

# La aplicabilidad del cómputo ubicuo para el monitoreo de animales de caza

## ***Adrian Castañeda Morfin***

Facultad de Telemática, Universidad de Colima,  
Av. Universidad N° 333, CP 28040, Colima, México  
*acmorfin1@gmail.com*

## ***María Andrade-Aréchiga***

Facultad de Telemática, Universidad de Colima,  
Av. Universidad N° 333, CP 28040, Colima, México  
*mandrad@ucol.mx*

## ***Pedro Damián-Reyes***

Facultad de Telemática, Universidad de Colima,  
Av. Universidad N° 333, CP 28040, Colima, México  
*damian@ucol.mx*

## **Resumen**

En este documento se exponen varios trabajos de interacción animal computadora (ACI), dado que recientes investigaciones reportan el uso de la tecnología en aplicaciones para una mejor interacción del hombre con los animales. No obstante, en la práctica de la cacería con perros, hay ocasiones que se desconoce su ubicación y trayectoria así como su estado físico, además los perros se desplazan largas distancias, lo que imposibilita poderle transmitir una orden. Por consiguiente, en este trabajo se muestra el desarrollo, implementación y pruebas que se realizaron a una herramienta de software con tecnología móvil para la interacción con perros de caza. La aplicación está enfocada principalmente en conocer la localización y el estado físico del perro durante una actividad de caza, así como transmitir sonidos y vibraciones al dispositivo

del perro para darle alguna instrucción, con el propósito de tener una mejor relación y control sobre estos animales. El software desarrollado en esta investigación tiene como ventaja el que la comunicación de datos se hace a través de telefonía celular, resolviendo el problema que tienen los dispositivos comerciales que utilizan señal de frecuencia muy alta (VHF), y el costo de implementación está por debajo de los dispositivos comerciales.

**Palabra(s) Clave(s):** caza, interacción animal-computadora, perro, telefonía celular.

## **1. Introducción**

Actualmente es común el uso de las tecnologías de información en muchas de las actividades del ser humano. Su utilización le permite interactuar de manera transparente con dispositivos que perciben lo que rodea al usuario para proporcionarle información o servicios en el lugar y en el momento en que los necesita [1].

Hoy en día se pueden ver perros de trabajo en diferentes actividades en apoyo al hombre, por ejemplo: la cacería, búsqueda y rescate, seguridad, etc. y la tecnología ha abierto un área de oportunidad ofreciendo a los animales dispositivos electrónicos y aplicaciones para que interactúen de mejor manera con sus dueños y darles una mejor calidad de vida proporcionándole los estímulos que necesita [2].

Sin embargo, aún con esa tecnología, en las actividades de caza se presentan situaciones particulares que es necesario atender, por ejemplo: al practicar la cacería con perros, con frecuencia éstos se separan largas distancias de sus dueños perdiéndose de vista y generalmente en terrenos irregulares, lo que origina el desconocimiento de su ubicación, trayectoria y estado físico. Por lo anterior, en el presente trabajo se describe el desarrollo e implementación de una herramienta de software para el apoyo a las actividades de caza, utilizando tecnología móvil.

## **2. Antecedentes**

La tecnología de la comunicación que ha conectado a las personas ha sido una parte integral de nuestra vida cotidiana y recientemente se ha ampliado para ofrecer aplicaciones para los dueños de perros. La tecnología de comunicación móvil se ha utilizado por un par de décadas para la comunicación entre personas y recientemente para monitorizar eventos remotos, salud y diferentes actividades. Actualmente, la tendencia es hacia la investigación del uso de la tecnología para la interacción entre personas y perros [2]. El número de investigadores interesados en la ACI gradualmente ha aumentado, sin embargo, sigue siendo poco con relación a la comunidad de Interacción Humano Computadora (HCI), y por sus contribuciones, la ACI como disciplina es relevante y pertenece a la comunidad de HCI [3].

