

## **Detección y seguimiento de objetos presentes en video 2D con MatLab**

**Melvin Ramírez Bogantes**

mra@una.ac.cr

Escuela de Matemática

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

**Carlos M. Travieso González**

ctravieso@dsc.ulpgc.es

Instituto Universitario para el Desarrollo

Tecnológico y la Innovación en

Comunicaciones, ULPGC

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

España

**Rafael Ángel Calderón**

rcalder@una.ac.cr

Centro Investigaciones Apícolas Tropicales

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

**Jorge Arroyo Hernández**

jarroy@una.ac.cr

Escuela de Matemática

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

**Oscar Salas Huertas**

osala@una.ac.cr

Escuela de Matemática

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

**Federico Mora Mora**

fmora@una.ac.cr

Escuela de Matemática

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

**Juan Pablo Prendas Rojas**

jprendas@una.ac.cr

Escuela de Matemática

Universidad Nacional (UNA). Costa Rica

*Fecha de recepción del artículo: 3 de marzo de 2011*

*Fecha de aprobación del artículo: 27 de agosto de 2011*

### **Resumen**

En el siguiente trabajo se presentan los principales resultados de investigación obtenidos en la fase de diseño de un algoritmo que permite la detección y el seguimiento de un objeto presente en una grabación de video. El algoritmo se diseñó e implementó en el ambiente de programación MatLab y los videos utilizados fueron facilitados por el Centro de Investigación Apícola Tropical (CINAT) y corresponden a la presencia del ácaro Varroa Destructor en las celdas de abejas melíferas africanizadas. El principal resultado que se tiene es la creación de un programa capaz de detectar y registrar el movimiento del ácaro, lo cual es algo innovador y útil para los estudios del comportamiento de esta especie en las celdas de las abejas melíferas que realiza el CINAT.

**Palabras claves:** Tratamiento de video, señales digitales, MatLab, abeja melífera africanizada.

## Detection and objects tracking present in 2D digital video with Matlab

### Abstract

This paper presents the main results of research obtained in the design of an algorithm to detect and track an object in a video recording. The algorithm was designed in MatLab software and the videos used, which presence of the mite *Varroa Destructor* in the cells of Africanized Honey Bees, were provided by the Centro de Investigación Apícola Tropical (CINAT-UNA). The main result is the creation of a program capable of detecting and recording the movement of the mite, this is something innovative and useful for studies of the behavior of this species in the cells of honey bees performing the CINAT.

**Keywords:** Processing digital video, digital signal, MatLab, *Apis Mellifera*.

En investigaciones realizadas por Bayona (2009), Mateu (2009), Realpe, Vintimilla, Romero y Remagnino (2009) se verifica que, con el paso de los años, las aplicaciones en el tratamiento de señales han evolucionado rápidamente, pasando de simples sistemas de detección, hasta complejos sistemas de identificación, seguimiento y registro. Bayona (2009) y Mateu (2009) también evidencian que el campo de acción de la visión artificial involucra distintas disciplinas científicas, tales como la medicina, los sistemas complejos utilizados en video-seguridad, en control y en optimización del tránsito en las ciudades. Por lo tanto, son variados los fenómenos estudiados mediante el tratamiento de imágenes o bien el análisis y tratamiento de videos.

Los procesos que se generan del tratamiento de video conllevan a la creación de los llamados sistemas inteligentes. Dichos sistemas proporcionan herramientas de análisis automáticos que facilitan el estudio de diversos fenómenos; su principal finalidad es la extracción automática de información del mundo físico a partir de imágenes y videos (Carmona, Martínez-Cantos y Mira, 2000).

Actualmente, se cuenta con una amplia gama de investigaciones sobre el tratamiento de señales (ya sean fotografía, video o sonido). Existen referencias sobre sistemas que permiten detectar objetos perdidos en aeropuertos o estaciones de tren, identificar personas mediante fotografías, diagnosticar padecimientos a partir de sonidos, contar los objetos que aparecen en un determinado video (por ejemplo, vehículos que utilizan una cierta red vial), entre otras.

