



**Cartografía,
catastro y
Sistemas de
Información
Geográfica
municipales**

Construcción de modelos combinando la econometría y el aprendizaje de máquina para el avalúo catastral de predios urbanos y rurales

Zhindón Martín¹, Quevedo Sebastián², Angamarca Pablo³, Córdova Federico¹

1 Centro de Investigación/Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción/Universidad Católica de Cuenca
Av. de las Américas/Azuay/Ecuador
mgzhindonm@ucacue.edu.ec
nfcordovag@ucacue.edu.ec

2 Ingeniería de Sistemas/Facultad de Tecnologías de la Información/ Universidad Católica de Cuenca sede Azogues
Av. Ernesto Cheguevara/Cañar/ Ecuador
asquevedo@ucacue.edu.ec

3 EVOTECH
Panamericana Sur/Cañar/Ecuador
pabloangamarca@gmail.com

RESUMEN

La emisión de las Normas Técnicas para Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos y Rurales del Ecuador (NTCBIUR), establecen las directrices para la elaboración de modelos de valoración de bienes inmuebles basados en la econometría. En este contexto este trabajo consiste en la construcción de modelos combinando la econometría y técnicas de aprendizaje de máquina (ML), por sus siglas en inglés, para el modelado eficiente de relaciones entre variables económicas complejas, para el avalúo de predios urbanos y rurales. La econometría es una técnica que ha sido empleada de manera convencional para representar relaciones entre variables económicas y realizar predicciones, y su enfoque ha sido la validación de modelos que parten de asumir que los datos provienen de modelos estocásticos, por otro lado existen técnicas modernas que se han desarrollado para la manipulación de los datos, los cuales no analizan la naturaleza de donde provienen los datos, ni el grado de relación que pueda existir entre variables, éstas técnicas emplean modelos a través de algoritmos que permiten realizar predicciones a partir de los datos, y no se centran en analizar los modelos sino la precisión de sus predicciones. La combinación de estas dos técnicas se realiza utilizando el modelo convencional empleado en la econometría para representar relaciones entre variables y el uso de técnicas empleadas en ML, para llegar a establecer los parámetros de éste modelo. Este documento es un reporte de resultados preliminares de las metodologías y técnicas empleadas para la actualización de los avalúos catastrales de los bienes inmuebles del cantón Déleg.

Palabras clave: **econometría, aprendizaje de máquina, datos, modelos, predicciones.**

ABSTRACT

The Technical Standards for Cadastre of Urban and Rural Real Estate of Ecuador establish guidelines for the elaboration of models of property valuation based on econometrics. In this context, this work consists of the construction of models combining econometrics and machine learning techniques, for the efficient modeling of relations between complex economic variables, for the valuation of urban and rural properties. Econometrics is a technique that has been used conventionally to represent relationships between economic variables and make predictions, and its focus has been the validation of models that assume the data come from stochastic models, on the other hand there are modern techniques that have been developed for the manipulation of data, which do not analyze the nature of where

the data come from, nor the degree of relationship that may exist between variables, these techniques use models through algorithms that allow to make predictions from the data , And do not focus on analyzing the models but the accuracy of their predictions. The combination of these two techniques is done using the conventional model used in econometrics to represent relationships between variables and the use of techniques used in ML, in order to establish the parameters of this model. This document is a report of preliminary results of the methodologies and techniques used for the updating of the cadastral valuation of canton Déleg.

Keywords: econometrics, machine learning, data, models, predictions.

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros (DINAC) se institucionalizó en el año de 1966 con el fin de crear un inventario centralizado de las propiedades rurales (Lopez Chavez, n.d.), recientemente y luego de cincuenta años, la DINAC emite las NTCBIUR, En ésta se establecen los criterios técnicos y las metodologías para su aplicación a nivel nacional. La NTCBIUR obliga y faculta a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM) a emplear modelos econométricos para la valoración de bienes inmuebles (Dirección Nacional de Avalúos y Catastros, 2016). Por esta razón es necesario que los GADM analicen sus métodos de valoración que emplean actualmente y reformulen o crear nuevos modelos acordes a la normativa.

Los avalúos de bienes inmueble urbanos o rurales son establecidos considerando los precios comerciales actualizados en la zona, y realizados con conocimientos científicos, técnicos o artísticos (Contraloría General del Estado, 2016).

El caso de estudio seleccionado es el cantón de Déleg¹ por encontrarse en proceso de renovación de su plataforma tecnológica de gestión de catastro de bienes inmuebles, y al igual que el resto de cantones, sus GADM tiene que realizar la actualización de su catastro acorde a la NTCBIUR.

La metodología actual de valoración con la que cuenta el GADM del cantón Déleg, fue adoptada en el año 2005, mediante convenio de transferencia tecnológica a través de la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME). A través de este convenio entró en funcionamiento el sistema de avalúos catastrales, que automatiza la valoración de los bienes inmuebles. El convenio se limitó a la instalación del sistema y a la capacitación técnica con respecto a la herramienta tecnológica para su mantenimiento, pero no se transmitió el fundamento de la metodología que emplea para la valoración. Debido a esto la valoración ha sido guiada y se ha llevado a cabo mediante la herramienta tecnológica compuesta de un sinnúmero de indicadores, variables, formularios, pero sin conocer cuál es su fundamento, prácticamente, el instrumento es el que determina la valoración, sin un criterio técnico o científico, y mucho menos considerando la realidad del territorio. Este desconocimiento hace que la evaluación del método y su análisis se vuelva extremadamente complejo al momento de determinar si se ajusta a las metodologías propuestas por la NTCBIUR, siendo muchas veces la exploración del código fuente del aplicativo la única manera de comprender en alguna medida su funcionamiento.

Debido a la dificultad, la falta de conocimiento técnico o científico de los métodos de valoraciones y a la necesidad de adaptarse a la nueva normativa de NTICURB, el propósito de este trabajo es crear modelos para la valoración de bienes

combinando la econometría y una rama de la inteligencia artificial conocida como aprendizaje de máquina.

Las computadoras actualmente se encuentran involucradas en la mayoría de las transacciones, entre estas las económicas, permitiendo capturar éste tipo de datos (Varian, 2014). Una técnica común utilizada para manipular y analizar estos datos es la econometría. La econometría en sus primeras definiciones se conceptualiza como la unificación de las matemáticas, la estadística y la teoría económica, para comprender las relaciones cuantitativas de la vida económica (Frisch & Waugh, 1933). Una definición moderna establece que es la aplicación de las matemáticas estadísticas, herramientas de la inferencia estadística para la medición empírica de relaciones postuladas por una teoría de base. Las técnicas econométricas han sido empleadas en diversos campos como la política, la salud, transporte, ingeniería entre otras (Greene, 2012). De igual manera la NTICURB establece que la valoración de los bienes se puede realizar mediante la aplicación de éstos principios econométricos.

Por otro lado otra técnica utilizada para analizar estos datos es ML. El término ML fue introducido por primera vez por Samuel, (1959) quien lo definió como el campo de estudio en donde las computadoras son capaces de aprender sin la necesidad de ser programadas explícitamente. Posteriormente apareció una definición contemporánea y completa que indica que un programa de computadora aprende de la experiencia E con respecto a una tarea T y una medida de rendimiento P, si su rendimiento en la tarea T, medido por P, mejora con la experiencia E (Mitchell, 1997).

ML es una rama de la Inteligencia Artificial que trata con el desarrollo de algoritmos que pueden ser utilizados por las computadoras para el aprendizaje automático de patrones en los datos (Satnam, 2009).

ML y la econometría buscan patrones que puedan ser extraídos de los datos. El análisis de datos en la econometría entre otros busca predecir u obtener información de los datos mientras que ML esta principalmente enfocado en la predicción (Varian, 2014).

