

6 Implementación de un sistema de inventario forestal de parques urbanos en Cuenca

Ávila Pozo, Luis Angel¹

Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador IERSE, Universidad del Azuay
Av. 24 de mayo 7-77

Ingeniero de Sistemas por la Universidad del Azuay, maestrante de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica por la Universidad Autónoma de Barcelona, investigador en el IERSE de la Universidad del Azuay en el área de la evaluación de la calidad ambiental en centros urbanos.

**Luis Angel
Ávila Pozo¹**

luisavila@uazuay.edu.ec

Resumen

La implementación de inventarios forestales en centros urbanos permiten conocer la biodiversidad forestal con la que se cuenta, para de esta manera promover, entre la población, su cuidado y tomar las acciones para su conservación y crecimiento. Estos inventarios permiten conocer las características de los individuos forestales, con base en las cuales se puede determinar su estado de salud y la influencia que estos puedan provocar en la población, de manera positiva o negativa. Uno de los factores que pone en riesgo la biodiversidad forestal es el crecimiento urbano, y esta clase de inventarios

nos permitirá acercarnos al estado de las áreas verdes para conocer la distribución de especies endémicas y exóticas, y ante esto buscar posibles soluciones a las problemáticas, como el déficit de especies nativas, sobrepoblación de individuos forestales no adecuados para el entorno o simplemente determinar si estos centros urbanos cuentan o no con una cantidad mínima de espacios verdes y vegetación que pueda aportar a una buena calidad de vida.

El objetivo de este trabajo es contar con un sistema de inventario forestal para parques urbanos con geolocalización

de cada uno de los árboles, apoyado en el levantamiento de información de campo a través de formularios desarrollados por personal calificado, que conoce las características necesarias para un eficiente inventario forestal, el uso de la tecnología de drones para obtener productos que reflejen el estado actual, la ubicación de los parques urbanos así como de sus **árboles**

y también un geoportal para compartir con la población toda la información recolectada y procesada.

Palabras clave:

Inventario forestal, drone, ortofotografía, crecimiento urbano, geoportal, formulario digital, muestra botánica, individuo forestal.

Abstract

The implementation of forest inventories in urban centers allows us to know the existing forest biodiversity, in order to promote, among the population, its care and take actions for their conservation and growth. These inventories allow to know the characteristics of the forest individuals, based on which they can determine their health status and the influence that these can provoke in the population, in a positive or negative way. One of the factors that threatens forest biodiversity is urban growth, and this kind of inventory will allow us to approach the state of the green areas to know the distribution of endemic and exotic species, and therefore look for possible solutions to the problems, such as the deficit of native species, overpopulation of forest individuals not suitable for the environment or simply determine if these urban centers have or not a minimum amount of green spaces and vegeta-

tion that can contribute to a good quality of life.

The objective of this work is to have a system of forest inventory for urban parks with geolocation of each one of the trees, supported survey of field information through forms developed by qualified personnel, which knows the necessary characteristics for an efficient forest inventory, the use of drone technology to obtain products that reflect the current state, the location of urban parks as well as their trees and also a geoportal to share with the population all the information collected and processed.

Keywords:

Forest inventory, drone, orthophotography, urban growth, geoportal, digital form, botanical sample, forest individual.

Introducción

En las sociedades actuales es común que el crecimiento de su población implique de igual manera al crecimiento de sus centros urbanos, los cuales para poder mantener una vida de calidad para sus habitantes entre otros factores deberán contar con un entorno saludable y seguro. Al hablar de un entorno saludable se involucra a las áreas verdes, la vegetación y los árboles urbanos, que son más que sólo componentes, sino que son partes esenciales ya que influyen en el paisaje, la infraestructura, la calidad de vida y el mejoramiento de la calidad ambiental. Pero todos estos componentes necesitan seguimiento y control apropiado para que su impacto en los centros urbanos sea el más adecuado y óptimo para sus habitantes.

En la ciudad de Cuenca el crecimiento de su centro urbano así como la construcción de obras de infraestructura han provocado la degradación de varias áreas verdes o a la pérdida de las mismas, que incluyen sus árboles y vegetación (Quezada Jara, 2015). Razón por la cual es necesario conocer la situación actual de nuestra biodiversidad forestal a través de un inventario. Uno de los trabajos que ha desarrollado este tipo de control es el proyecto "Un alcorque un árbol" (Ayuntamiento de Madrid, 2007), que en el año 2007 puso en marcha un sistema de control forestal de toda su área urbana, con el fin de administrar el estado de sus alcorques, el conocer qué especies de árboles se encuentran plantadas y las acciones que se deberían tomar de acuerdo con las necesidades de sus habitantes.