El propósito principal del siguiente artículo es presentar algunos resultados obtenidos, en relación con la creación de un sistema inteligente para el tratamiento de video, que a futuro permitirá estudiar el comportamiento complejo del ácaro *Varroa Destructor* en celdas de abejas melíferas africanizadas, de forma automatizada.

## Problemática

Se considera como problema un fenómeno estudiado en el Centro de Investigación Apícola Tropical de la Universidad Nacional (CINAT-UNA), donde, mediante la observación de un video, se documenta el comportamiento del ácaro ectoparásito *V. Destructor*, presente dentro de las celdas de abejas obreras africanizadas. Precisamente la primera etapa consiste en implementar un algoritmo que detecte el ácaro presente en el video y le dé seguimiento.

Para Schmidt, Carrillo y Neira (2005) y Calderón, Zamora, Van Veen y Quesada (2007), el *Varroa Destructor* es considerado como una de las mayores amenazas en la apicultura, debido a que se encuentra distribuido mundialmente e infecta tanto a las abejas adultas como a sus crías y les causa la muerte.

Las abejas melíferas africanizadas (*apis mellifera*) son las más productivas del trópico americano, particularmente en Costa Rica, donde se consideran las pioneras en el desarrollo de la apicultura. Esta especie aporta la mayor producción de miel, polen, propóleos y otros productos de la colmena, los cuales, a su vez, inciden positivamente en la economía rural, la dieta y la salud de las personas en varios países de la región (Calderón et al., 2007).

La abeja africanizada forma parte de programas de polinización de cultivos que generan muchas divisas no tradicionales, además son vitales para la polinización y reproducción de los bosques y otras especies vegetales de nuestro entorno. Sin duda, este es el principal valor e impacto asociado a estos insectos (Calderón et al., 2007).

Calderón et al. (2007) enfatizan que en la actualidad, a nivel mundial, hay una gran preocupación por la pérdida masiva de las abejas, la cual obedece a varias hipótesis que aún se están tratando de demostrar y que tienen que ver con aspectos sanitarios (plagas y enfermedades), contaminación (plaguicidas) y ambientales (cambio climático y uso de la tierra), entre otras.

Esta alerta se da, principalmente, en Europa y Norteamérica, donde los impactos por la pérdida masiva de abejas son preocupantes. Sin embargo, para la región tropical no se han dado reportes determinantes en ese sentido (Calderón et al., 2007).

Por la importancia que tienen las abejas, es necesario conocer y precisar aspectos asociados a su biología y por esta razón el Centro de Investigación Apícola Tropical (CINAT) cuenta con un laboratorio especializado donde se investiga, entre otras cosas, el comportamiento del ácaro *Varroa Destructor*, centrandose principalmente la atención en su impacto sobre la pupa (estado por el que pasan algunos insectos en el curso de la metamorfosis) de la abeja.

Recientemente, en conjunto con otros investigadores, en la Escuela de Matemáticas de la Universidad Nacional, se presentó un proyecto que busca crear un software, el cual permita registrar y describir los distintos comportamientos del ácaro *V. Destructor* en la celda de las abejas. La intención es que, a partir de la información que se obtiene en un video, el software pueda cuantificar, en forma automática, la información presente en este.

Cabe mencionar que para el CINAT, la creación de un sistema automático, basado en la inteligencia artificial, sería una herramienta fundamental para optimizar el tiempo y los recursos empleados para obtener los registros del comportamiento del ácaro en mención. De esta manera, sería más ágil formular criterios adecuados para interpretar la información y desarrollar nuevas formas de combatir el parásito *V. Destructor*.

Teniendo en cuenta lo expuesto, se considera que la aplicación de estos sistemas innovadores ayudará a determinar aspectos no conocidos de la biología reproductiva de la principal plaga de las abejas africanizadas y europeas, contribuyendo, así, a mejorar y recuperar la calidad de la producción de este importante insecto.