Las dos técnicas utilizan las matemáticas y la estadística para el tratamiento y análisis de los datos. La diferencia radica en que la econometría asume que los datos a ser analizados provienen de modelos estocásticos y éstos se utilizan para estimar parámetros de un modelo cuya validación se hace de acuerdo a pruebas de ajuste y análisis de residuos. El enfoque de ML por otro lado es encontrar un algoritmo que opere sobre entradas para predecir salidas, la validación del algoritmo se mide por la precisión en su predicción (Breiman, 2001).

Este documento es un artículo de reporte de caso. En éste se proporcionan detalles técnicos, metodológicos y resultados

¹ Déleg, cantón perteneciente a la provincial del Cañar.

preliminares en el proceso de la creación de un modelo matemático que combina la econometría y el aprendizaje de máquina, para el avalúo catastral de predios. No se abordan los criterios de selección de variables, las relaciones entre éstas, y tampoco su grado de influencia al momento de establecer avalúo.

El objetivo es crear un modelo combinando la econometría y ML ajustados a la NTICURB para la valoración de predios mediante el desarrollo de un algoritmo de aprendizaje personalizado que sea capaz de predecir el avalúo de un terreno en función de sus características físicas y económicas.

II. MÉTODO

A pesar de que las técnicas convencionales estadísticas y de econometría funcionan correctamente, existen otras que permiten formas más efectivas de expresar relaciones económicas complejas, como ML. En este contexto tanto las técnicas de la econometría y minería de datos se encuentran fundamentadas en las matemáticas y la estadística, la diferencia es que la primera posee un componente adicional que es la teoría económica mientras que la segunda se fundamenta en la implementación de algoritmos. En este trabajo se utilizarán de manera combinada estas dos técnicas para crear un modelo que permita relacionar características de los predios, y a través de estos realizar predicciones sobre los avalúos.

Los parámetros que definen la ecuación que más se ajusta a los datos son obtenidos del entrenamiento del algoritmo de ML. Para verificar la validez de los parámetros obtenidos, las muestras se dividen en dos conjuntos, el primero correspondiente a datos de entrenamiento, el segundo a datos de prueba. Previo a la aplicación se realizará un proceso de escalado de las variables independientes, para finalmente encontrar la ecuación que mejor determine el precio del bien a valorar.

A. COMBINACIÓN DE LA ECONOMETRÍA Y ML

Aunque la econometría puede ser empleada para hacer predicciones su principal aplicación es la estimación y análisis de modelos, su principal herramienta es el modelo de regresión múltiple y es considerado el único instrumento para realizar investigaciones empíricas. El modelo de regresión múltiple se utiliza para encontrar las relaciones entre las variables independientes o explicativas y la variable dependiente. A continuación el modelo de regresión lineal múltiple está definido por la ecuación [1]:

$$\hat{y} = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon \quad (1)$$

$$= x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \dots + x_k\beta_k$$

donde \hat{y} es la variable explicada; x_i son las variables explicativas, ε es el error y β son los parámetros del modelo (Greene, 2012). La estimación de los parámetros se realiza mediante los mínimos cuadrados, que en su forma más simple es la de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), éste estima los parámetros como los valores que minimizan la suma de los errores ε entre los valores observados y los que predice el modelo, ecuación [2]:

$$\varepsilon = \sum_I (y - \hat{y})^2 \quad (2)$$

donde y es el valor observado y \hat{y} la predicción (Abdi, 2003). El enfoque de MCO para minimizar el error en un modelo de regresión lineal simple son las derivadas, mientras que para la regresión múltiple es el álgebra de matrices (Abdi, 2003). Éste es el enfoque convencional que utiliza la econometría para

estimar los parámetros del modelo. La combinación entre la econometría y ML consiste en reemplazar éstos dos métodos de estimación de parámetros convencionales, por un método de ajuste de aproximación numérica utilizado en ML denominado Algoritmo de Descenso de Gradiente (ADG).

La pendiente de gradiente es un método iterativo que trata de encontrar los mejores valores de estimación. En cada paso se hace una aproximación y esta se va mejorando sucesivamente conforme avanzan las iteraciones (Abdi, 2003). El ADG es la implementación de éste método utilizando un lenguaje de programación específico. Las redes neuronales consideradas parte de ML, constituyen una aplicación contemporánea del empleo de este método.

B. ML Y REGRESIÓN MULTIVARIADA

Los algoritmos supervisados de regresión, buscan predecir resultados como una salida continua, para lo cual realizan un mapeo de los datos de entrada a una función que produzca esta salida continua, estableciendo una relación entre los datos de entrada y una salida conocida. En este caso la función de mapeo es la ecuación [3], que corresponde al modelo de regresión múltiple con notación empleada en ML (Ng, n.d.).

$$h_{\theta}(x) = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \dots + \theta_k x_k \quad (3)$$

El algoritmo implementado aprende los parámetros θ a partir de los datos, e intenta minimizar la función de costo, ecuación [4].

$$J(\theta) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta} x^{(i)} - y^{(i)})^2 \quad (4)$$

En ML, la función de costo es análoga a la función del error que usa la econometría. ADG se encara de encontrar los parámetros θ que minimicen la función de costo.

C. EXTRACCIÓN, TRANSFORMACIÓN Y CARGA DE DATOS

Una de las actividades más importantes en esta etapa es la selección de variables que en conjunto sean determinantes en el avalúo del predio, ya que la precisión de las predicciones del modelo depende los parámetros que el algoritmo aprenda de los datos de entrenamiento. Las características seleccionadas del predio para su valoración son: servicios básicos, poblaciones cercanas al predio, vías, riego, topografía, drenaje, erosión, forma del predio, tipo de riesgos y área.

Una vez seleccionadas las características se procede a extraer de la base de datos del sistema de catastros, los predios y sus atributos utilizando el lenguaje SQL. Con la finalidad de eliminar registros atípicos, los predios a cargar en el algoritmo ML serán los que cumplan los siguientes criterios: precio > \$5000 y área < 77 Ha.

Además es necesario realizar un proceso de transformación de todos los atributos cualitativos para que puedan ser cuantificados y utilizados para cargar y entrenar el algoritmo ML. Las tablas I y II muestran la codificación de atributos ordinales y nominales respectivamente.

TABLA I
Codificación de datos Ordinales

FORMA DEL PREDIO	CODIFICACIÓN
Regular	3
Irregular	2
Muy irregular	1

TABLA II
CODIFICACIÓN DE DATOS NOMINALES

TIPO DE RIESGO	CODIFICACIÓN
Deslaves	1
Hundimiento	1
Volcánico	1
Inundación	1

D. VALIDACIÓN

Luego de la fase de entrenamiento, el resultado que devuelve el algoritmo es el modelo con los parámetros resultantes de la etapa de aprendizaje. La validación de éste se realiza utilizando el conjunto de datos de prueba, y su validez se establece en base a la precisión con la que realiza las predicciones.

III. RESULTADOS

A continuación se presenta el ADG implementado con el lenguaje de programación Octave², éste se utilizó para encontrar los parámetros θ del modelo para la predicciones de avalúos.

```

for i = 1:iteraciones
    predicciones = X * theta;
    error = predicciones - y;
    delta_aux = zeros(length(theta),1);
    delta_aux = X' * error;
    delta = (alpha * (1/m)) .* delta_aux;
    theta = theta - delta;
end
    
```

Luego de haber desarrollado el algoritmo ML, se obtuvieron 7090 predios rurales de la base de datos. Éstos contienen todas las características del predio en función de las cuales se realiza el avalúo del inmueble, además constituyen los registros válidos, luego de la eliminaron de los registros atípicos. El 50% de éstos se utilizaron para el entrenamiento del algoritmo y el restante se utilizó para realizar la validación de las predicciones.

La Figura 1 permite visualizar como se minimiza la función de costo sucesivamente conforme el ADG avanza en cada una de las iteraciones.

