

U le' ts'aak: una propuesta de prototipo de aplicación móvil para el reconocimiento y ubicación de plantas medicinales en el Estado de Yucatán

U le' ts'aak: a prototype proposal of a mobile application for the recognition and location of medicinal plants in the State of Yucatán

Coronado Arjona, M.A.¹, Pech Canul, G. P.², Uch Canché, M. J.³

¹²³ Instituto Tecnológico de Tizimín, Yucatán

Km. 3.5 Carretera Final Aeropuerto Cupul

¹mcorarj@yahoo.com.mx, ²gloria.pech13@gmail.com, ³ujesus.493@gmail.com

Fecha de recepción: 3 de mayo 2018

Fecha de aceptación: 2 de septiembre 2018

Resumen. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, diversos tratamientos en las comunidades ya sea de manera personal o colectiva, es lo que permite a las diversas culturas permanecer a través del tiempo. Dentro de éstos, se puede encontrar a la medicina tradicional la cual tiene como objetivo mantener el bienestar general y las tradiciones con la implementación de prácticas, conocimientos y creencias sanitarias basadas en plantas, minerales, animales y diversas terapias. Es necesario conservar esta forma de medicina y otras tradiciones que se han visto amenazadas en varios países alrededor del mundo por diversas situaciones tales como la migración, lo que ocasiona la pérdida de seres humanos, de memoria histórica, identidad y de conocimiento cultural. Por lo tanto, se propone el desarrollo de una aplicación móvil para reconocer y ubicar plantas medicinales, y al mismo tiempo; poder rescatar, difundir y preservar las tradiciones autóctonas Yucatecas.

Palabras clave: Geolocalización, Medicina tradicional, Plantas medicinales, Procesamiento de imágenes Digitales, Prototipo.

Summary. According to the World Health Organization, various treatments in the communities, whether in a personal or collective manner, are what allow different cultures to remain through time. Within these, traditional medicine can be found, which aims to maintain the general welfare and traditions with the implementation of practices, knowledge and health beliefs based on plants, minerals, animals and various therapies. It is necessary to preserve this form of medicine and other traditions that have been threatened in several countries around the world by various situations such as migration, which causes the loss of human beings, historical memory, identity and cultural knowledge. Therefore, it is proposed the development of a mobile application to recognize and locate medicinal plants, and at the same time; to be able to rescue, spread and preserve autochthonous traditions from Yucatan.

Keywords: Geolocation, Traditional Medicine, Medicinal Plants, Digital Image Processing, Prototype.

1 Introducción

Por siglos, diversas formas de medicina tradicional han sido utilizadas en las culturas para la prevención, el diagnóstico, la mejora o el tratamiento de enfermedades físicas y mentales. Sin embargo, ese cúmulo de conocimiento se ha visto amenazado en el mundo por situaciones como el calentamiento global y la migración de los pueblos indígenas debido a la violencia, pobreza y marginación.

En el Estado de Yucatán se da el caso, por ejemplo, de que el calentamiento global, el uso de herbicidas y fungicidas hacen que determinadas especies de plantas curativas vayan desapareciendo. Además, hay que considerar el hecho de que los jóvenes demuestran nulo interés por aprender la medicina tradicional, de tal forma que cuando fallece el médico maya en alguna localidad también se extingue toda esa información adquirida a través de los años.

Por las razones anteriormente expuestas y con el afán de conservar vigente toda esa información que forma parte del patrimonio cultural de la nación, se propone el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para el reconocimiento y ubicación de plantas medicinales en ese mismo Estado.

Para la elaboración de este proyecto se hará uso de técnicas de visión computacional para el procesamiento de la imagen y la extracción de las características de las hojas correspondientes a las plantas medicinales. Asimismo, se emplearán técnicas de minería de datos que permitan crear modelos para determinar si una variedad es catalogada como medicinal o no, y al mismo tiempo, el usuario pueda recibir información de sitios web externos sobre tratamientos para sus dolencias, junto con coordenadas de ubicación de la planta correspondiente.

El prototipo será al principio inicializado con la información de dos especies de plantas medicinales, se espera que vaya creciendo con las aportaciones de diversos usuarios de la aplicación en el Estado. Se requerirá la intervención de un biólogo con conocimiento en plantas medicinales nativas de Yucatán para que, una vez que éste haya identificado a una hoja perteneciente a una planta medicinal, entonces pueda intervenir un experto en computación para la extracción de las características de la hoja, generación del modelo de clasificación y cargar al sistema la información correspondiente de la nueva planta medicinal.