## **Tratamiento del problema**

### ***Problema***

Para el estudio de la interacción entre el ácaro y la pupa, el ácaro es insertado intencionalmente en la celda de abejas obrera; una vez en la celda, el ácaro es monitoreado y grabado con el uso de una cámara de vídeo, se registran, así, las interacciones entre la pupa de la abeja obrera y el ácaro. Posterior a la grabación, un especialista en el estudio del ácaro dedica una gran cantidad de horas analizando los registros, con ello se obtiene una importante variedad de información que será utilizada para definir nuevos métodos de control. Por lo anterior, se considera como principal problema:

¿Cómo construir un sistema automático que permita detectar y dar seguimiento al ácaro *Varroa Destructor* en celdas de abejas obreras melíferas africanizadas, a través del análisis de una secuencia de videos registrada durante un periodo de tiempo determinado?

Con la solución de este problema se genera un avance significativo en la construcción de un sistema inteligente capaz de analizar el comportamiento del ácaro, en tiempo real, sin la necesidad de que un especialista dedique una gran cantidad de tiempo en el estudio de videos.

Para desarrollar el algoritmo se utilizó la versión 7.0 del software MatLab y secuencias de video realizadas, por el CINAT, del ácaro *V. Destructor*. Estas fueron previamente convertidas a formato AVI para realizar las pruebas correspondientes.

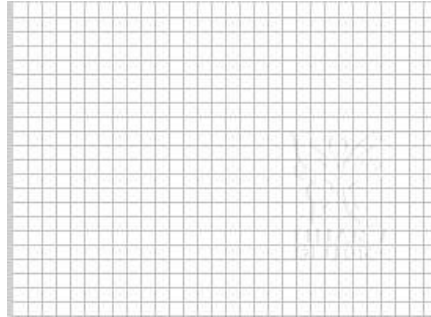
### ***Procesamiento digital del vídeo***

El primer paso en la comprensión del procesamiento digital de videos es, sin duda, lograr entender cómo interpreta la computadora una imagen. Este hecho es importante, pues además de proporcionar una base conceptual sobre las imágenes digitales, pone de manifiesto una característica esencial del trabajo con la computadora: los procesos discretos.

Una imagen digital es una imagen que puede ser discretizada en sus coordenadas espaciales y brillo. Por lo tanto, corresponde a una matriz cuyas entradas identifican la intensidad de color correspondiente a un punto en la imagen (o píxel) (Rodríguez, 2003).

De una forma muy simplificada, puede pensarse una imagen como una matriz (ver figura 1) cuyas dimensiones dependen del tamaño de la misma imagen, en la cual las entradas son ponderaciones que asignan la intensidad del color en cada punto.

De la interpretación de las dimensiones de una imagen como dimensiones de una matriz de puntos, es importante identificar el espacio de color de la imagen; es decir, la forma cómo se asigna el color a cada punto (o píxel) respectivo de la matriz.



*Figura 1.* Forma simplificada de una imagen como matriz. Cada entrada de la matriz corresponde a la información de un píxel de la imagen.

Gil, Torres y Ortiz (2004) señalan el espacio de color RGB como el más utilizado por las cámaras de video y fotográficas, y enfatizan en la conveniencia de conocer el espacio de color de las imágenes por procesar, ya que de esto dependerá el no perder propiedades de color en el tratamiento.

El espacio de color RGB asigna el color a cada punto de la figura 1, como una mezcla de intensidad de tres colores primarios (rojo [R], verde [G] y azul [B]). La intensidad del color en cada píxel varía entre 0 y 255, de modo que el blanco, por ejemplo, tiene asignado  $R= 255$ ,  $G= 255$  y  $B= 255$ ; mientras que el negro es  $R= 0$ ,  $G= 0$  y  $B= 0$ .

La imagen es considerada un hipermatriz (ver figura 2) donde los píxeles están ordenados rectangularmente y, además, cada uno tiene asignada una tripleta RGB que determina el color asignado a partir de la intensidad de los primarios.

La ponderación utilizada por el espacio de color RGB puede interpretarse como tres máscaras superpuestas de dimensiones iguales a la matriz correspondiente a la imagen. En ellas se determina la intensidad de colores rojo, verde y azul como se observa en la figura 2.