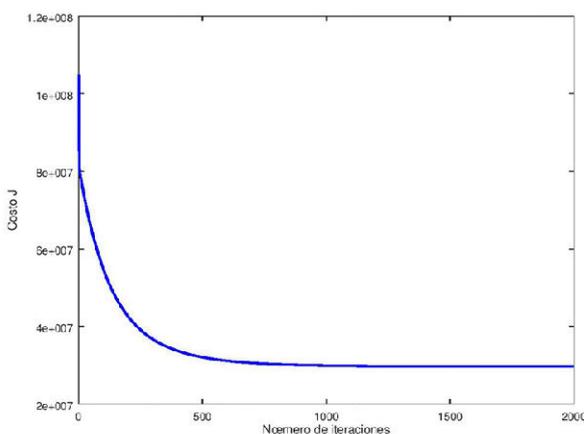


Figura 1. Gráfica que muestra cómo se minimiza el costo J en función de los parámetros θ ajustados sucesivamente en cada iteración.

La tabla III contiene una muestra de diez valores correspondientes al conjunto de datos de prueba, para la evaluación del modelo.

TABLA III
Comparación entre predicciones de avalúos por el modelo y avalúos reales

PREDICCIONES	REALES
\$19260.66	\$16945.70
\$5970.07	\$5603.54
\$20808.56	\$24664.53
\$18911.94	\$16088.93
\$20860.55	\$35747.08
\$7360.25	\$6183.98
\$17951.55	\$7108.11
\$21601.58	\$43160.50
\$21585.09	\$25595.46
\$17800.97	\$6438.69

IV. CONCLUSIONES

La combinación de las técnicas econométricas y de aprendizaje de maquina es posible debido a que las dos se encuentran fundamentas en las matemáticas y la estadística, de esta manera es posible construir modelos que permitan establecer relaciones complejas para la valoración entre las variables independientes, combinando el aprendizaje de máquina para la valoración de predios. El algoritmo ML aprenden del conjunto de muestras de entrenamiento en lugar de programar fórmulas para una tarea específica.

La figura I, muestra que el funcionamiento de ADG es correcto, ya que en cada iteración reduce el costo que es equivalente a la reducción del error cuadrado. A pesar de que el funcionamiento del algoritmo es correcto, si se observa la tabla III, se puede observar que en esa pequeña muestra existen errores muy notables entre las predicciones y el valor real. Esto se debe a que el propósito inicial fue la construcción del modelo, por esta razón, la selección de variables no se realizó con el análisis adecuado, ya que si bien es cierto una variable puede estar relacionada directamente con el avalúo, al combinarla con otras variables puede perder su valor predictivo.

Pese a que el modelo fue probado con datos de predios rurales, éste se puede emplear para la valoración de predios urbanos, sin la necesidad de modificación alguna, ya que al tratarse un algoritmo de ML, lo único que necesita son los datos de entrenamiento, para a través de estos aprender los parámetros para cualquier valoración con cualquier número de variables que representen cualquier característica de los predios.

La metodología que se propone no se encuentra dentro de los enfoques y principios aplicados a la valoración que contempla la normativa NTCBIUR, esto no significa que el modelo no se pueda aplicar, ya que la norma en uno de sus apartados establece que en el caso de emplear otro método de valoración no contemplado, éste puede ser puesto a consideración ante las autoridades competentes (Dirección Nacional de Avalúos y Catastros, 2016).

Con la presentación de estos resultados preliminares y conociendo que el modelo funciona la siguiente etapa es mejorar

² <https://www.gnu.org/software/octave/>

la selección de las características de los predios que intervienen en el avalúo.

Este trabajo se puede replicar a otros municipios del Ecuador, ya que se conoce que sus avalúos son en función de la misma herramienta tecnológica implementada y transferida por la AME.

El aporte fundamental de este trabajo al GADM de Déleg es el componente científico, fundamental para el proceso de valoración de acuerdo a la NTCUR, esto marca el enfoque y la diferencia entre el desarrollo de este proyecto y el que pudiera prestar cualquier consultora en tecnología.

REFERENCIAS

- Abdi, H. (2003). Least Squares., 1-4.
- Breiman, L. (2001). Statistical Modeling: The Two Cultures. *Statistical Science*, 16(3), 199-231.
- Contraloría General del Estado, E. (2016). Reglamento administración y control de bienes del sector público.
- Dirección Nacional de Avalúos y Catastros, E. (2016). Normas técnicas nacionales para el catastro de bienes inmuebles urbanos - rurales y avalúos de bienes; operación y cálculo de tarifas por los servicios técnicos de la Dirección Nacional de Avalúos y Catastros. Retrieved from <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Acuerdo-Ministerial-No-0029-16-Normas-Tecnicas-Nacionales-para-el-Catastro-de-Bienes-Inmuebles-Urbanos-Rurales-y-Avaluos-de-Bienes-Operacion-y-Calculo-de-Tarifas-de-la-Dinac.pdf>
- Frisch, R., & Waugh, F. V. (1933). Partial time regressions as compared with individual trends. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 387-401.
- Greene, W. H. (2012). *Econometric Analysis*. Prentice Hall. <https://doi.org/10.1198/jasa.2002.s458>
- Lopez Chavez, J. R. (n.d.). Historia y evolución del catastro en el Ecuador. Retrieved from http://www.catastrolatino.org/documentos/bogotanov2005/ponencia_ecuador.pdf
- Mitchell, T. (1997). *Machine Learning*.
- Ng, A. (n.d.). *Machine Learning* | Coursera. Retrieved June 8, 2017, from <https://www.coursera.org/learn/machine-learning/home/welcome>
- Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 210-229. <https://doi.org/10.1147/rd.33.0210>
- Satnam, A. (2009). *Collective intelligence in action*.
- Varian, H. (2014). *Big Data: New Tricks for Econometrics*.

Evaluación de Método de Corrección Geométrica de Fotografía Aérea escala 1:1.000 capturada por vehículos aéreos no tripulados estableciendo una red Geodésica de cuarto orden

Rivera Yela Juan Pablo¹

¹ Departamento de Postgrados/
Universidad del Azuay - DRONEXT
Cia. Ltda.
Calle del Varayo L-95 y De Los Cere-
zos - Cuenca/Azuay/Ecuador
juanpablorivera@hotmail.com

RESUMEN

La presente investigación evalúa la calidad y precisión del levantamiento de fotografía aérea con nuevas herramientas tecnológicas. Para ello se realizó el levantamiento de fotografía a escala 1:1.000 de un área de 30 hectáreas por medio de un Vehículo Aéreo no Tripulado (UAV por sus siglas en inglés), más conocido como Drone; esto en la ciudad de Paute, provincia de Azuay (sierra sur del Ecuador). Para ello se estableció una red geodésica de cuarto orden o GCP (Ground Control Point) para corregir los errores de posicionamiento del drone, con programas especializados. Con esta información se procesaron los datos del levantamiento de fotografía aérea y se compararon con las especificaciones técnicas generales para realización de cartografía topográfica a cualquier escala, y con las Especificaciones Técnicas para Ortofotos Digitales, para dadas por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM). Se pudo comprobar que el ortofotomosaico realizado con el drone cumple con las especificaciones técnicas mencionadas tanto en su precisión horizontal como vertical.

Palabras clave: **UAV (Unmanned Aerial Vehicle), drone, IGM (Instituto Geográfico Militar), REGME (Red GNSS de Monitoreo Continuo del Ecuador), GCP (Ground Control Point)**

ABSTRACT

This research carried out in the city of Paute, Azuay province (southern Ecuador, mountain region), evaluates the quality and precision of aerial photography with new technological tools. In order to achieve this, a picture at a 1: 1.000 scale of a 30 hectare area was taken through an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) better known as Drone, which required establishing a fourth order geodetic network or GCP (Ground Control Point) to correct drone positioning errors through specialized programs. With this information, the data of aerial photography survey were processed and compared with the technical specifications for implementing topographic maps of any scale, as well as with the Technical Specifications for Digital Orthophotography provided by the Military Geographic Institute of Ecuador (IGM, as per its Spanish acronym). It was found that the orthophotomosaic made with the drone meets the technical specifications both in horizontal and vertical accuracy.