El objetivo de nuestro trabajo es implementar un sistema de control forestal con un detalle minucioso de cada indivi-

duo que forma parte del inventario. Esta información en el futuro puede ayudar a analizar su estado y tomar acciones para que su influencia en la calidad de vida de la población sea positiva. Además, con un completo inventario forestal se podrá hacer un análisis general de la cobertura arbórea de la ciudad de Cuenca.

Por ello, para el desarrollo adecuado de este proyecto es necesario evaluar un eficaz método para la obtención de datos de los árboles, ubicados concretamente en un número definido de parques dentro del sector urbano de la ciudad de Cuenca; y a su vez poder obtener muestras sobre cada una de las especies para obtener mayor información sobre el individuo forestal a inventariar. A raíz de un correcto levantamiento de datos se puede obtener un cierto número de productos adicionales con base en la metodología utilizada, como ortofotografías de drones que se utilicen para ubicar los parques y árboles urbanos, muestras botánicas de los individuos forestales que se han encontrado y resultados estadísticos que muestren el estado de nuestros parques y su biodiversidad forestal.

Método

La base para desarrollar este sistema de control fue un proyecto previo elaborado en 2015, a través de un convenio entre la EMAC EP y la Universidad del Azuay, en el cual se incluyeron dentro del estudio 42 parques ubicados en el área urbana de la ciudad de Cuenca, de los cuales se realizó un inventario de 8 parques (Delgado Inga, 2013).

Según datos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca 2016 existe un total de 283 parques en-

tre infantiles, barriales, urbanos y lineales (Cuenca, GAD Municipal Cantón, 2015), de los cuales los técnicos e investigadores involucrados en este proyecto plantearon el levantamiento forestal de al menos 30 de estos parques, que forman parte de los 42 parques ya localizados en el estudio anterior.

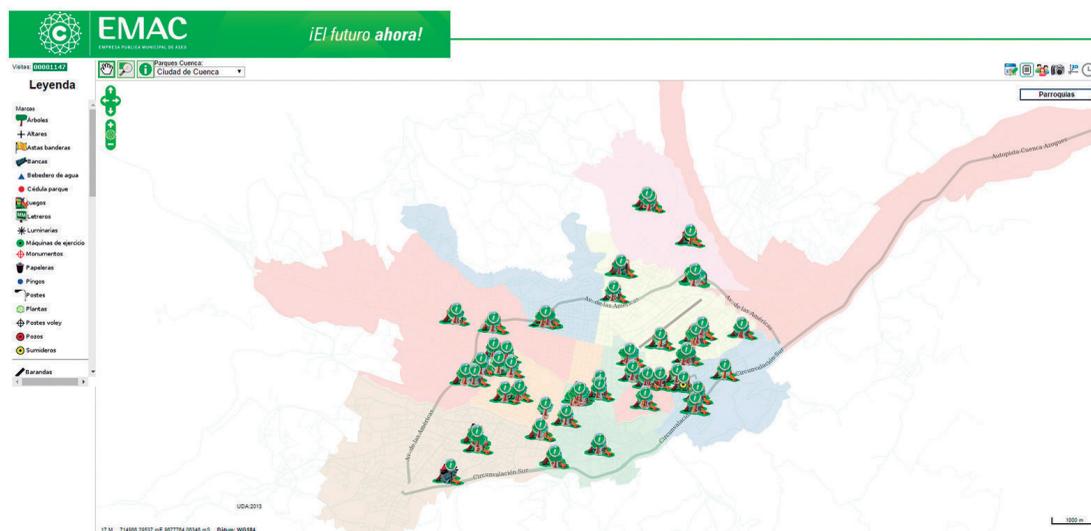


Imagen 1. Sistema de gestión de parques y jardines EMAC

El método se desarrolla en tres etapas. La primera es el levantamiento y gestión de información, a su vez conformado por la caracterización botánica, registro de información y obtención de muestras botánicas, y validación de información. La segunda es la ortofotografía y georreferenciación del inventario forestal, a su vez conformado por la obtención de fotografías aéreas con dron, generación de ortofoto, y georreferenciación forestal. Finalmente, la tercera es la publicación de la información.