Uno de los pioneros en interfaz humano-animal fue Resner (2001), quien diseñó un sistema remoto de interacción humano-perro llamándolo Rover@Home. El objetivo fue construir un dispositivo que permitiera a los animales y a sus propietarios tener una interacción mientras se encuentran separados geográficamente, de la misma manera que un teléfono permite a dos seres humanos distantes comunicarse, desarrollaron un dispositivo que realiza una función similar entre animales domésticos y seres humanos. Este sistema permite enseñar a sus perros nuevas tareas, usando internet, una computadora y técnicas de entrenamiento, aplicando principios de diseño de HCI. En su investigación, explica que hay una serie de razones de por qué los perros representan un nuevo e interesante reto de diseño. En primer lugar, que los perros son muy sociables y por lo tanto se benefician de una interacción bien diseñada con un compañero remoto humano. En segundo lugar, los humanos están familiarizados con los perros y esa interacción proporciona un valioso conjunto de conocimiento que sirve de guía para el desarrollo. Y tercero, menciona que el proceso de pensar a través de lo que es una interacción bien diseñada en el contexto de una computadora entre un perro y un ser humano aclara la comprensión para la creación de dispositivos para humanos

y animales por igual. Argumenta que los puntos clave de diseño centrado en el usuario son también muy útiles guiando el proceso de diseño de dispositivos para animales [4].

Años más tarde, Demi Mankoff (2005) desarrolló un sistema de vigilancia a distancia para la interacción humano-perro, ayudando a los perros a mantener un sentido de conexión con sus dueños mediante un juego de lanzarle pelotas de tenis al perro, mitigando el aislamiento social, ya que los humanos se encuentran muchas horas del día fuera de casa o trabajando. El sistema consiste en una Interfaz Usuario-Humano (HUI) y una Interfaz Usuario-Perro (DUI). Demostraron que los sonidos y videos son más efectivos para atraer el interés del perro. El sistema provee a los seres humanos herramientas para proporcionar a los animales una mejor calidad de vida [5].

Actualmente, en el Instituto de Georgia de Tecnología están trabajando en un proyecto llamado FIDO (Facilitating Interactions for Dogs with Occupations), el cual investiga aspectos fundamentales en la tecnología portátil para apoyar la comunicación entre perros de trabajo y sus dueños. Utiliza un chaleco para perros con diferentes sensores (morder, tirar y gestos de nariz) y muestra la creación de sensores portátiles que los perros pueden activar. El principal objetivo de este proyecto es investigar los aspectos fundamentales de tecnología portátil de apoyo en la comunicación de los perros de trabajo a sus dueños. Los perros proporcionan información a través de los sensores integrados en el chaleco del perro, creando interfaces de usuario para perro, los cuales fueron probados con tres diferentes perros de asistencia entrenados para evaluar la facilidad de la interacción. A partir de un estudio piloto, determinaron qué tipo de sensores para perro puede ser más apto para favorecer la interacción. Con la colocación de múltiples sensores en el chaleco del perro para comunicar una variedad de mensajes, probaron cada sensor individualmente en la misma ubicación del lado izquierdo del chaleco del perro, y para cada sensor midieron las lecturas mediante una serie de interacciones con el perro. Los resultados del estudio piloto fueron extremadamente alentadores, y demostraron que es posible crear sensores portátiles que los perros pueden activar para comunicarse con sus dueños [6].

Uno de los dispositivos disponibles en el mercado utilizado en la actividad de caza es el Garmin Astro con un precio aproximado de \$ 9,000 pesos, para el cual su principal problema es la pérdida de conexión entre el collar y el dispositivo de mano, debido a la utilización de señal VHF [7].

Los sistemas basados en frecuencia muy alta (VHF) tienen un rango máximo de 3 a 10 km dependiendo del entorno, por lo que la comunicación se anula cuando no hay línea de vista, es decir, cuando existen obstáculos de por medio [2].