2 Aspectos generales

La propuesta curricular de 2016 se encuentra organizada en cinco tipos de actividades curriculares: asignaturas Obligatorias, asignaturas Optativas, asignaturas Libres, Servicio Social y Prácticas Profesionales; para dichas actividades, la unidad de medida es el crédito —de acuerdo con lo descrito en la sección previa. La Tabla 1 presenta los créditos de que consta el plan de estudios en su conjunto, así como la manera en la que se encuentran distribuidos entre los cinco tipos de actividades:

2.1 La medicina tradicional

La medicina tradicional tiene como objetivo mantener el bienestar general y las tradiciones con la implementación de prácticas, conocimientos y creencias sanitarias basadas en plantas, minerales, animales y diversas terapias con las cuales las personas son tratadas en las comunidades ya sea de manera personal o colectiva, lo que permite a las diversas culturas permanecer a través del tiempo (OMS, s.f).

De acuerdo a Zolla (2012), la medicina tradicional forma parte del sistema real de salud de los mexicanos junto a la académica (convencional y homeópata), la casera y las llamadas alternativas o complementarias. Prueba de ello, es que en un estudio realizado por el Instituto Nacional Indigenista en algunos Estados de México en donde existían unidades médicas rurales, se detectó que la relación de médico tradicional-unidad médico rural, era de cuatro a uno.

La Dra. Margaret Chan, Directora General de la Organización Mundial de la Salud en el 2013, señaló que aquellas medicinas tradicionales que cuentan con calidad, seguridad y eficacia reconocidas, contribuyen a asegurar el acceso de todas las personas a la atención de salud; siendo en ocasiones, la principal fuente de atención sanitaria (OMS, 2013). Son diversos los motivos por los cuales las personas acuden a este tipo de medicina, su accesibilidad y economía está al alcance en los hogares; además, es culturalmente aceptada pues numerosas personas confían en ésta, junto con el hecho que conforma una alternativa para afrontar el aumento constante de las enfermedades no transmisibles crónicas (cáncer, diabetes, etc.).

Es necesario conservar esta forma de medicina y otras tradiciones ya que se han visto amenazadas en varios países alrededor del mundo por diversas situaciones, así lo sugiere Talavera (2011) cuando alude que la pérdida de seres humanos, de memoria histórica, identidad y de conocimiento cultural irremplazable son debido a la migración de indígenas originada por la violencia, pobreza y marginación. En otras ocasiones, médicos ancianos fallecen y nunca contaron con aprendices a quienes pudieran transmitirles todo ese cúmulo de información (RT, 2016).

El Estado de Yucatán no queda exento de esta pérdida, Manzanero (2018) menciona que se tiene el desinterés de la gente joven por conocer la medicina tradicional maya y el hecho de que el calentamiento global ocasiona que ya no se cuente con las herramientas básicas necesarias para aprender/enseñar la medicina herbolaria tradicional. Asimismo, en el Estado de Yucatán se registra la mayor riqueza en plantas medicinales pero la gente no las sabe identificar, esto causa que poco a poco vayan desapareciendo con el uso desmedido de herbicidas y fungicidas que además alteran el medio ambiente.

Asimismo, aún existen médicos mayas de medicina herbolaria, sus conocimientos están basados en la experiencia y la eliminación de los desequilibrios físicos, mentales o sociales de los individuos. En esta misma región de México se reconocen diferentes especialidades entre los médicos tradicionales. El h'men, además de actividades terapéuticas, realiza diversas ceremonias rituales como el cha'chac, primicias, purificación de terrenos, entre otros. El hierbatero se especializa en el uso de plantas medicinales; el huesero y/o sobador a través de masajes aborda problemas tendino-musculares y acomoda los huesos; en tanto que las parteras atienden la salud reproductiva de las mujeres. Todos, en mayor o menor medida, emplean una amplia variedad de plantas medicinales para sus prácticas curativas y preventivas (Méndez, Durán, Campos y Dorantes, s.f.).