Utilizando esta representación de las imágenes como hipermatriz, se debe entender el procesado de imagen como el tratamiento computacional que permite resaltar alguna característica que interese, seleccionar regiones específicas, eliminar ruido, detectar un objeto o cualquier proceso que involucre la manipulación de los componentes de la imagen.

Cuando el procesado se refiere a video, el asunto se torna más interesante, aunque con matices similares a las evidenciadas en las figuras 1 y 2.

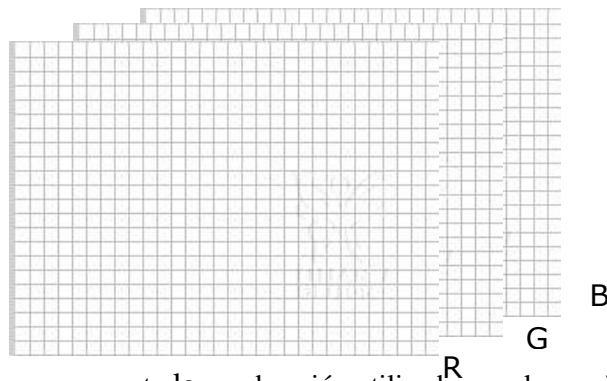


Figura 2. Hipermatriz que representa la ponderación utilizada por el espacio de colores RGB

Para estudiar el movimiento en un video, a través de las imágenes de los fotogramas es imprescindible introducir la variable tiempo. En este caso, la secuencia de imágenes vendrá representada por la función  $f(x,y,t)$  donde  $x$  e  $y$  son las coordenadas espaciales de la escena en un determinado instante de tiempo  $t$ . Por lo tanto, el valor que toma la función  $f(x,y,t)$  representa la intensidad del píxel en posición  $(x,y)$  en el tiempo  $t$  (Rodríguez, 2003).

Con esta definición se podría decir que un video está compuesto de imágenes (también llamados en la bibliografía cuadros o *frames*) con un orden de presentación determinado por la posición en un vector. Es decir, el primer *frame* es una hipermatriz con todas las características descritas antes, le sigue otra hipermatriz con iguales dimensiones en las que los valores de algunos píxeles han cambiado (podría suceder que la mayoría o la totalidad de los píxeles se mantengan invariantes; esto sucedería si en la imagen no hay movimiento o si la velocidad de reproducción es alta) y así sucesivamente. La figura 3 muestra lo que se consideraría como una secuencia de hipermatrices o lo que se le llama un vector de hipermatrices, que en conjunto forma lo que se conoce y ve como un video.

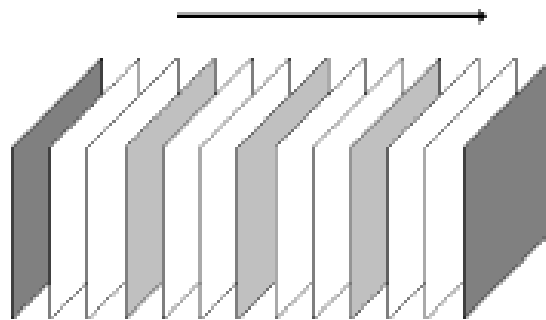


Figura 3. Vector de hipermatrices. El parámetro  $t$  determina la componente asignada al frame en esa posición en un vector de hipermatrices.

### Análisis y resultados

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos y los principales hallazgos detectados en la investigación.

### Descripción del escenario inicial

En la figura 4 se presenta una imagen tomada del vídeo y en esta se denota el escenario donde se da la iteración de la pupa de la abeja obrera, y el ectoparásito ácaro Varroa Destructor. Esta imagen (o como se le suele llamar en la bibliografía “frames”) es considerada como una súper hipermatriz  $I=(704,480,3)$ ; así cada secuencia de video estará conformada por miles de matrices de igual dimensiones (o miles de frames). Para obtener  $I$  se utilizó el comando *imread* de MatLab.