### 3. Enfoque

Se desarrolló una aplicación móvil para Smartphone utilizando datos a través del servicio de un proveedor celular. Las principales funciones de la aplicación son: localización, sonidos, vibraciones y ritmo cardiaco.

En la Fig. 1 se muestra el esquema arquitectónico de la aplicación desarrollada. Se utilizaron dos Smartphone, uno es portado por el cazador y el otro se integra en un chaleco especialmente diseñado para el perro. También se utiliza un sensor de ritmo cardiaco ubicado por debajo del chaleco del perro. El sensor transmite el ritmo cardiaco mediante comunicación Bluetooth al Smartphone del perro. Estos datos junto con la localización es transmitida al teléfono del cazador por medio de la red celular. El cazador transmite instrucciones al teléfono del perro, en donde se reproducen sonidos y vibraciones que representan órdenes que el cazador le indica al perro.

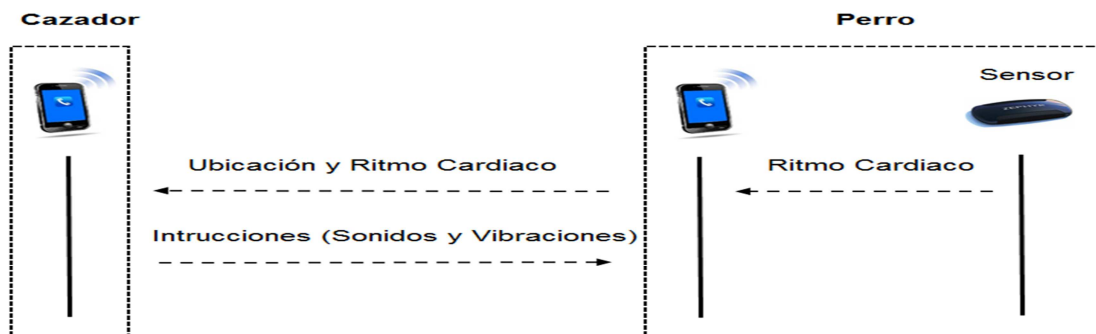


Fig. 1. Diagrama arquitectónico de la aplicación.

## 4. Diseño y desarrollo

Se analizaron una gran variedad de lenguajes y entornos de programación que pueden ser utilizados para crear aplicaciones para dispositivos móviles. Después de esto, se optó por utilizar la plataforma Microsoft .Net Framework por ser una de las más actuales y eficaces. Específicamente se utilizó el entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio 2013 y el lenguaje de programación C# [8]. Los teléfonos utilizados tienen el sistema operativo Windows Phone 8.1.

La comunicación entre los dispositivos se hizo a través de un servicio web, que realiza la interacción entre las aplicaciones instaladas en los dispositivos, como se presenta en el diagrama de secuencia de la Fig. 2.