Por las razones anteriormente expuestas, todo ese legado cultural de las comunidades y etnias en especial de la cultura maya, es importante mantenerlo vigente ya que forma parte del patrimonio cultural de la nación. Por lo que la propuesta del prototipo para el reconocimiento y ubicación de plantas medicinales permitirá rescatar, difundir y preservar las tradiciones autóctonas Yucatecas.

2.2 Reconocimiento de objetos en imágenes digitales

De acuerdo a Joshi (2015), el reconocimiento de objetos es el proceso de identificar a un objeto dentro de una imagen dada, mientras que la detección de objetos se refiere al descubrimiento de un objeto particular.

Un sistema de reconocimiento de objetos está diseñado para detectar y clasificar objetos específicos en una imagen (Gómez, 2015). Sus aplicaciones abarcan a las industrias, seguridad, medicina, milicia, robótica, entre otros. Por otro lado, la detección de objetos es el proceso de encontrar instancias de objetos del mundo real como caras, bicicletas y edificios en imágenes o videos (MathWorks, s.f).

En el contexto de este proyecto, la identificación de objetos equivaldría a verificar si hay presente alguna hoja de una planta en una imagen, mientras que con el reconocimiento de objetos se decidiría si dicha hoja pertenece a una planta específica.

De acuerdo a Viera (2017), las etapas fundamentales que caracterizan el procesamiento de imágenes digitales son las siguientes:

1. Adquisición de la imagen: esta fase es la encargada la digitalización de la imagen. Estas pueden ser obtenidas a través de periféricos como cámaras digitales o scanners. El resultado de esta etapa es una imagen o conjunto de imágenes normalmente representadas matemáticamente por una matriz bidimensional de valores enteros.
2. Preprocesamiento: comprende el conjunto de técnicas que modifican imágenes digitales para mejorar la visibilidad de ciertas características de los objetos presentes en la imagen para su posterior análisis o simplemente para mejorar su visualización. Están involucrados los siguientes pasos básicos: redimensionado de la imagen y filtración. Este último incluye las actividades: suavizado, eliminación de ruido, realce y detección de bordes.
3. Segmentación: de esta fase depende la detección correcta ya que se aíslan los objetos de interés de la imagen. En este punto se divide la imagen en segmentos y/o contornos según la información contenida en cada pixel. Los tipos de segmentación a utilizar pueden ser: segmentación basada en histogramas, en escala de grises, entre otros.
4. Extracción de características: una característica es definida como una parte de importancia en una imagen. En este punto se identifican y describen esas áreas de interés presentes en la imagen como color, textura, superficie, posición, nivel de intensidad, estructura geométrica, entre otros.
5. Reconocimiento e interpretación: esta es la fase final del proceso en el que, mediante la comparación de los datos anteriores con otros almacenados previamente o mediante la interpretación de estos a través de otros procesos, se toman las decisiones oportunas y se muestran los resultados. El resultado del proceso es un descriptor o modelo, que toma la decisión sobre la clase a la que pertenece un patrón desconocido en función de sus características. Existen varios algoritmos de clasificación; entre ellos encontramos clasificadores de mínima distancia, k-NN, bayesianos, redes neuronales, máquinas de soporte vectorial o árboles de decisión.

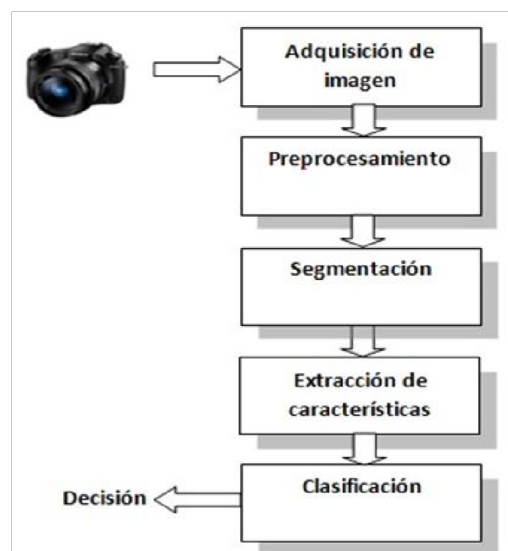


Figura 1. Etapas en el procesamiento de imágenes digitales.

