. (2013). Design and Optimization of a Thermal Capacitor Utah State University. Department of Mechanical and Aerospace Engineering 44pp.

Noori, A.-W., Khelod, S., Ahmed, A.-G., & Mohammad, J. A. (2012). Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards. (A. S. N. Ercal, Ed.) *ScientificWorldJournal*. doi: 10.1100/2012/930849

Oldroyd, B. P. (2007). What's Killing American Honey Bees? *PLoS Biol*, 5(6). doi:10.1371/journal.pbio.0050168

Perez et al. (2014). Caracterización acústica de la colmena para la detección temprana de contaminación por agroquímicos. Nota técnica CANGUE no. 35 recuperado 17 de febrero 2017. eemac.edu.uy/cangue35_perez

Pinto, F., & Puker, A. (2012). The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in southeastern Brazil apiaries: effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(5). doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352012000500017>

Raja, V., & Calvo, P. (28 de Noviembre de 2016). Augmented Reality: An Ecological Blend, *Cognitive Systems Research. Cognitive Systems Research*.

Rosenkranz, P. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96–119. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201109001906>

Sagarpa. (27 de Agosto de 2014). Manual basico de apicultura. Recuperado el 17 de Octubre de 2016, de [Sagarpa.gob.mx](http://www.sagarpa.gob.mx): <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/manualesapicolas.aspx>

Saldaña Loza, L. M. (2014). Manual: Nuevos manejos en la apicultura para el control del pequeño escarabajo de la colmena (Segunda ed.). México: Sagarpa, Servicios apicolas de Querétaro. Recuperado el 14 de Octubre de 2016, de <http://sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/final%20manual%2012da.pdf>

Zacepins, A., Brusbardis, V., Meitalovs, J., & Stalidzans, E. (2015). Challenges in the development of Precision Beekeeping. *Biosystems Engineering*, 130, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2014.12.001>