Keywords: **UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Drone, IGM (Military Geographic Institute), REGME (GNSS Continuous Monitoring Network of Ecuador), GCP (Ground Control Point)**

I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos aéreos no tripulados UAV's (Unmanned Aerial Vehicle) por sus siglas en inglés, se los define como un vehículo aéreo motorizado, que no lleva a bordo tripulante humano, y que por su propulsión se mantiene en sustentación. (Velasco, et al, 2012; Cuerno, 2015)

Con el desarrollo y advenimiento de la tecnología (a partir de la última década), tanto de posicionamiento (DGPS, GLO-NASS), como el desarrollo de la fotografía digital, y sensores aeroportables (cada vez de menor peso y dimensiones), el desarrollo de los UAV's de diversos usos civiles y comerciales se ha masificado.

Ha existido mucho debate a nivel local y nacional sobre la exactitud y precisiones de los productos obtenidos en los levantamientos con UAV's; es por esto que el presente estudio pretende evaluar el Método de Corrección Geométrica (Georeferencial) de Fotografía Aérea capturada por un UAV, estableciendo una red Geodésica de cuarto orden en 30 hectáreas (aprox.) de la ciudad de Paute, cantón Paute de la provincia del Azuay; siguiendo las especificaciones técnicas generales para realización de cartografía topográfica a cualquier escala dadas por el IGM (2006).

La presente investigación permite conocer si las precisiones y exactitud de los datos obtenidos con un UAV son los requeridos por el Instituto Geográfico Militar para este tipo de estudios.

Los levantamientos de fotografía aérea a detalle, utilizando la metodología tradicional de tomas con aviones tripulados, presentan varios limitantes, entre estos los elevados costos de toma de fotografía aérea tradicional, condiciones óptimas climáticas para vuelos tripulados, tramitología de permisos para vuelos, entre otros; en tanto que el levantamiento de fotografía aérea con drones representa costos menores, las condiciones de clima no son tan estrictas debido a las alturas de vuelo, los permisos de vuelo son menos complicados de obtener, mantienen mayores precisiones, ahorran tiempo en los levantamientos, entre otras (Coello y Ballesteros, 2014).

Por tanto se plantea que el levantamiento de fotografía aérea con UAV / Drone de 30 hectáreas (aproximadamente) a escala 1:1.000 de la ciudad de Paute cumple los estándares de calidad y precisión que requiere el IGM en sus "Especificaciones Técnicas Generales para la realización de Cartografía Topográfica a cualquier Escala (Primer Borrador)" y además con las "Especificaciones Técnicas para Ortofotos Digitales (Primer Borrador); estableciendo una red geodésica de cuarto orden.

II. MÉTODO

El sitio de estudio, se ubica al noroeste de la provincia del Azuay (sierra sur del Ecuador), en el cantón Paute, parroquia del mismo nombre, con mayor especificidad en la zona sur de la ciudad de Paute. La superficie levantada fue de 30 hectáreas (ha) de las aproximadamente 400 ha que presenta la ciudad. (INEC, 2011) (Anexo 1)

2.1. ARMADO DE LA RED GEODÉSICA DE 4TO ORDEN O PUNTOS DE CONTROL DE SUELO (GCP)

Como primer paso se identificó la zona de la ciudad de Paute, que contenga una superficie aproximada de 30 ha (el tamaño elegido se basa en que con esta superficie se puede obtener una muestra representativa de la ciudad, a mas que es un tamaño manejable por el volumen de información) para realizar las mediciones, además, que conste de zonas urbanas consolidadas, por consolidar, infraestructura vial, y lotes baldíos (Fi-

gura 1). Como segundo paso fue la adquisición de la memoria técnica de la estación Cuenca (CUEC) de la REGME, que, por su cercanía (28,7 km) al sitio de estudio fue la más indicada para usar los datos para el post-procesamiento.

Luego, se realizaron las mediciones para la Red Geodésica de 4to Orden o Punto de Control de Suelo (GCP por sus siglas en inglés), ésta constó de 6 puntos. Con el uso de dos DGPS (Spectra Promark 120); mismos que estaban programados como móviles para que tomen los datos en modo Cinemático - Stop and Go, y almacenen sus datos para post-procesamiento, con un tiempo no menor a 30 minutos de lectura por cada punto (antena nivelada horizontal y verticalmente a 1,5 m). (Pachas, 2009).



Figura 1. Medición de Puntos de control (GCP)

2.2. POST - PROCESAMIENTO DE DATOS LEVANTADOS PARA LA RED GEODÉSICA DE 4TO ORDEN O GCP

Luego de realizado el levantamiento de red geodésica en campo, se realizaron las correcciones de pos-procesamiento de los datos por medio del programa GNSS Solutions (programa propio del DGPS) y Trimble Business Center V3.4.

Procesamiento con programa GNSS Solutions.

Para el post-proceso de los datos, se debe considerar el día GPS de la estación Cuenca (CUEC), mismo que inicia desde las 19h00 del día 20/02/2016; y culmina a las 17h00 del día 21/02/2016, cubriendo de manera adecuada las horas de levantamiento o medición de la red geodésica de cuarto orden o GCP; misma que fue efectuada entre las 10h30 hasta 13h30 del 21/02/2016. Se debe indicar que al crear un proyecto nuevo en este programa, es necesario calibrar los datos de Datum, y demás parámetros para que sean compatibles con los datos de los GCP y con los datos de la estación CUEC. Luego de este paso, se procede a generar el reporte de procesamiento, en donde se obtienen las coordenadas corregidas y sus residuales.

Procesamiento con Programa Trimble Business Center (v. 3.4)

El procedimiento es similar al programa anterior, se adicionan los puntos, previo a la colocación adecuada del Datum, y el elipsoide de referencia. Con un mecanismo similar al programa anterior, se realiza la corrección con los datos de la estación CUEC; de la misma manera se generan los vectores de corrección y se genera el reporte de corrección de los datos y sus residuales.

Se debe anotar que tanto los DGPS, el Plan de Vuelo, el drone, y los parámetros de calibración de los programas empleados para el post-procesamiento de datos crudos de los DGPS (GNSS Solutions, Trimble Business Center), así como el de post - procesamiento del drone (Pix4DMapper) estaban con las siguientes coordenadas:

- Proyección: UTM
- Datum: WGS84
- Zona de Referencia: 17 Sur

2.3. PLANIFICACIÓN DE VUELO

Un paso previo al vuelo es la planificación del mismo, el cual se lo realiza con el programa eMotion 2 propio del Drone (Ebee Ag) en donde se seleccionan los siguientes parámetros del vuelo:

- Tipo de cámara: WX RGB
- Radio de área de trabajo: 950 m a la redonda para que cubra el área de estudio
- Altura máxima del área de trabajo: como techo para que el Drone no sobrepase la altura programada, 390 m para este vuelo.
- Definición del tamaño del pixel: 10 cm.
- Traslape lateral y longitudinal: del 75% en ambos casos, para densificar puntos y evitar sombras.
- Velocidad promedio del viento: 6 m/s; tomado de las estaciones meteorológicas más cercanas.
- Máximo tiempo de vuelo: 35 min.
- Ubicación del punto de despegue/aterrizaje y punto de Home (Casa): este lugar debe ser despejado por lo menos en 80 metros de largo por 30 metros de ancho, es decir sin obstáculos como edificios, casas, árboles, cables de alta tensión, antenas, entre otros, que puedan causar alguna colisión o accidente.
- Además se incluye un modelo digital de elevaciones el sitio de estudio para que el Drone calcule gradientes de altura para obtener siempre el mismo tamaño de pixel
- Dibujo del polígono de levantamiento: 30 ha
- Se realiza una simulación de vuelo para comprobar que todos los parámetros estén correctamente colocados (Emotion 2 Manual, 2015).

Las horas de vuelo óptimas son de 9H00 hasta 16H00, para evitar sombras por los crepúsculos, a más se debe constatar las condiciones meteorológicas como vientos fuertes y presencia de lluvias, en ese caso el Drone no podrá volar.