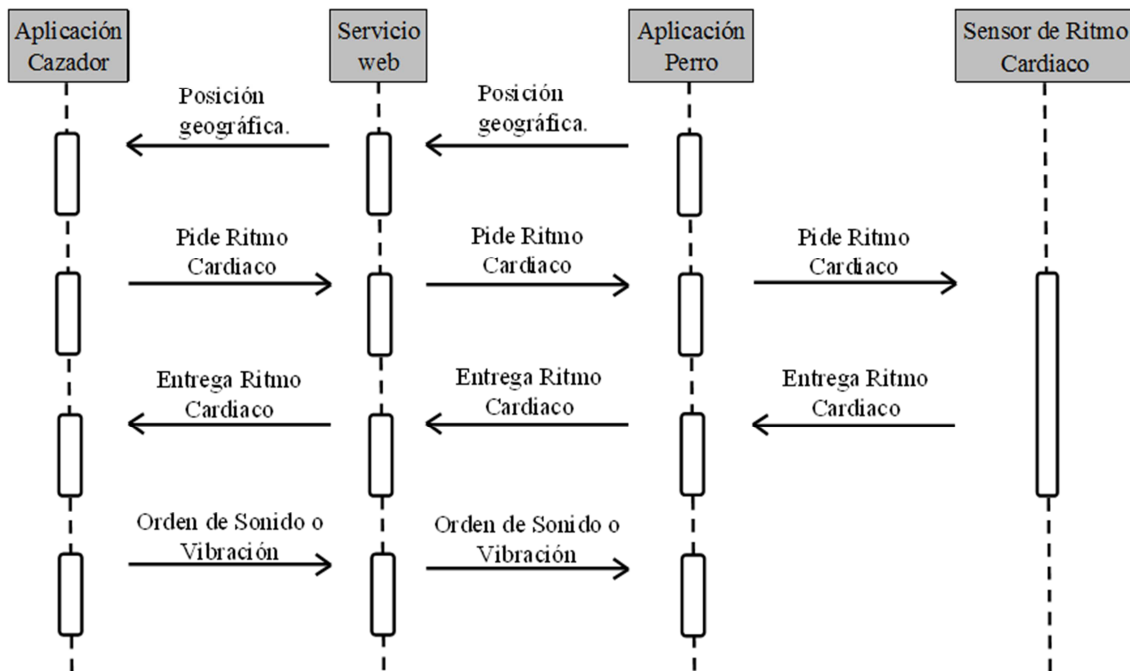


Fig. 2. Diagrama de secuencia.

Las aplicaciones en los dispositivos utilizan mecanismos de localización, reproducción de sonidos y vibraciones. La aplicación instalada en el dispositivo del cazador transmite órdenes y la del perro transmite ubicación geográfica y ritmo cardíaco,

## **4.1. Servicio Web**

El servicio web hace uso de una base de datos con el fin de tener identificado a cada dispositivo por medio de su URI (Identificador de Recursos Uniforme). Además, se crearon cuatro métodos: dos de ellos permiten estar actualizando la URI, uno para cada dispositivo, y los otros dos permiten intercambiar mensajes entre los dispositivos.

Los procedimientos de actualización de la URI tienen la función de recibir un mensaje de tipo cadena y mediante una consulta SQL actualizar el URI en la base de datos.

Los procedimientos que permiten enviar mensajes, reciben el mensaje de un dispositivo y lo mandan al otro dispositivo utilizando la tecnología de notificaciones Push, la cual es un tipo de comunicación en la que el servidor inicia una petición al cliente, cuando tiene nueva información o una notificación. Las notificaciones Push, crean un canal para enviar y recibir notificaciones. El tipo de notificaciones que se utilizan son Raw, las cuales permiten enviar información a la aplicación cuando se encuentra en ejecución [9].

## **4.2. Aplicación para el dispositivo del cazador**

La aplicación del dispositivo del cazador contiene dos secciones que pueden ser desplazadas deslizando la pantalla hacia la izquierda o derecha, la primer sección muestra el mapa con la ubicación de los dos dispositivos, en la parte inferior contiene una barra para poder cambiar el tipo de vista del mapa (Aéreo, Híbrido, Camino y Terreno), así como activar-desactivar y limpiar la ruta, como se muestra en la Fig. 3(a), y la segunda sección contiene 6 botones (Busca, Vámonos, Quieto, Vibración, RC-Bat Sensor y Bat. Del Celular) para la comunicación con el dispositivo del perro, como se muestra en la Fig. 3(b).



Fig. 3(a). Sección de lo localización.



Fig. 3(b). Sección de órdenes.

### 4.3. Aplicación para el dispositivo del perro

La aplicación del dispositivo del perro contiene 3 secciones. La primera muestra la ubicación del dispositivo con la opción de poder cambiar la vista del mapa así como poder activar el rastreo, como se muestra en la Fig. 4(a). La segunda sección se utiliza para activar el sensor de ritmo cardiaco Fig. 4(b). Y la tercera sección muestra si está activado el rastreo, junto con la última posición registrada con fecha y hora Fig. 4(c).