2.3 Geolocalización utilizando dispositivos móviles

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema que permite calcular las coordenadas de cualquier punto sobre la superficie terrestre a partir de la recepción de señales emitidas desde una constelación de satélites en órbita. Básicamente, su principal función es permitir a un usuario conocer, mediante un receptor, su posición en cualquier parte del planeta (Soria, s.f).

De acuerdo con la Universidad Austral de Chile (2009), los satélites GPS circundan la tierra dos veces al día en una órbita bien definida transportando relojes atómicos de alto grado de precisión utilizados para la emisión de señales de información a la tierra. Los receptores GPS toman esta información y usan un proceso conocido como triangulación para calcular la posición exacta del usuario. Durante este procedimiento, es

necesaria la intervención de cuatro satélites para obtener la latitud, longitud, altitud y el tiempo de un determinado objeto. Para efectos de este proyecto, únicamente serán consideradas las dos primeras.

De acuerdo a Gironés (2012), el sistema de posicionamiento de la plataforma móvil Android está basado en las siguientes tecnologías:

- a. Sistema de localización global basado en GPS, el cual sólo funciona si se dispone de visibilidad directa de los satélites.
- b. Sistema de localización basado en la información recibida de las torres de telefonía celular y de puntos de acceso Wi-Fi, permite su funcionamiento en el interior de los edificios.

Ambos servicios se encuentran totalmente integrados en Android y son usados por gran variedad de aplicaciones. Sin embargo, dado que el GPS presenta el inconveniente de que sólo funciona cuando se tiene visión directa de los satélites, para solventar este problema se combina esta información con la recibida de las torres de telefonía celular y de puntos de acceso Wi-Fi.

Google Maps proporciona un servicio de cartografía online para utilizar en las aplicaciones Android. La API de Google permite geolocalizar un objeto, formatearlo y ver en un mapa los datos que se deseen y la manera que el desarrollador crea conveniente. Es posible también, utilizar marcadores (markers) en los mapas, hacer zoom a una determinada zona del mapa, visualizar información a través de una pequeña ventana al dar clic al marcador, entre otros servicios.

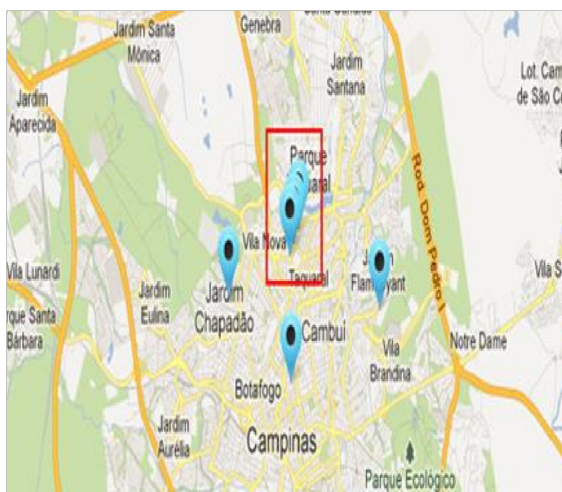


Figura 2. Utilización de marcadores en un mapa.

3 Metodología propuesta

Se describe a continuación las etapas principales que se llevarán a cabo para la realización del proyecto:

Fase 1. Identificación de las principales plantas medicinales en el Estado de Yucatán

Se realizará una búsqueda exhaustiva en diversas fuentes de información oficiales para identificar cuáles son las plantas medicinales que se utilizan de acuerdo a los padecimientos más comunes en el estado de Yucatán. Inicialmente, el sistema contendrá información de dos especies: naranja agria (*Citrus aurantium*) y apazote (*Dysphania ambrosioides*). La intención es que la cantidad de plantas en el sistema vaya incrementando con las aportaciones que realicen los diferentes usuarios.

Fase 2. Ubicación de las plantas medicinales y recolección de hojas.

Se procederá a ubicar a las plantas medicinales seleccionadas en la fase 1, se recolectarán sus hojas, mismas que servirán para la digitalización y procesamiento. Asimismo, se registrarán las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de la ubicación de estas muestras.

Fase 3. Procesamiento de las imágenes

En esta etapa se hará uso de las librerías ofrecidas por OpenCV.