Como se denota en la figura 4, para la detección y seguimiento del ácaro hay zonas del video que no son útiles, por lo tanto, se consideró lo que se denominó como *zona de interés*, la cual se obtiene haciendo un recorte adecuado, utilizando el software MatLab, de la matriz de datos. En esta misma figura se denotan los diferentes actores en la escena: ácaro V. Destructor, pupa de la abeja obrera, la celda y el tapón de la celda.



Figura 4. Descripción del escenario: ácaro Varroa Destructor, abeja obrero africanizada, celda

La figura 5 muestra el recorte realizado para obtener la zona de interés. Evidentemente la selección de la zona de interés se realiza tomando una porción de la estructura de datos de la hipermatriz.



Figura 5. Zona de interés que muestra la interacción entre ácaro Varroa Destructor y la pupa de abeja obrero africanizada, en un ambiente controlado



### Aplicaciones de técnicas de detección

Una vez seleccionada la zona de interés, se inicia con el proceso de detección del ácaro, para lo cual se utilizan algunas técnicas de detección en primer plano o de *foreground*, tal y como se conocen en la bibliografía.

Si se toman dos *frames* consecutivos y se hace la diferencia, entonces hay dos posibilidades: que la diferencia sea cero (en el entendido que cero representa la matriz nula), en cuyo caso se estaría diciendo que ambas imágenes representan lo mismo y, en esta posibilidad se dice que en los momentos registrados no hubo movimiento significativo; u ocurre la segunda posibilidad, en donde la diferencia no es nula y claramente esto representa que hubo movimiento significativo en los momentos de registración.

Aunque la idea de registrar movimiento de esta forma es sumamente sencilla y lógica, se presentan problemas cuando el ácaro no registra movimiento, pues en tales casos, el sistema anula la información y no detecta el ácaro, lo cual representa un problema interesante de abordar. Al respecto, se procedió a corregir el obstáculo definiendo lo que se denomina en el algoritmo: la matriz histórica, la cual puede obtenerse de la siguiente forma:

$$I_i = \mu_1 I_{i-1} + \mu_2 I_{i-2} + \mu_3 I_{i-3}$$

para  $i \geq 4$ ; donde  $\mu_i$  representan los pesos asignados a cada *frames*, tomando valores entre 0 y 1, además estos pesos deben estar normalizados. Como se puede observar, el *frame*  $I_i$  (o hipermatriz) se calcula considerando los 3 *frames* anteriores y, por ello, su nombre de “matriz histórica”.

En la figura 6, se presentan algunos resultados obtenidos de imágenes, las cuales están representadas en su forma canónica.



Figura 6. Eliminación de ruido estático

Tal y como se puede apreciar en la figura 6, la principal ventaja del algoritmo radica en lograr eliminar todo el ruido estático del video, como se aprecia de la I fase hasta la III fase, donde se logra eliminar el ruido estático presente en el *frame* localizado en la segunda fila; sin embargo, en estas tomas no se cuenta con presencia del ácaro. Para observar los resultados que se obtienen en presencia de ácaro, véase la figura 7.



Como se puede apreciar en la figura 7, en este *frame* se tiene claramente identificado el ácaro; sin embargo, el ácaro en esta parte está en una posición fija, y como el algoritmo realiza un historial de los *frames* anteriores, en un momento dado no se detecta más el ácaro, aun cuando no haya cambiado su posición. Es notorio como se desvanece el ácaro en la imagen, véase la IV Fase y la VII Fase en la segunda fila.

Este fenómeno representa un problema interesante desde el punto de vista de la programación, pues para estudiar el comportamiento del ácaro en sus diferentes estadios: alimentación, reproducción, defecación y descanso; este frecuentemente mantiene una misma posición en diferentes periodos de tiempo (esto es, permanece en un mismo punto).