1. Levantamiento y Gestión de Información

A. Caracterización Botánica

Durante la primera etapa, que involucra la recolección de información, el IERSE en conjunto con el equipo de investigadores del Herbario-UDA recopilaban la información a incorporar dentro del estudio, campos de información que se consideraron importantes tanto en el ámbito botánico como técnico para así mediante éstos poder determinar y conocer ciertas

características del individuo forestal a inventariar, que permitan hacer diferentes tipos de indagaciones.

Entre los grupos de campos de información que se pueden apreciar son su identidad, fenología, manejo forestal, problemas potenciales y su estado fitosanitario,

los cuales en conjunto proporcionan una valoración del estado de salud o vigorosidad del individuo mediante una ponderación de ciertos datos, los mismos que serán analizados por los investigadores del Herbario para que refleje la información más cercana a la realidad.

Inventario de Arbolado Urbano Cuenca			
	Fecha:		Responsable:
	Código:		Verificador:
	Parque:		
Identidad	Familia:		Nombre común:
	Género:		Origen:
	Especie:		
Copa	Estructura:	Lista	Forma:
	Color:		Diámetro (m):
Fenología	Infertil		Flores (%):
	Botones Floreales (%):		Frutos (%):
Tronco	Altura total (m):		DAP (cm):
	Altura_fuste (m):		
Manejo Forestal	Podas tipo:		Coronación:
	Podas intensidad:		Observación coronación:
	Observación poda:		
Problemas potenciales	Madera quebradiza (pérdida de ramas por desgaje o rotura)		Inclinación del tronco
	Observaciones:		Observaciones:
Estado fitosanitario	Heridas o daños al tronco por corte a la corteza, pudriciones, etc.		Problemas con las raíces
	Observaciones:		Observaciones:
Fotos:			

Imagen 2. Tabla de campos de información para inventario forestal

B. Registro de información y obtención de muestras botánicas

Para un adecuado y eficaz levantamiento de la información, se utilizó un formulario digital móvil desarrollado con la herramienta web *OpenDataKit Build* que reemplaza al convencional formulario en hoja física. Esto proporciona una mayor rapidez al momento de recolectar los datos, debido a que durante el levantamiento de información de campo mediante un equipo móvil (Smartphone o Tablet) y con una conexión a internet se puede enviar y guardar este formulario directamente a

una base de datos propia de la herramienta -denominada ODK Aggregate-. Simultáneamente esta información se almacena en una base de datos propia local postgresql con extensión postgis. Con este procedimiento se evita el proceso de transcribir la información a un equipo de escritorio y posteriormente almacenarla manualmente en la base de datos espacial. Adicional a esto, el programa aplicativo proporciona la ventaja de permitir almacenar fotos en el mismo formulario, con lo cual se tiene un registro fotográfico de todos los individuos que forman parte del inventario forestal.

Datos de ficha

Fecha:
Fecha de levantamiento de la ficha

		junio de 2017			
		d	l	m	m
may.	2016	28	29	30	31
jun.	2017	4	5	6	7
		11	12	13	14
		18	19	20	21
jul.	2018	25	26	27	28
		2	3	4	5

Hora:
Hora de levantamiento de la ficha

Seleccione la hora

No time selected

Fenología

Infértil:

Si

No

Botones floreales (%):
Porcentaje de botones floreales visibles

Flores (%):
Porcentaje de flores visibles

Frutos (%):
Porcentaje de frutos visibles

Imagen 3. Formulario digital

Durante esta primera etapa de recopilación de la información el grupo de técnicos e investigadores del Herbario-UDA consideraron prudente obtener una muestra botánica por cada especie encontrada durante el levantamiento de la información, para así con base en esa muestra poder obtener ciertas características de identidad del individuo forestal, que a simple vista tal vez no sean posibles de determinar, y agregarlas al formulario digital mediante el sistema de administración web del inventario forestal.

C. Validación de la información

Se desarrolló el sistema de administración del inventario forestal que permite el acceso a los especialistas en el área para realizar la validación respectiva de los formularios levantados en el campo y complementarlos con los datos obtenidos de las muestras botánicas. Posteriormente, el sistema permite guardar el registro y ponerlo en estado de validado agregando el nombre del especialista responsable de la validación, con lo cual el levantamiento de información finaliza y el individuo forestal pasa a constar como inventariado y disponible para formar parte de los análisis a partir de este conjunto información.