Con todas estas especificaciones técnicas, las características resultantes del plan de vuelo fueron:

- Número de Vuelos: 1
- Tiempo estimado del Vuelo: 21:26 minutos
- Distancia total del Vuelo: 13,6 km
- Cobertura total del Suelo: 30 ha
- Número de líneas de Vuelo: 8 transversales y 5 longitudinales
- Espacio entre líneas de vuelo: 104 m
- Distancia entre fotos: 76,7 m
- Cobertura de una sola foto: 416,2 x 306,9 m (127.731,72 m² o 12,77 ha)
- Número de Fotos: 99

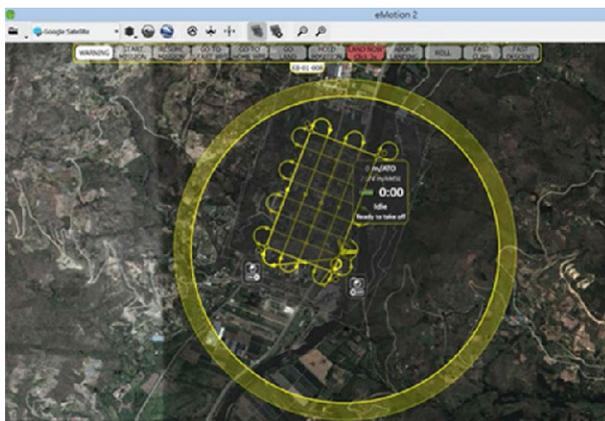


Figura 2. Plan de Vuelo para Sitio de Estudio

2.4. EJECUCIÓN DEL VUELO.

Previo a la ejecución del vuelo, con la red geodésica de 4to orden o GCP establecida; se procedió a la colocación de Land-Marks (Marcas de Tierra o Suelo) en los 6 puntos de control previamente medidos. Estas marcas de tierra son 10 veces mayores al tamaño del pixel del levantamiento, para este caso el tamaño de pixel no será superior a los 10 cm, por tanto el tamaño de las marcas de tierra fueron de 1 m². (Anexo 2)



Figura 3. Marcas de Tierra o Suelo (Land Mark)

Una vez colocadas las marcas de suelo en los GCPs medidos se procedió a armar el drone, y a comprobar que la planificación del vuelo este correcta; verificar que no existan obstáculos en la zona de despegue y aterrizaje, y corroborar que la dirección y velocidad del viento sean las adecuadas.



Figura 4. Inicio de Vuelo con UAV

2.5. FASE DE LABORATORIO.

Para esta fase se utilizaron programas especializados como el Pix4Dmapper (2016), eMotion2, propios del Drone, en donde se realizaron los siguientes procedimientos:

- Descarga de fotografías aéreas del drone con su respectivo archivo de posicionamiento georeferencial y altitudinal (de los sensores internos del UAV).
- Incorporación de los puntos de control de suelo (GCPs) de la red geodésica levantada.
- Generación de coincidencias entre puntos de control e imágenes procesadas.
- Reporte de calidad, en donde indica solapamiento entre fotos, puntos de enlace, varianza absoluta y relativa de la Geolocalización en X, Y, Z, generación de nube de puntos, generación de DSM (Modelo Digital de Superficies); Generación de Ortofotomosaico. (Pix4DMapper Pro User Manual, 2016).

III. RESULTADOS

3.1. POST - PROCESAMIENTO DE RED GEODÉSICA DE 4TO ORDEN O GCP

Post - procesamiento con programa GNSS Solutions.

Los datos crudos recogidos por el receptor móvil deben ser procesados para determinar la relación diferencial existente entre los puntos ocupados durante la toma de datos. El resultado del procesamiento de datos brutos DGPS es un vector que define esta relación. El cálculo de estos vectores constituye la tarea del módulo de procesamiento de datos de GNSS Solutions. (GNSS Solutions, 2005).

Con estas consideraciones, los datos obtenidos para los 6 GCP de la red geodésica de 4to orden fueron (Tabla I):

TABLA I.
COORDENADAS MEDIDAS Y POST - PROCESADAS CON PROGRAMA GNSS SOLUTIONS

Código	Xprocesado	Yprocesado	Zprocesado	Xerror	Yerror	Zerror
				95%	95%	95%
P1	748367,679	9690861,391	2202,527	0,158	0,145	0,192
P2	748736,337	9690818,142	2198,921	0,056	0,056	0,055
P3	748877,275	9691088,076	2197,817	0,051	0,055	0,062
P4	748509,008	9691212,009	2198,648	0,056	0,056	0,061
P5	748884,818	9691271,282	2196,808	0,056	0,056	0,057
P6	748579,751	9691389,844	2199,028	0,099	0,12	0,134
PROMEDIO				0,079	0,081	0,094

Como se puede observar en la Tabla I, los residuales de las coordenadas procesadas en cuatro de los 6 puntos, están por debajo de los 10 cm, con excepción del P1 que se encuentra en 0,158 en X; 0,145 en Y, y 0,192 en Z; P6 que tiene un error o incertidumbre de 0,099 en X; 0,120 en Y, y 0,134 en Z; estos errores pueden deberse posiblemente en fallos de lectura del DGPS, o en el momento de realizar el post-proceso con los datos de la estación CUEC los vectores de calibración calculan más error en estos dos puntos. Esto puede significar que al momento de realizar la calibración de la fotografía aérea, el modelo contenga errores superiores a los aceptados por el IGM.

Como se puede observar en la Tabla I, los residuales de las coordenadas procesadas en cuatro de los 6 puntos, están por debajo de los 10 cm, con excepción del P1 que se encuentra en 0,158 en X; 0,145 en Y, y 0,192 en Z; P6 que tiene un error o incertidumbre de 0,099 en X; 0,120 en Y, y 0,134 en Z; estos errores pueden deberse posiblemente en fallos de lectura del DGPS, o en el momento de realizar el post-proceso con los datos de la estación CUEC los vectores de calibración calculan más error en estos dos puntos. Esto puede significar que al momento de realizar la calibración de la fotografía aérea, el modelo contenga errores superiores a los aceptados por el IGM.

Post - procesamiento con programa Trimble Business Center (TBC) v3.4.

El post-procesamiento es muy similar al anterior programa; en primer lugar se coloca el datum, sistemas de coordenadas y demás datos requeridos al nuevo proyecto creado, luego se cargan los puntos levantados en campo por el DGPS (datos crudos), seguido de esto los datos de la estación base CUEC, si se aplica el post-procesamiento (TBC, 2014). En este caso, TBC, detecta dos puntos que sobrepasan el rango de error de 10 cm y para el análisis éstos datos "Desacoplan", por lo que les anula del análisis ya que no entran dentro del 95% de confianza, estos puntos fueron P1 y P2.

Se debe mencionar que P1 y P2 fueron tomados aproximadamente a las 13H00; este mayor error se pudo dar porque algu-

nos de los satélites tuvieron brechas o cortes de información en sus datos, siendo este un indicio de pérdida de ciclo de la señal satelital, errores de gama no válida y otros problemas de perdida de señal. (TBC, 2014)

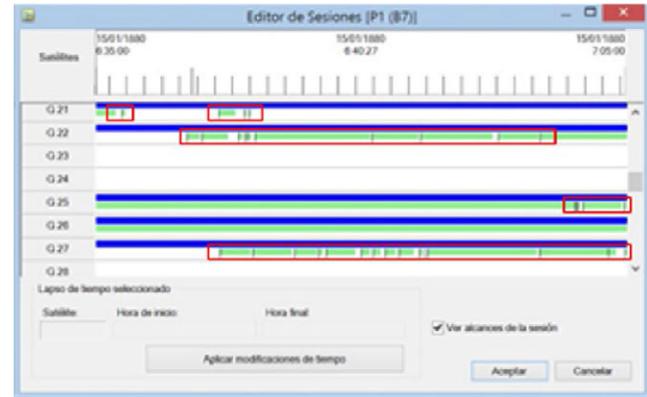


Figura 5. Errores de Información de Satélite para P1

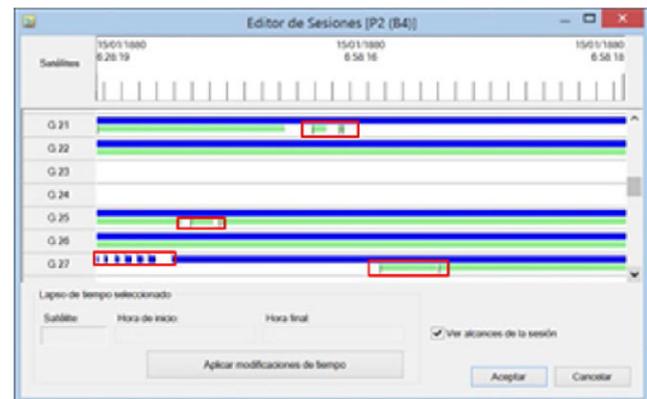


Figura 6. Errores de Información de Satélite para P2

En donde los colores verde y azul representan la continuidad de los datos emitidos por los satélites, en tanto que las líneas de color negro (dentro de los recuadros rojos) muestran la ruptura y la discontinuidad de datos que pudo dar origen a los errores en los puntos mencionados.