1. Tratamiento de la imagen:

- a. Escala de grises: Dado que el color de la hoja no es relevante para la identificación de una planta, se optará por trabajar de preferencia en escala de grises para tener a la imagen en un formato más favorable para la extracción de sus características.
- b. Filtrado de imagen: Posteriormente, se procederá a reducir los niveles de ruido presentes en la imagen a consecuencia del proceso de captura y digitalización.
- c. Binarización: Antes de proceder a encontrar contornos, es necesario transformar la imagen en escala de grises a otra basada en dos únicos valores: color negro (intensidad cero) o blanco (intensidad máxima).

2. Detección de bordes y contorno

A partir de la imagen binarizada, se trata de obtener una imagen en la que sólo aparezcan los bordes en un color diferente del resto, de esta manera, se podrá extraer más fácilmente las características que permitirán identificar a las hojas.

3. Extracción de características

Se obtendrá la descripción de la hoja en términos numéricos para que pueda ser procesada por la computadora. Esta descripción se realizará a través de sus características, mismas que son insensibles a probables variaciones como el cambio de tamaño, traslación, rotación, entre otros. Esta técnica a utilizar es conocida como "momentos Hu" y se trata de siete descriptores invariantes que cuantifican la forma característica de un objeto.

Fase 4. Generar modelos para la clasificación de las plantas medicinales

En esta fase se utilizarán algoritmos de clasificación de minería de datos para que, a partir de los momentos invariantes Hu extraídos en la etapa 3, se pueda encontrar un modelo que permita de manera eficiente, reconocer o identificar a una planta medicinal. Serán probados 3 algoritmos de clasificación para posteriormente, elegir aquel modelo cuyo algoritmo haya reportado el mayor porcentaje de casos identificados de manera positiva. Las etapas 3 y 4 serán realizadas por cada planta identificada como medicinal por un experto.

Fase 5. Diseño de la base de datos

Se realizará el diseño físico de una base de datos implementada en un servidor web la cual contenga información para el usuario final sobre las plantas medicinales: imagen de la planta, imagen de una hoja, datos geográficos, ligas de interés acerca de la preparación y modo de empleo de las hojas, entre otros datos relevantes de la planta.

Fase 6. Desarrollo de una aplicación web

Esta aplicación será desarrollada para que un biólogo experto en plantas nativas del Estado, pueda visualizar y constatar si la hoja en la imagen pertenece o no a una planta medicinal. En caso de no existir en la base de datos pero tratándose de una planta medicinal, se procederá a incorporarla previo tratamiento seguido en las etapas 3 y 4, junto con el registro de las coordenadas de su ubicación.

Fase 7. Desarrollo de una aplicación web service

Este sistema servirá de intermedio entre la aplicación móvil basada en Android y la base de datos en el servidor web. Basado en tecnologías PHP y Json, permitirá el envío de: 1) datos provenientes del dispositivo móvil hacia la base de datos y 2) datos en la base de datos hacia la aplicación móvil.

Fase 8. Desarrollo de la aplicación móvil para el usuario final

En esta etapa se desarrollará la aplicación móvil para la plataforma Android, en la cual, el usuario final podría interactuar consultando información sobre las características de las plantas, visitando enlaces de interés que mencionen sobre el modo de preparación, tomando fotos a las hojas de las plantas, localizando las ubicaciones de plantas para determinadas enfermedades, entre otros.

4 La propuesta del prototipo

Desde la aplicación móvil, el usuario podrá obtener información acerca de una planta en particular utilizando diversos criterios para realizar búsquedas. Así por ejemplo, se consideran las siguientes opciones o criterios: el nombre de la planta, la enfermedad de una persona o a través de la imagen, capturada en la cámara del teléfono móvil, de la planta considerada como medicinal.

En la figura 3 se muestra a través de diagramas de casos de uso, cuál es el comportamiento general del sistema.

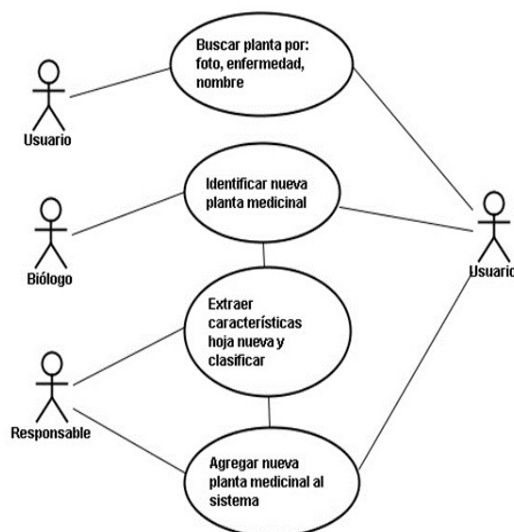


Figura 3. Diagrama de casos de uso del sistema.