2. Ortofotografía y Georreferenciación del Inventario forestal

Las ortofotografías son necesarias para poder mostrar la ubicación de los parques incluidos en el estudio, así como los individuos forestales que se inventariarían en cada uno de ellos. Debido a que las ortofotografías existentes del cantón Cuenca, realizadas entre el 2010 y 2014 por el SIGTIERRAS (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2010-2014), no plasman la situación actual de los parques y su vegetación, fue necesario apoyarse en la tecnología de los vehículos aéreos no tripulados (VANT) comúnmente conocidos como DRONES para la obtención de ortofotografías actualizadas. Sin embargo, las dos fuentes, tanto del SIGTIERRAS como las nuevas ortofotografías, serán necesarias en este proyecto para conocer el cambio que han tenido las áreas verdes de la ciudad.

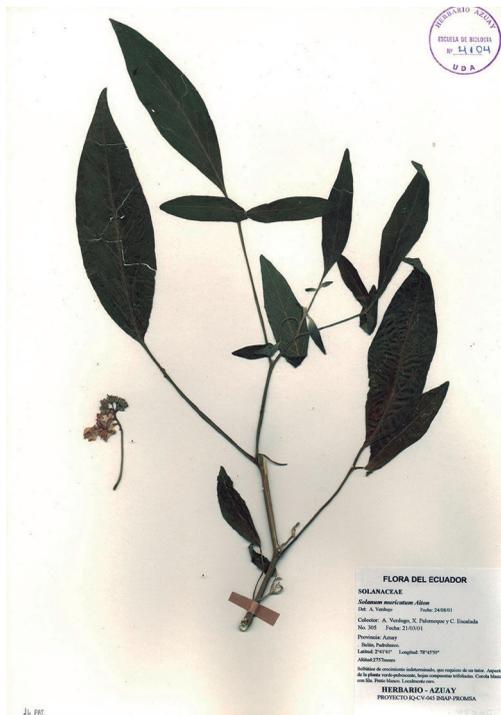


Imagen 4. Muestra botánica.
(Herbario UDA, 2001)

a. Obtención de fotografías aéreas con dron

El equipo utilizado para este proyecto es una *DJI Phantom 3 Pro* que para el levantamiento de la información inicia con la programación de vuelos del dron, para lograr mayor calidad de la información los vuelos se los procura realizar en días despejados y de luz no variable para que la captura de las fotografías aéreas sean lo más limpias posible y así al momento de procesarlas obtener un producto de buena calidad. La programación del vuelo se la realiza mediante el software "*PIX4D Capture*" para Apple que cuenta con varios modos de plan de vuelo. En nuestro caso en concreto se lo realizó con el modo *Double Grid For 3D Models*.

b. Generación de ortofoto

Capturada el área deseada se procesan las fotografías mediante el software de escritorio Agisoft Photoscan Pro. Luego del procesado se obtendrá como

resultado la ortofotografía georreferenciada. Con procesos adicionales se obtienen ciertos productos de interés como nubes de puntos del área y modelos digitales de elevaciones. Cabe resaltar que todas las fotografías que se obtienen del dron cuentan con sus respectivas coordenadas ya que este incorpora un GPS. Dado que las coordenadas suelen presentar errores de desplazamiento, hemos solventado este inconveniente tomando puntos de control a través de la ortofotografía de SIGTIERRAS, que presenta menor error de desplazamiento en relación con las obtenidas por el dron.

c. Georreferenciación forestal

Una vez generadas las ortofotografías se puede proceder a la generación de los *shapefiles* con la ubicación de cada uno de los puntos que representan a cada individuo dentro del inventario forestal. Para esto nos ayudamos con las coordenadas levantadas en el campo para cada ejem-