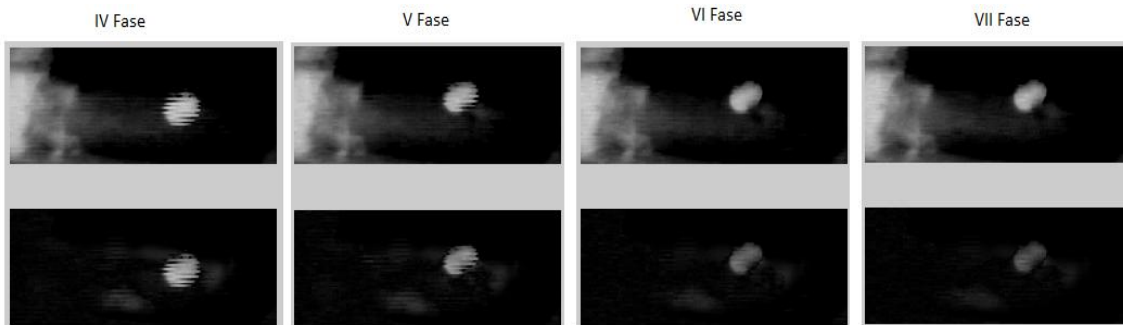


Figura 7. Eliminación de ruido estático

Una de las técnicas utilizadas para tratar de resolver el problema fue la aplicación de un umbral adecuado, el cual permitió eliminar gran parte del ruido; No obstante, el valor del umbral hace que se pierda información (área) del ácaro. En la figura 8, se representan los resultados obtenidos. Se denota, en los *frames* presentados, que la localización es la adecuada, aunque en esta parte se tiene otra vez el mismo inconveniente cuando el ácaro esta en un solo punto.

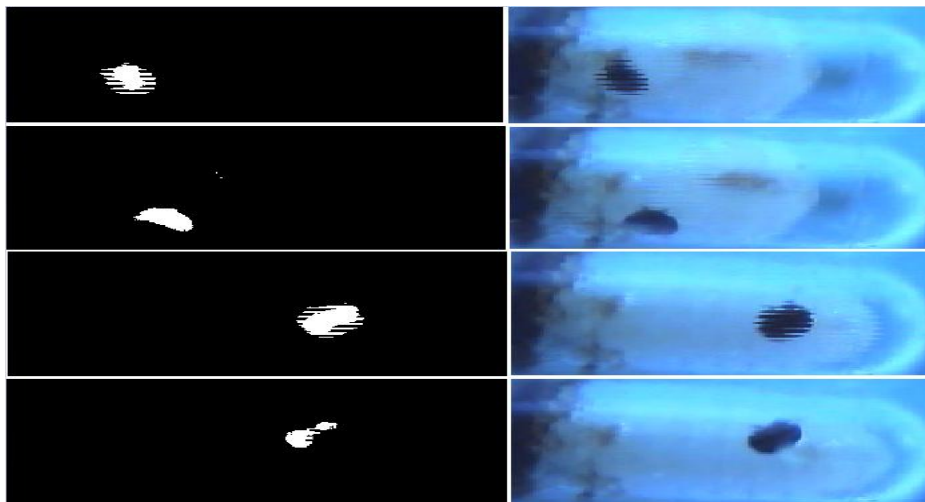


Figura 8. Sustracción de fondos con aplicación de umbral

Para evitar la anulación del área de interés (el ácaro), se agrega al proceso la inversión de la matriz y, de esta forma, se pudo evidenciar el ácaro en negro y el fondo

blanco tal y como se muestra en la figura 9. Con esto se ha logrado evitar la anulación del área de interés en aquellos momentos donde hay ausencia de movimiento, logrando así la detección exitosa y, por ende, el seguimiento del ácaro durante toda la duración del vídeo.



Figura 9. Sustracción de fondos con aplicación de umbral

La última fase de programación del algoritmo consistió en crear un pequeño *fragment de código*, que permite calcular el centro de masa de la región detectada (del ácaro), con el objetivo de poder colocar en el video original un punto sobre el ácaro y mediante este punto registrar la posición  $xy$  del parásito durante todo su recorrido en la pupa de la abeja. En desarrollos futuros del algoritmo, este detalle permitirá registrar, por ejemplo: trayectoria, desplazamiento y medir velocidades del objeto en movimiento.