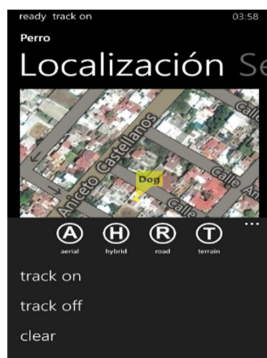


Fig. 4(a). Sección de localización.



Fig. 4(b). Sección para el ritmo cardiaco.

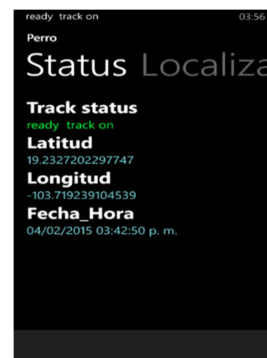


Fig. 4(c). Sección de status de la aplicación.



La interfaz gráfica en la aplicación del dispositivo del perro se utiliza para activar el sensor de ritmo cardiaco y la función de rastreo, además el software registra la trayectoria en caso de que el Smartphone pierda cobertura por parte del proveedor de servicio de datos, esto con el fin de poder conocer la trayectoria que recorrió.

Cabe señalar que el fabricante del sensor Zephyr HxM BT utilizado en la aplicación del dispositivo del perro para obtener el ritmo cardiaco no proporciona códigos para el sistema operativo de Windows Phone, por lo cual se requirió investigar exhaustivamente cómo establecer conexión del Bluetooth con el sensor y la lectura de los paquetes de datos. Luego se hicieron múltiples pruebas hasta lograrlo.

Otro elemento que se utilizó en los dispositivos fue una aplicación gratuita para Windows Phone llamada “Easy Recorder” con la cual se grabaron los archivos de audio con las órdenes del cazador o dueño de los perros.

La programación de cada una de los módulos no se exhibe debido a que es bastante amplia, pero se cuenta con el código respectivo para una correcta revisión en su funcionamiento.

## **5. Implementación y pruebas**

Para la implementación física en los perros se confeccionaron dos chalecos, uno grande y uno pequeño de acuerdo al tamaño de la raza a utilizar. El chaleco contiene un compartimento para portar el celular como se muestra en la Fig. 5.



**Fig. 5. Chaleco para perro.**

Los dispositivos que se utilizaron fueron dos Smartphone Nokia Lumia (520 y 625) y un sensor de ritmo cardiaco marca Zephyr HxM BT, cuyas características básicas se describen en la Tabla 1.

	<b>Peso</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Batería Aprox.</b>
<b>Nokia Lumia 520</b>	124 g	119.9 x 64 x 9.9 mm	10 Hrs.
<b>Nokia Lumia 625</b>	159 g	133.3 x 72.3 x 9.2 mm	De 15 a 24 Hrs.
<b>Zephyr (Sensor)</b>	85 g	70 x 35 mm	26 Hrs.

**Tabla 1. Descripción de los dispositivos.**

Para realizar las pruebas, se utilizaron dos perros que se identifican en la Fig. 6(a) y 6(b), con las características que se describen en la Tabla 2.

<b>Nombre</b>	<b>Raza</b>	<b>Edad</b>	<b>Peso</b>
Muñeca	Beagle	6 Años	10 Kgs.
Max	Azul de Gascuña	3 Años	20 Kgs.

**Tabla 2. Descripción de los perros.**



**Fig. 6(a). Muñeca y 6(b). Max, ambos portando chaleco.**

Se observó el uso del chaleco en ambos perros el cual se adapta perfectamente al cuerpo por su diseño, permitiendo su movilidad para caminar como para correr de manera natural. Además no mostraron algún cambio en su comportamiento, ni les pareció extraño su uso.