TABLA II.
DATOS PROCESADOS POR PROGRAMA TBC (EN ROJO DATOS QUE DESACOPLAN)

Código	Xprocesado	Yprocesado	Zprocesado	Xerror	Yerror	Zerror
				95%	95%	95%
P1	748368,617	9690860,918	2202,94	0,175	0,104	0,114
P2	748737,146	9690818,031	2199,154	0,352	0,141	0,162
P3	748878,163	9691087,93	2197,994	0,011	0,03	0,033
P4	748509,091	9691211,808	2198,566	0,012	0,03	0,031
P5	748885,711	9691271,141	2196,943	0,026	0,04	0,047
P6	748580,254	9691390,243	2198,048	0,017	0,041	0,045
PROMEDIO				0,099	0,0643	0,072

Los Puntos 1 y 2 presentan errores altos con respecto a los demás puntos debido a que las lecturas del DGPS sufrieron pérdida de señal (Figuras 5 y 6), esto provocó que al momento del post-proceso sus residuales sean muy superiores a los otros GCP, por lo que podrían causar ruido en el post-proceso de la fotografía aérea.

Como se puede notar, al comparar las coordenadas resultantes del post-proceso del Programa GNSS Solutions (propio del DGPS Promark 120) y del Trimble Business Center (TBC) v3.4, existen diferencia de 2 a 3 m; se debe indicar que el GNSS Solutions, fue

creado en el año 2005, y hasta el momento no ha tenido actualizaciones; en cambio TBC es del año 2014; por lo que se puede deducir que sus algoritmos de cálculo y calidad de productos es mejor que el GNSS Solutions, pudiendo éstos datos tener mejor grado de confiabilidad (Delgado, Com. per, 2016)

3.2. PROCESAMIENTO DEL VUELO

Descarga de datos del vuelo realizado por medio del programa eMotion 2, en donde se descargan los fotogramas y posteriormente los datos de los sensores internos del dron, tanto los de posicionamiento como los de altura.

El siguiente paso es cargar en el Programa Pix4Dmapper la secuencia de las 99 imágenes del vuelo, calibrando al programa con el mismo datum y sistema de coordenadas que se ha estado trabajando.

A continuación, se carga el archivo de posicionamiento y de alturas para que combinen internamente fotos y datos.

Luego de este paso, se importan los puntos de DGPS post procesados, y se inicia la calibración manual con los GCP's (Puntos de control de suelo).

Se debe tener en cuenta que es necesario calibrar por lo menos dos fotogramas para que el programa inicie el mecanismo de post-procesamiento. El mecanismo para el ajuste, es dar un clic sobre el punto de control en la nube de puntos (recuadro rojo), inmediatamente se despliega una pantalla donde aparecen las fotografías en las que el GCP de la red geodésica de 4to orden se encuentra, se realiza un zoom adecuado y se da un clic en el centro del GCP (representado por una cruz amarilla en fondo rojo), y mientras más fotografías se puedan corregir por punto de control mejor será la precisión (circulo azul), luego de realizar los ajustes correspondientes, se da la orden al programa de re-optimizar y ajustar las fotografías a las correcciones efectuadas. Una vez realizado este paso, se generan datos de calibración del GCP ejecutado (recuadro amarillo). Se repite este paso para los 6 GCP de la red geodésica. (Anexo 3)

Luego de la calibración existen datos que muestran la calidad de la calibración entre estos:

- La Varianza a posteriori (S^2).- Que da una idea del error de la proyección, valor que al acercarse más a 0 indica la precisión en la calibración del punto.
- Error teórico $S(X, Y, Z)$.- Se refiere al error de calibración entre fotografías, se recomienda muestrear en más de 2 fotogramas para reducir esta incertidumbre, mientras más cercano a 0 la corrección es más exacta
- Distancia Ortogonal máxima al haz $D(X, Y, Z)$.-La distancia ortogonal máxima es la distancia máxima desde el punto 3D estimado y todos los rayos utiliza para calcular este punto 3D. La distancia se mide entre el punto 3D y el punto definido por la línea perpendicular al rayo que pasa por el punto 3D. Mientras más cercano a 0 su medición es más exacta.
- Error de posición inicial de punto de apoyo.- Error teórico que es calculado a partir de las calibraciones del punto inicial de apoyo.
- Posición Inicial y Posición Calculada.- Son datos de corrección donde muestra en coordenadas los desplazamientos iniciales y los resultados finales.

3.2.1 Modelo 1: Calibración de la Ortofoto con GCP's post-procesados por programa GNSS Solution.

Para poder comparar resultados de precisión y calidad, se rea-

lizó cuatro tipos de calibraciones o post - proceso al vuelo generado con el dron.

En primer lugar se evaluó los resultados con los GCP's post-procesados con el programa GNSS Solutions, en donde se incluyó 6 GCP's de los cuales 4 fueron puntos 3D de Apoyo y 2 Puntos de Control, esto para una mejor calibración; puesto que el programa Pix4DMapper pide como un condicionante la colocación de al menos un Punto de Control (check point), dejando a los demás puntos como Puntos de Apoyo 3D; para la siguiente prueba se colocaron como puntos de control P3 y P4.

El programa Pix4DMapper, genera un reporte de calidad de los productos procesados, que enumera todas las características de los procesos realizados y la calidad de los productos generados (Anexo 4), y entre estos acápite se encuentra los Detalles de Geolocalización (Geolocation Details) de los Puntos de Control de Suelo (Ground Control Points)

En el Anexo 4, se puede observar los rangos de los errores en X, Y, Z, medidos en metros y los errores medios en las tres direcciones de coordenadas. La última columna cuenta el número de imágenes calibradas donde el GCP se ha verificado de forma automática vs la marcada manualmente, en donde la media del error de los 4 puntos 3D en $X=0,0255$; en $Y=-0,0623$; $Z=-0,1302$; errores que no superan los 10 cm a excepción de la altura Z. Pudiendo asumir que los errores entran dentro de un rango bajo según lo requerido por el IGM (2008)

En tanto que en los puntos de control, el error de P3 es exagerado en Z (-0,820 m); y en P4 en X presenta un alto error de 0,691 m y en Z -0,541 m; si lo comparamos con lo que exige el IGM (2008) en calidad y precisión; por lo que este modelo no cumple con la hipótesis planteada

En tanto que el Sigma y el RMS de los puntos de control son muy altos, lo que hace que esta prueba sea poco confiable, sobre todo en las coordenadas X y Z, si lo comparamos con lo que pide el IGM (2008).

El Anexo 5 muestra el mapa en donde constan los GCP's post-procesados sobre el ortofotomosaico corregido en base a estos mismos puntos. En donde se pueden visualizar los errores de posicionamiento.