Imagen 5. Programación vuelo parque de la madre

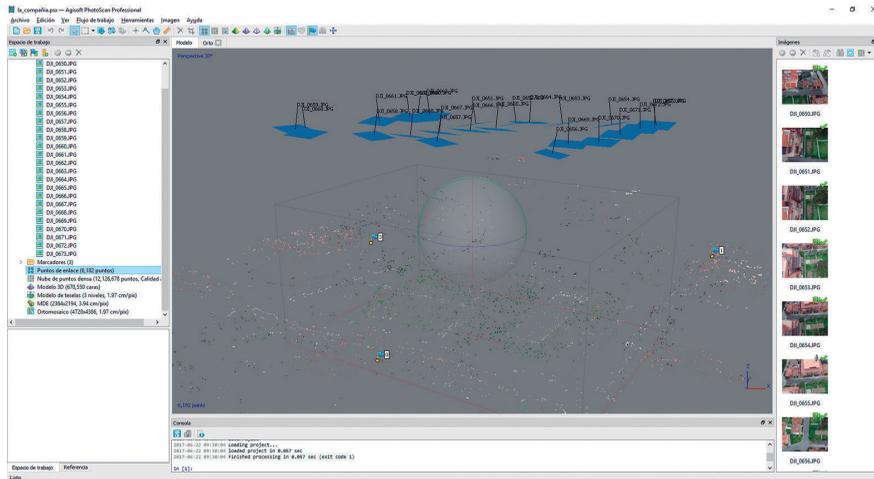


Imagen 6. Proceso de generación de ortofotografía

plar, más la ortofotografía de cada parque como base para poder ubicar a cada uno en la capa a crear. Estas capas contarán con información básica del individuo como su código, código del parque al que pertenece y sus coordenadas, ya que toda la información de los individuos forestales se encuentra en la base datos a la cual se vincularán posteriormente para obtener su información completa.

3. Publicación de información

Contando con la información validada por los especialistas en el área y los productos que permiten observar la ubicación tanto de parques urbanos como de los árboles que se encuentran albergados por éstos se procede a publicar la información disponible de manera paulatina. Para esto se usan las herramientas con las que ya cuenta el grupo del IERSE como el visor de capas basado en *Geoexplorer* como cliente web.

En este proceso de publicación se podrá encontrar toda la información rela-

cionada con cada individuo del inventario forestal, y luego de los análisis respectivos estaremos en capacidad de publicar de igual manera el estado de salud de los árboles, de acuerdo con las ponderaciones que hicieron los especialistas sobre los datos recopilados para determinar su estado.

Todas estas labores de larga duración, sobre todo por la información que se levanta en el campo se ha considerado realizar por etapas, es así que inicialmente se selecciona uno de los parques del área de estudio, en el cual se realiza el levantamiento de toda la información. Una vez finalizado el inventario y la validación de datos de esta ubicación se procede a seleccionar otro parque hasta culminar lo propuesto por el grupo de trabajo.

Resultados

La combinación de este conjunto de técnicas y herramientas usadas para llegar al objetivo general de este proyecto genera una serie de productos/resultados que

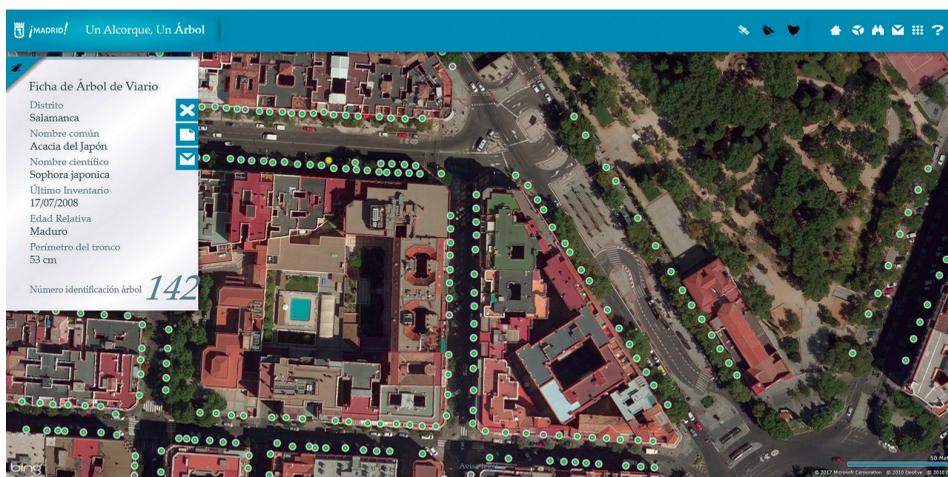


Imagen 7. Portal un alcorque, un árbol

permiten representar de una mejor manera la información a la ciudadanía, y se convierte en una base para proyectos de similares magnitudes.