El ritmo cardiaco se obtiene mediante el uso de un sensor que se muestra en la Fig. 7(a), el cual está adherido a una banda elástica por medio de unos broches. Además se investigó con un veterinario la mejor posición del sensor en el perro, el cual es el lado izquierdo del tórax y se les cortó el pelo para una mejor lectura del ritmo cardiaco, Fig. 7(b).



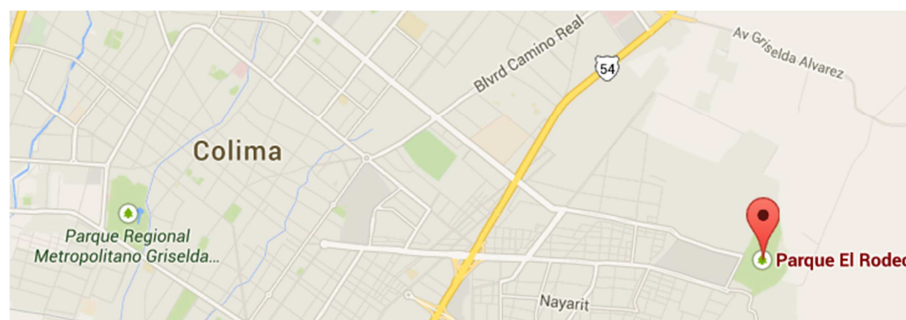
**Fig. 7(a). Sensor de ritmo cardiaco.**



**Fig. 7(b). Perro con corte de pelo.**

Se les colocó el sensor de ritmo cardiaco y el celular por turnos a cada perro.

Las pruebas de localización, ritmo cardiaco y órdenes se realizaron en el Parque del Rodeo, en la colonia La Estancia al oriente de la ciudad de Colima, como se muestra en la Fig. 8.



**Fig. 8. Ubicación del Parque El Rodeo**

## 5.1. Prueba de rastreo y localización

Se le colocó a uno de los perros el equipo y se soltaron libremente reconociendo el área, lo cual se pudo apreciar desde el equipo del cazador su trayectoria en tiempo real

ya que los perros se perdieron de la vista, porque la zona se encuentra en desnivel con una barranca y un arroyo.

En las Fig. 9(a) a la 9(d) se muestran diversas pantallas tomadas en diferentes momentos que muestran la trayectoria que el perro realizó, iniciando a las 04:14:12 p.m. y terminando a las 04:41:32 p.m. Durante este periodo de tiempo se dio seguimiento en todo momento de la ubicación y trayectoria del perro.

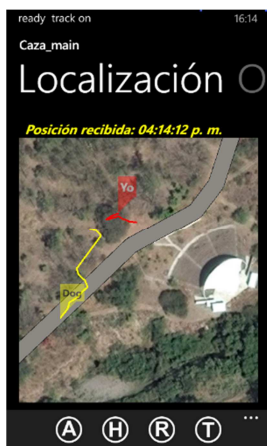


Fig. 9(a).



Fig. 9(b).



Fig. 9(c).



Fig. 9(d).

## 5.2. Prueba de ritmo cardiaco

Para probar la funcionalidad del sensado del ritmo cardiaco es importante hacer la siguiente consideración. En esta parte intervienen dos aspectos: a) función de la aplicación para obtener el ritmo cardiaco del sensor y b) función del sensor colocado en el perro. En relación a la función de la aplicación para obtener la información del ritmo cardiaco del sensor, pudo comprobarse que en todo momento que el cazador solicitó obtener dicha información, la aplicación funcionó adecuadamente, pues en el dispositivo del cazador se desplegó de manera inmediata la información. En relación a la funcionalidad del propio sensor colocado en el perro, se pudo observar lo siguiente:

- Por la forma en que está colocado en el perro es muy fácil de moverse de lugar lo cual presenta problemas para la lectura del ritmo cardiaco, y en estos casos, en el dispositivo del cazador no se despliega información alguna. Como solución momentánea, se determinó apretar el elástico que sujeta al sensor para tratar de mantenerlo lo más ajustado posible y mantener con ello su posición adecuada para la lectura del ritmo. Ya que los perros tienen movimientos bruscos, se tiene contemplado como trabajo futuro, trabajar en un mejor mecanismo de colocación.
- Se consideró conveniente activar el sensor antes de colocársele al perro ya que la primera vez que se obtiene el ritmo cardiaco puede tardar hasta 15 segundos en visualizarse la información sensada en el dispositivo del cazador. Posteriormente, la información se despliega inmediatamente de que el cazador lo solicita.

### **5.3. Prueba de órdenes**

En cuanto a las órdenes de sonidos y vibraciones que se envían al perro se detectó que en ese momento la velocidad de transmisión de datos estaba un poco lenta ya que en ocasiones la aplicación reflejaba un retraso de varios segundos, pero en lo general funcionó bien.

Además se observó que al reproducir sonidos y vibraciones, los perros en ocasiones mostraron sorpresa, a causa de que la ejecución de una orden por un perro depende del entrenamiento constante por parte de su dueño.

Al momento que se envía una orden al dispositivo del perro, este regresa un mensaje de confirmación, esto con el fin de asegurar que la aplicación del perro está activa y recibió la orden.

Además de poder obtener el ritmo cardiaco del sensor, también se recupera el porcentaje de batería del celular del perro, con la finalidad de conocer el tiempo de carga restante.

Se observó que la herramienta no tiene límite en cuanto a distancia entre los dispositivos siempre y cuando se encuentre en el rango de cobertura del proveedor de datos.

El consumo de datos que realiza la aplicación por acciones o tareas se presenta en la Tabla 3. Como se observa, el consumo de datos no es significativo, ya que se utiliza menos del 1% de 1 Megabyte disponible.

<b>Acción o tarea</b>	<b>Bytes</b>
Actualizar URI	203
Transmitir/Recibir orden	2
Transmitir/Recibir posición	41
Status de notificación del servicio web	25
Transmitir/Recibir confirmación de orden recibida	3
Transmitir/Recibir Ritmo Cardíaco	15
Transmitir/Recibir el porcentaje de batería del dispositivo del perro	3

**Tabla 3. Consumo de datos por la aplicación.**

## **6. Trabajo futuro**

Con base a lo observado en las pruebas de campo con la aplicación, se detectaron los siguientes aspectos a desarrollar:

- Por el momento, con la aplicación se conoce la ubicación, trayectoria de movimiento y ritmo cardíaco de un solo perro, pero habría que considerarse el monitoreo de una cantidad mayor de perros de manera simultánea.
- Permitir que el cazador personalice sus instrucciones/órdenes de caza, ya que por el momento todas se encuentran predefinidas y grabadas en los dispositivos.
- Encontrar un mejor mecanismo para la colocación del sensor que evite que se mueva de lugar con los movimientos bruscos del perro.

- Que a la aplicación se le programen diferentes categorías de acuerdo al registro de niveles de ritmo cardiaco, que indiquen problemas en el estado de salud del perro o distintas situaciones en las que éste se encuentra (sin actividad, reposo, cansancio, entre otras), a modo de que la aplicación envíe alertas al cazador cuando se rebasen estos niveles.

## **7. Conclusiones**

En el artículo se presenta información sobre la aplicabilidad del cómputo ubicuo para apoyar a un cazador en el monitoreo de sus perros de caza. A través de pruebas realizadas en campo, se mostró que con el software desarrollado, el cazador utilizando un dispositivo móvil, puede dar visualizar la localización, trayectoria y dirección que el perro sigue, así como el estado de salud del mismo (a través de la información de ritmo cardiaco) en tiempo real. Además, el cazador puede dar indicaciones pertinentes a su perro, aún cuando no esté cerca de él.