3.2.2 Modelo 2: Calibración de la Ortofoto con GCP's post-procesados por programa Trimble Business Center con 6 GCP.

Para este modelamiento, igual que el caso anterior, se usaron los 6 GCP, pese a que el Programa TBC descarto 2 GCPs (Punto 1 y 2), por contener mayor error que los anteriores, para que pueda ser comparado con el modelo anterior, se colocaron los mismos puntos de Apoyo 3D (P1, P2, P5 y P6) y como Puntos de Control (Check Points) P4 y P5. De igual manera que el caso anterior el programa Pix4DMapper genera el reporte de calidad.

Como se observa en el Anexo 6, la media de los errores de X, Y, Z; son más bajos, si las comparamos con el modelo anterior, a excepción de X, la media es de -0,0777; Y es -0,0518 y en Z -0,0851; esto dentro de los 4 GCP (P1, P2, P5 y P6). El error de proyección medido en pixels (0,658 cm como promedio), no alcanza a un pixel, siendo su valor más alto el asignado para el punto 3D P5

En donde existe una diferencia significativa con el modelo anterior, es en los Puntos de Control (Check Point) en donde el error en X es de 0,1955, en Y 0,0203 y en Z -0,4766; por lo que su Sigma y RMS también es menor, siendo este modelo más preciso que el anterior. (Anexo 6)

El Anexo 7 muestra la localización de los 6 GCPs post-procesados con referencia al ortofotomosaico calibrado a partir de estos mismos puntos. Este modelo muestra menos desplazamiento de los centros de las marcas de suelo y los GCPs post-procesados, en especial en P2, P3, P5 y P6; en tanto que P1 y P4 se alejan más del centro de la marca de suelo.

3.2.3 Modelo 3: Calibración de la Ortofoto con GCP's post-procesados por programa Trimble Business Center con 4 GCP.

Para este modelo, se utilizaron solo los GCP que no desacoplaron en el análisis de post-procesamiento del Programa TBC, siendo estos, P3, P4 y P6, como puntos 3D, y como punto de control (Check Point) P5. Los resultados que a continuación se presenta fueron extraídos del reporte de calidad del modelo 3.

Como se puede observar en el Anexo 8 los puntos 3D y el Punto de Control no superan los 0,0512 m de error ya sea en X, Y o Z, tanto en los puntos 3D como en el punto de control; se debe considerar además que la media de X, Y, Z de los puntos 3D su precisión es de milímetros. Lo mismo ocurre con Sigma y el RMS, haciéndole a éste un modelo muy preciso si lo comparamos con los otros dos modelos realizados. Se realizó el mismo ejercicio que en los dos modelos anteriores, y se cotejó en un mapa la precisión entre los GCPs post-procesados y el ortofotomosaico procesado con los mismos GCPs, los resultados se muestran en el Anexo 9.

3.2.4 Modelo 4: Calibración de la Ortofoto con GCP's post-procesados por programa GNSS Solutions con 4 GCP.

Para guardar rigor estadístico comparativo, se construyó este modelo, utilizando 4 de los 6 GCP post-procesados con el programa GNSS Solutions, siendo estos; P3, P4 y P6, como puntos 3D, y como punto de control (Check Point) P5. Los resultados del modelo 4 fueron extraídos del Reporte de Calidad.

Si el Punto de Control (Check Point) P5 en el Anexo 10, se observa que los valores en Y y Z superan los límites exigidos por el IGM (2008). Por tanto el modelo 4 se descarta, y el modelo 3 se considera como el mejor producto de la presente investigación.

Al igual que los modelos anteriores, se colocan los 4 CGP en el ortofotomosaico calibrado por estos mismos puntos. (Anexo 11) Como se observa en la figura los puntos con mayor desplazamiento son P4 y P5.

3.2.5 Comparación visual entre Modelos.

Al comparar el Modelo 3 (colores reales), con el Modelo 1 (colores en negativo), se puede observar que en modelo 1 existe un desplazamiento de aproximadamente 0,90 m hacia el oeste; esto medido con la herramienta Measure del programa Arcgis 10.2 (Figura 7)



Figura 7. Comparación de precisiones entre Modelo 3 (más preciso) con Modelo 1.

De igual forma se realizó la comparación del Modelo 3 (colores reales) con el Modelo 2 (colores en negativo), y se pudo observar y medir que existe un desplazamiento de aproximadamente 0,10 m hacia el oeste, esto medido con la herramienta Measure del programa Arcgis 10.2. La Figura 8 muestra el desplazamiento que es casi imperceptible.



Figura 8. Comparación de precisiones entre Modelo 3 (más preciso) con Modelo 2

En la Figura 9, al igual que los casos anteriores, se compara el Modelo 3 (más preciso, de colores reales) con el Modelo 4 (colores azulados), y se puede observar que existe un desplazamiento del Modelo 4 de 0,40 m al oeste; esto medido con la herramienta Measure del programa Arcgis 10.2



Figura 9. Comparación de precisiones entre Modelo 3 (más preciso) con Modelo 4

3.2.6 Comparación visual con ortofoto del proyecto SIGTIERRAS.

Aunque las escalas son diferentes, puesto que la ortofoto del SIGTIERRAS presenta una espacial a 1:5.000 (30 cm tamaño de pixel) y su toma esta dada entre los años 2009 y 2010, en tanto que el ortofotomosaico está a escala 1:1.000 (10 cm tamaño de pixel) para 2016; pero se puede, de cierta manera visualizar si existe variación posicional o de precisión entre los dos productos.

Como se puede observar en la Figura 10, el ortofotomosaico generado en la presente investigación (parte inferior, colores vivos) y la ortofoto del proyecto SIGTIERRAS (parte superior colores pálidos); prácticamente no presentan diferencias en su precisión, ya que existen coincidencias con vías, viviendas, linderos, entre otras, las diferencia no se pudieron medir claramente por la diferencia en el tamaño del pixel, pero se calcula que están alrededor de 0,01 m; esto medido con la herramienta Measure del programa Arcgis 10.2



Figura 10. Comparación visual de precisión entre ortofoto del SIGTIERRAS y el Ortofotomosaico de la presente investigación

3.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS MODELOS OBTENIDOS CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL IGM.

Para este acápite, se tomaran en cuenta algunas especificaciones técnicas dadas por el Instituto Geográfico Militar del Ecuador, que permitirá convalidar los resultados obtenidos en la presente investigación.

3.3.1 Con las Especificaciones técnicas Generales para la realización de Cartografía Topográfica a Cualquier Escala (Primer Borrador) año 2006.

En este documento se describen las especificaciones técnicas para el vuelo y toma de fotografía aérea para aviones tripulados, a continuación en la Tabla III, se coloca una lista de cumplimiento de los procesos descritos por el IGM (2006).

Como se puede observar en la Tabla III, se cumple la mayoría de requerimientos técnicos observados en este documento; se supera en el traslape longitudinal y lateral; pero no se cumple con el tiempo de lectura del DGPS, ya que para esa época, los equipos tenían menor tecnología y la REGME no estaba tan densificada. Al consultar con los técnicos del IGM, ellos mencionaron que para la distancia (28,7 km) de donde está el sitio de estudio a la estación CUEC, solo eran necesarios 30 min de lectura. (Yépez, com. per., 2016)

Existen otros parámetros y condicionantes que no fueron observados en este documento, ya que en el mismo mencionan y características propias de vuelos tripulados con cámaras analógicas para fotografía aérea

3.3.2 Con las Especificaciones técnicas para Ortofotos Digitales (Primer Borrador) año 2008.

Este documento producido por el IGM (2008), detalla las especificaciones técnicas para la obtención de ortofotos y ortofotomosaicos, tomando en cuenta los pasos necesarios para asegurar que los productos cumplan con los parámetros de exactitud.

Se hace mención a la necesidad de tomar puntos de control para la calibración del modelo resultante; además aluden a las correcciones de deformidad (paralelaje) de las fotos, y de cómo escoger el mejor método para este procedimiento. Además mencionan que se deben realizar correcciones radiométricas para la estandarización del color y la brillantez de la ortofoto.

Mencionan además, que las ortofotos deben contener continuidad o traslape adecuado, y que este va a depender de las características del terreno.