Entre los productos obtenidos se tienen dos catálogos, el primero contiene las ortofotografías que al culminar todo el levantamiento de información ofrecerá al menos 30 imágenes aéreas ortorrectificadas que, entre uno de sus varios usos, puede permitir realizar mediciones reales de áreas, al ser una representación precisa de los parques urbanos.

La toma de muestras botánicas de los individuos que se encuentran dentro del inventario forestal proporciona un segundo catálogo, en este caso un catálogo botánico de especies de árboles ubicadas en los parques urbanos de la ciudad de Cuenca, muestras que pueden darse a conocer a la ciudadanía mediante su publicación a través del geoportal para que se conozcan las características físicas de los individuos forestales que pueden encontrarse, y su ubicación exacta.

Entre los resultados principales tras la elaboración de este proyecto se tiene el obtener una base sólida de información forestal urbana a nivel de parques para el estudio de lo que sucede en la ciudad de Cuenca con respecto a sus áreas verdes y posteriormente, con un análisis más profundo, poder determinar los lugares en los que ha existido una degradación de estas áreas y es necesaria su readecuación, o aquellos espacios en los que se requiera la implantación de nuevos individuos forestales de acuerdo con sus características; a su vez mediante análisis más sencillos se logra también determinar cuáles son aquellas grandes masas de vegetación clasificadas por especie, la familia predominante en cada parque, así como también a nivel urbano y la influencia que causa en el perímetro de la ciudad. De la misma manera el correcto inventario forestal permitirá identificar a aquellos árboles que se localicen en sectores que no correspondan a su entorno ya sea por su ubicación geográfica, debido a que provoca un deterioro a la infraestructura de la ciudad o por convertirse en riesgo para la ciudadanía.

Conclusiones

El centrarnos en el desarrollo de un sistema que permita contar y obtener características de los árboles ubicados en los parques urbanos de Cuenca es el objetivo principal de este proyecto; así, se muestra a la ciudadanía el tipo de árboles con los que se cuenta, la cantidad de individuos forestales por especie y su estado de vigorosidad, características que son una fuente de información para concientizar sobre el cuidado de la importancia del árbol en la calidad ambiental de la ciudad. Los análisis que se hacen en base a todos los individuos dentro del inventario forestal ayudan tanto a ciudadanos como a autoridades para tomar acciones y formar parte de mejoramientos de nuestras áreas verdes, así como lo ha aplicado el proyecto mencionado del Ayuntamiento de Madrid, en el cual los ciudadanos, a través de este portal web, pueden solicitar nuevas plantaciones o sugerencias de mantenimiento, algo que permite la interacción directa de la ciudadanía con los responsables de las áreas verdes.

Uno de los limitantes encontrados es que al estar en una ciudad con clima muy variable la captura de fotografías aéreas con drones se hace más complicado y por consiguiente el desarrollo de los productos como ortofotografías requieren mayor tiempo. De igual manera sucede con el levantamiento de información de campo.

En base a todas las experiencias y requerimientos durante el desarrollo de este sistema consideramos importante que se pueda realizar un estudio más detallado de cada individuo forestal y agregar la longevidad entre las características a inventariar. Sin duda un aporte importante sería el poder investigar con base en la información recolectada la cantidad de oxígeno que proporciona este conjunto de árboles o cada uno de ellos a la ciudad; estudios de cómo o en qué cantidad pueden ayudar a disminuir el ruido en el ambiente son aplicaciones o investigaciones de alto impacto que se deberían considerar a futuro.

Bibliografía

- Ayuntamiento de Madrid. (2007). *Un Alcorque, un árbol*. Obtenido de <http://unalcorqueunarbol.cloudapp.net/indexplain.html>
- Cuenca, GAD Municipal Cantón. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca 2015*. Cuenca.
- Delgado Inga, O. (2013). *Sistemas de control y gestión de parques, jardines y áreas verdes administrados por la EMAC - EP para la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2010-2014). *SIGTIERRAS*. Obtenido de www.sigtierras.gob.ec
- Quezada Jara, P. (2015). *Ubicación óptima de parques zonales en el área urbana de la ciudad de Cuenca a través de evaluación multicriterio*. Cuenca.