De acuerdo a la figura 3, el usuario inicia una búsqueda a través de algún criterio (nombre de la planta o fotografía de la misma, nombre de la enfermedad) y, en caso de que la planta haya sido registrada con anterioridad en la base de datos, el sistema proveerá al mismo usuario, toda la información al respecto tal como: puntos de ubicación a través de un mapa, características de la planta y enlaces de interés sobre el modo de preparación, entre otros.

En el supuesto de que sea una planta totalmente nueva y no se encuentre reconocida en el sistema, el proceso a seguir se describe a continuación:

1. El usuario capturará con el móvil la imagen de una hoja de la planta que él considera que pudiera tratarse como medicinal.
2. La imagen junto con sus coordenadas (latitud y longitud) serán enviadas a un servidor web para que ésta sea cotejada con las existentes en una base de datos. En caso de existir, la información pertinente será retornada al dispositivo móvil. De lo contrario, estará disponible en el servidor para que a través de una aplicación web un biólogo experto pueda visualizar si es medicinal o no. En caso de serlo, emitirá un aviso al responsable del sistema para continuar con el proceso de extracción de características y generación del modelo de clasificación, además de cargar al sistema la información proporcionada por el biólogo acerca de la nueva planta.

En la figura 4a y 4b se muestran imágenes sobre el menú principal de la aplicación y de la interfaz para la selección de una imagen a través de la cámara del móvil o desde la galería.



a) Interfaz principal



b) Modo de selección de imagen

Figura 4. Interfaces del prototipo

En la figura 5 se contempla la imagen de la interfaz después de realizar una búsqueda con el nombre de la planta. En ésta se puede apreciar un mapa el cual muestra la posición actual del usuario además de que con otros marcadores se señalan ubicaciones cercanas de algunas plantas. Adicionalmente, se muestran las propiedades medicinales y enlaces de interés sobre modos de preparación, entre otros.



Figura 5. Interfaz de búsqueda por nombre de planta.

5 Resultados esperados

En el Instituto Tecnológico de Tizimín se cuenta con las condiciones técnicas necesarias para llevar a cabo el desarrollo e implementación del proyecto hasta con el personal en el área de biología para el reconocimiento de la planta a partir de la hoja dentro de la imagen. Se espera que el sistema vaya escalando en cuanto a la cantidad de plantas medicinales conforme transcurra el tiempo y a la promoción realizada a la aplicación dentro de la comunidad del Tecnológico a través de las Licenciaturas en Biología e Ingeniería en Agronomía así como en las redes sociales. Aunque se trata de plantas nativas del Estado de Yucatán, es posible que se extienda su dominio más allá del Estado, tal vez, abarcando a toda la península.

El objetivo principal de la aplicación es que pueda servir como herramienta para reconocer y ubicar plantas medicinales para el tratamiento de dolencias en las personas, pero también se espera una gran aceptación dentro de la comunidad estudiantil, especialmente en las carreras antes mencionadas, lo que les permitiría conocer más acerca de la flora en el Estado.

Cuando la aplicación se encuentre finalizada, todo el conocimiento que el sistema adquiera a través de los usuarios durante el transcurso del tiempo se encontrará disponible como un legado de la cultura Maya para la humanidad. Cualquier persona en el mundo podrá conocer a las plantas nativas de Yucatán aunque físicamente tal vez no tengan acceso a ellas, permitiendo de esta manera preservar la costumbre de la medicina herbolaria.

6 Conclusiones

El aporte que la inteligencia artificial realiza a través de la visión computacional y el reconocimiento de patrones es indispensable y muy valioso para el desarrollo de este proyecto. Muchas de las tareas implícitas en estas dos disciplinas son agilizadas con el apoyo de herramientas tales como OpenCV, MatLab y Weka; los cuales incluyen funciones para la segmentación, binarización, extracción de momentos invariantes Hu, clasificación, entre otros.