Si bien, como se mencionó, existen dispositivos comerciales cuyo objetivo es apoyar en la actividad de la caza, tienen también sus limitaciones ya que al utilizar señal VHF para enviar y recibir información, ésta se pierde al no tener línea de vista. Por lo anterior, la aplicación desarrollada en esta investigación presentó las siguientes ventajas:

- La transmisión y recepción de datos se hace a través de telefonía celular resolviéndose el problema de los dispositivos comerciales, sin embargo, es requisito indispensable la existencia de cobertura de una red celular.
- El costo de implementación de la aplicación comparada con los dispositivos comerciales es bastante bajo, ya que los teléfonos celulares de gama media están por debajo de lo que cuesta un dispositivo comercial. Se pueden reusar dispositivos celulares. Incluso el consumo de datos, no es significativo de acuerdo a lo encontrado en el experimento, por ejemplo, la tarea que con mayor frecuencia realiza la herramienta corresponde al cambio de posición, lo cual requiere 41 bytes (un byte como identificador, 16 para la latitud, 16 para la

longitud y 8 para la hora), lo que significa que con 1 Megabyte se pueden enviar o recibir hasta 25,575 cambios de posición.

Por lo anterior, se aprecia que la aplicación desarrollada en esta investigación puede apoyar en el control canino para actividades de caza. Además la manera de aplicar el cómputo ubicuo ha quedado demostrada al combinar tecnologías que pueden ser utilizadas en todo lugar y en todo momento de una manera transparente para el usuario. En este caso, los teléfonos celulares son un instrumento de uso cotidiano que no resulta intrusivo para el cazador y con la utilización del chaleco en los perros se observó que no afectó su comportamiento. La implementación y pruebas fueron exitosas.

## **8. Referencias**

- [1] M. Weiser, "The Computer for the Twenty-First Century". *Scientific American*. Vol. 265. No. 3. September 1991. 94-104 pp.
- [2] M. Paldanius, T. Kärkkäinen, Communication technology for human-dog interaction: exploration of dog owners' experiences and expectations. *Proc. CHI'11*, ACM. 2011. 2641-2650 pp.
- [3] Animal-computer interaction (ACI): changing perspective on HCI, participation and sustainability. Paper presented at the CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. Paris, France. 2013.
- [4] B. I. Resner. *Rover@home: Computer Mediated Remote Interaction Between Humans and Dogs*. Master's Thesis. Massachusetts Institute of Technology. 2001.
- [5] Supporting interspecies social awareness: using peripheral displays for distributed pack awareness. Paper presented at the Proceedings of the 18th



annual ACM symposium on User interface software and technology. Seattle, WA, USA. 2005.

- [6] FIDO - facilitating interactions for dogs with occupations: wearable dog-activated interfaces. Paper presented at the Proceedings of the International Symposium on Wearable Computers. Zurich, Switzerland. 2013.
- [7] DOG TRACKING SYSTEM. <http://sites.garmin.com/astro/>. Abril, 2015.
- [8] B. Johnson, Profesional Visual Studio 2013. 2014. John Wiley & Sons, Inc. Indianapolis, Indiana.
- [9] Whitechapel, S. McKenna, Windows Phone 8 Development Internals Professional. 2013. O'Reilly Media, Inc. Sebastopol, California.

## **9. Autores**

L.I. Adrian Castañeda Morfin. Graduado de licenciado en informática por la Universidad de Colima, actualmente se encuentra estudiando la Maestría en Computación en ésta misma institución.

La dra. María Andrade-Aréchiga obtuvo su grado de Maestría en Educación con especialidad en Matemáticas en el ITESM y el doctorado en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Se desempeña como profesora-investigadora de tiempo completo en la Universidad de Colima.

D. en C. Pedro Damián-Reyes es Ingeniero en Computación por el Instituto Tecnológico de Colima, Maestro en Telemática por la Universidad de Colima y Doctor en Ciencias en Ciencias Computacionales por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo en la Universidad de Colima.