La figura 10 representa la localización del centro de masa localizado sobre la región de interés, el cual es coloreado en rojo para facilitar las tareas de investigación.



Figura 10. Centro de masa del ácaro Varroa Destructor

Para efectos del estudio del comportamiento del ácaro, la creación de un algoritmo fiable que permita registrar estas variaciones en cuanto a la posición son de gran utilidad, pues constituye las bases para poder detectar, por ejemplo, zonas de mayor estancia del ácaro (velocidades reportadas son nulas), así esta región podría ser identificada como la zona de defecación, alimentación, reposo o reproductiva del parásito.

## Conclusión

Se logra la implementación de un algoritmo capaz de detectar y dar seguimiento al ectoparásito (insertado voluntariamente para fines científicos en la pupa de la abeja) presente en un video 2D registrado por los especialistas del CINAT. Esto es un avance significativo para las investigaciones futuras en las cuales se pretende implementar un sistema inteligente que permita estudiar, de forma automatizada, los distintos comportamientos del ácaro *V. Destructor* (alimentación, defecación, reproducción y descanso).

La implementación de un sistema automático de esta naturaleza es una herramienta fundamental para optimizar el tiempo y los recursos empleados para obtener en una forma eficiente y ágil el comportamiento del ácaro. De esta manera, los investigadores del CINAT podrán formular criterios adecuados, con base en la información generada por el algoritmo, para desarrollar nuevas formas de combatir el ectoparásito.

Este tipo de algoritmo es esencial en muchos contextos, tal y como ya se mencionó, por este motivo, los resultados obtenidos en esta investigación preliminar, sientan un importante precedente para el crecimiento del volumen de investigaciones en matemática aplicada, dentro de la Escuela de Matemática de la Universidad Nacional.

## Referencias

- Bayona, A. (2009). Detección de objetos abandonados/robados en secuencias de video-seguridad. (Proyecto de fin de carrera, Universidad Autónoma de Madrid, España). Recuperado de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20090921AlvaroBayona.pdf>
- Calderón, R., Zamora, L., Van Veen, J. y Quesada, M. (2007). A comparison of the reproductive ability of *Varroa destructor* (Mesostimata:Varoiaae) in worker and drone brood of Africanized bees (*Apis mellifera*).[*Una comparación de la habilidad reproductiva de Varroa destructor*]. *Exp Appl Acarol*, 43, 25-32.
- Carmona, E., Martínez-Cantos, J. y Mira, J. (2000). Pos procesamiento morfológico adaptativo basado en algoritmos genéticos y orientado a la detección robusta de humanos. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1326440>

- Gil, P., Torres, F. y Ortíz, F. (2004). Detección de objetos por segmentación multinivel combinada de espacios de color. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/2179>
- Mateu, O. (2009). Análisis y detección de objetos de primer plano en secuencias de video (Proyecto Final de Carrera, Universitat Politècnica de Catalunya). Recuperado de [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7308/1/Projecte\\_finalv3.2.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7308/1/Projecte_finalv3.2.pdf)
- Rodríguez, P. (2003). Aplicación del filtro de Kalman al seguimiento de objetos en secuencias de video (Proyecto de fin de carrera, Universidad Rey Juan Carlos, España). Recuperado de <http://www.etsii.urjc.es/~asanz/documentos/MemoriaKalmanJun03.pdf>
- Realpe, M., Vintimilla, B., Romero, D. y Remagnino, P. (2009). Análisis de comportamiento humano: Metodología para localización y seguimiento de personas en secuencias de video. *Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática*. Recuperado de <http://www.iiis.org/CDs2008/CD2009CSC/CISCI2009/PapersPdf/C629DZ.pdf>
- Schmidt, V., Carrillo, M. y Neira, M. (2005). Comparación de dos formas de aplicación del acaricida orgánico Bienenwohl en el control de *Varroa destructor*. *Anderson y Trueman. Agro Sur*, 33 (2), 43-48.



Detección y seguimiento de objetos presentes en video 2D con MatLab (Melvin Ramírez Bogantes y otros) por [Revista Uniciencia](#) se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported](#).