La aplicación propuesta será una alternativa para preservar y compartir el conocimiento adquirido por los ancestros Mayas en cuanto a medicina herbolaria se refiere. De igual forma, cabe destacar el papel que juegan las tecnologías móviles y web, ya que con éstas, se facilita la conservación y distribución de ese conocimiento.

7 Trabajos futuros

A continuación, se describe una relación de actividades a mediano plazo que pudieran implementarse sobre la aplicación móvil a fin de hacerla más robusta y atractiva al usuario final:

- a. Ampliar la variedad de plantas medicinales dentro de la aplicación para tratar el mayor número posible de las enfermedades o dolencias más frecuentes en el Estado de Yucatán.
- b. Incluir herramientas de realidad aumentada para hacer más atractiva la forma en que se presenta la información a los usuarios respecto a las plantas medicinales.
- c. Mejorar la interface gráfica. Es posible contemplar metodologías para obtener y ofrecer a los usuarios interfaces que sean usables. Metodologías como el "Diseño Centrado en el Usuario" pueden ser aplicadas para obtener interfaces amigables.
- d. Se considera el hecho de colocar algún objeto que pueda servir de referencia dentro de la imagen, cómo podría ser una regla milimetrada para obtener el tamaño real de la hoja basándose en algo conocido.

Asimismo, se plantea la posibilidad de realizar trabajos similares en apoyo a las carreras de Ingeniería en Agronomía y Licenciatura en Biología como el reconocimiento de fauna nativa a partir de huellas capturadas en el suelo.

Referencias

- 1 Gironés, T. (2012). El gran libro de Android. México: Alfaomega.
- 2 Gómez, W. (2015). Reconocimiento de objetos en fotografías. Recuperado el 17 de Marzo de 2017, de <http://www.tamps.cinvestav.mx/~wgomez/toptamps/presentacion.pdf>
- 3 INEGI (s.f). Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Recuperado el 16 de Marzo de 2017, de http://www3.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/geodesia/metadatos/sistema_de_posicionamiento_global.pdf
- 4 Joshi, P. (2015). OpenCV with Python By Example. United Kingdom: Packt Publishing Ltd
- 5 MathWorks (s.f). Object detection in computer vision. Recuperado el 17 de Marzo de 2017, de <https://www.mathworks.com/discovery/object-detection.html>
- 6 Méndez, M., Durán, R., Campos, S. y Dorantes, A. (s.f). Flora medicinal. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de <http://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap7/07%20Flora%20medicinal.pdf>
- 8 RT (2016). Una tribu amazónica crea una enciclopedia de medicina tradicional. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de <https://actualidad.rt.com/actualidad/216961-tribu-amazonica-crea-enciclopedia-medicina-tradicional>
- 9 Organización Mundial de la Salud (s.f). Medicamentos esenciales y productos de salud. Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de <http://apps.who.int/medicinedocs/es/d/Js2299s/4.1.html#Js2299s.4.1>
- 10 Organización Mundial de la Salud (2013). Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de <http://apps.who.int/medicinedocs/documents/s21201es/s21201es.pdf>
- 11 Shodhganga (s.f). Image Processing: An Overview. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/11753/6/06_chapter%203.pdf
- 12 Soria, D. (s.f). El funcionamiento del GPS: un repaso a los principales componentes, tipos de receptores y métodos. Recuperado el 16 de Marzo de 2018, de http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/curso_2017/documentos/gps/EI%20funcionamiento%20del%20GPS.pdf
- 13 Talavera, J. (2011). La migración indígena propicia pérdida de su cultura e identidad. Recuperado el 15 de Marzo de 2018, de <http://www.cronica.com.mx/notas/2011/597198.html>
- 14 Universidad Austral de Chile (2009). Sistema de Posicionamiento Global. Recuperado el 16 de Marzo de 2018, de http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfca473i/doc/capitulos/capitulo_ii.pdf
- 15 Viera, G. (2017). Procesamiento de imágenes usando OpenCV aplicado en RaspBerry Pi para la clasificación de cacao. Recuperado el 20 de Marzo de 2018, de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2916/IME_218.pdf?sequence=1
- 16 Zolla, C. (2012). La medicina tradicional, fundamental para la salud del mexicano. Recuperado el 14 de Marzo de 2018, de http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_431.html