TABLA III.

LISTA DE COMPROBACIÓN DE ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LA TOMA DE FOTOGRAFÍA AÉREA.

Condiciones de Vuelo	IGM	Investigador
<i>LÍNEAS DE VUELO</i>		
Fotografías Sucesivas ángulo no mayor a 5°		Cumple
Líneas de vuelo paralelas Angulo no mayor a 5°		Cumple
<i>RECUBRIMIENTO</i>		
Terreno Plano 60% traslape longitudinal		75% (Supera)
Terreno Plano 60% traslape lateral		75% (Supera)
<i>CONDICIONES METEOROLÓGICAS</i>		
Cielos despejados, sin nubes, suelo sin bruma		Cumple
<i>CONDICIONES DE CAMARA FOTOGRAFÉTRICA</i>		
Cámara de precisión de buena resolución espacial (tamaño de pixel)		Cumple
		Cumple
Gráficos de Vuelo (líneas de plan de vuelo)		Cumple
<i>SISTEMAS DE NAVEGACIÓN CINEMÁTICOS</i>		
Plan de Vuelo		Cumple
Correcciones de datos de DGPS		Cumple
Metadatos indicando sistema de coordenadas		Cumple
SIRGAS /WGS84		Cumple
<i>TRABAJOS DE APOYO</i>		
Al menos 2 DGPS L1 o L1/L2		DGPS L1
GPS dentro del avión		Cumple
Uso de la REGME para post-proceso		Cumple
Tiempo de Lectura de DGPS por punto (70 min)		30 min
<i>CONDICIONES DE LOS PUNTOS DE APOYO</i>		
Calibrados por datos de alguna estación REGME		Cumple

Algo que deja muy claro este documento es que la exactitud horizontal de la ortofoto u ortofotomosaico, depende de la calibración de la cámara y la exactitud de los puntos de control que deben estar calculados con un intervalo de confianza del 95%.

Además indica las especificaciones técnicas de exactitud para ortofotos digitales, misma Figura 16 que a continuación se detalla.

ESCALA DE LA FOTOGRAFÍA	TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)	ESCALA DE ORTOFOTOS	TAMAÑO DEL PIXEL (EN METROS)	PRECISIÓN HORIZONTAL (EN METROS)	PRECISIÓN VERTICAL (EN METROS)
1:5 000	0.07	1:1 000	0.10	0.30	0.25
1:10 000	0.14	1:2 000	0.20	0.60	0.50
1:20 000	0.28	1:2 500	0.25	0.80	0.60
1:30 000	0.42	1:5 000	0.50	1.50	1.25
1:60 000	0.84	1:10 000	1.00	3.00	2.50
1:60 000	0.84	1:20 000	1.00	6.00	2.50
1:60 000	0.84	1:25 000	1.00	7.50	5.00
1:60 000	0.84	1:50 000	2.00	15.00	10.00

Figura 11. Especificaciones Técnicas para Ortofotos Digitales

Como se puede observar en la Figura 16, las especificaciones técnicas para la precisión horizontal (X, Y) es de 0,30 m; en tanto que para la presión vertical es de 0,25 m, tomando en cuenta un tamaño de pixel de 10 cm.

Tomando en cuenta estas especificaciones técnicas, y considerando sus precisiones tanto horizontal como vertical, el Modelo 1 no calificaría dentro de los parámetros exigidos por el IGM, en tanto que el Modelo 2 por la media en los Puntos de Control no califica solo en la precisión vertical, al igual que el Modelo 4.

Al revisar el Modelo 3, y fijarse en la media del Punto de Control (check point) de sus coordenadas X, Y, Z; éstas cumplen por un amplio margen la precisión establecida por el IGM en sus especificaciones técnicas.

Si se quiere ser más rígido y analizar los datos del Modelo 3, sumándole el error residual del post-procesamiento de los GCP y los del post-proceso del ortofotomosaico, se tendría:

TABLA IV.
SUMATORIA DE ERRORES DE POST-PROCESAMIENTO DE DATOS PARA MODELO 3.

Errores	X	Y	Z
Error Post-proceso GCP (m)	0,017	0,035	0,039
Error Post-proceso Ortofoto (m)	-0,0387	0,0512	0,0075
Sumatoria	-0,0217	0,0862	0,0465

Como se puede apreciar en la Tabla IV, si se suman los dos errores del post-procesamiento ésta sigue cubriendo con amplio margen el requerimiento planteado por el IGM en sus especificaciones técnicas.

Cabe mencionar que el sitio de estudio es un área de poco relieve, puesto que en general la ciudad de Paute no presenta cambios abruptos de pendiente. En caso de que se desarrollase una investigación en una zona urbana o de expansión que presente pendientes pronunciadas (mucho relieve) se debe considerar que las lonas de las marcas de suelo o tierra deben ser colocadas en sitios en los cuales las mismas no queden inclinadas en dirección de la pendiente, ya que esto podría generar dificultades en el momento de las calibraciones manuales de las fotografías en los software especializados, por lo que se debería procurar colocar estas marcas en zonas planas tales como veredas o vías ubicadas en cimas de las colinas, en cajas de control de alcantarillado, canchas deportivas, parques, plazoletas, entre otros. Por lo demás las consideraciones para mantener precisiones dentro de las Normas IGM se basan en la adecuada medición de los GCP o red geodésica de 4to orden.

AGRADECIMIENTOS

Hay muchas personas e instituciones que debo agradecer, entre estas: Omar Delgado por ser un verdadero maestro y guía, quien supo formarme en el tema de Geomática; a la empresa INSIGMA Cia Ltda, A la empresa DRONEXT Cia Ltda, en especial a Diego Ríos y Lisseth Cure, quienes confiaron en mí para la ejecución de esta investigación. Además debo agradecer a Diego Pacheco, Paul Ochoa, y Chester Sellers que con sus valiosos consejos supieron mejorar la presente investigación.

REFERENCIAS

- Coello, A. Ballesteros, G. 2015. Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con Topografía clásica. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Técnicos en Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad politécnica de Madrid.
- Cuerno, C. 2015. Cap. 1. Origen y desarrollo de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas por Control Remoto. Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. Graficas Arias Montano. Madrid - España.
- Delgado, O. 2016. Comunicación Personal en Reunión de Trabajo.
- Drewes, H. 2014. Sistemas de Referencia. Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas SIRGAS - Instituto Geográfico Militar (www.igm.gob.ec). Quito - Ecuador.

IV. CONCLUSIONES

Luego del análisis y discusión de los resultados, tanto de campo como de laboratorio y la relación entre éstos se pueden sacar las siguientes conclusiones principales.

- La base para la precisión del ortofotomosaico y demás productos fruto del levantamiento con el UAV/Drone, es el diseño y medición de la red geodésica de 4to orden o GCPs; debido a que estas actividades proporcionan los datos iniciales de los cuales la investigación se basa y fundamenta sus precisiones; una red adecuadamente medida, siguiendo las recomendaciones técnicas dadas por el IGM en sus diferentes publicaciones, asegura que los resultados sean los más precisos. Para la presente investigación se diseñó y midió la red geodésica de 4to orden de manera adecuada, y fruto de eso se pudo obtener un modelo con exactitudes que entran dentro de los parámetros del IGM. Es recomendable densificar más la red geodésica de 4to orden o GCP para que, si existen puntos que no están bien medidos, existan más puntos que puedan ser auxiliares de la medición.
- Otra conclusión importante que se debe tomar en cuenta, es el trabajar con programas especializados y actualizados para las tareas de post-procesamiento, porque de estos programas también dependen que los datos levantados o medidos en campo cumplan con los estándares adecuados de precisión. Por eso al comparar los productos del post-procesamiento entre el programa GNSS Solutions (año de producción 2005) con el programa Trimble Business Center v3.4 (año de producción 2014), los resultados de este último son los más precisos.
- Se concluye que el Modelo 3 post-procesado con 4 GCPs (en Trimble Business Center), fue el modelo que mayor precisión presenta comparándole con los modelos 1, 2 y 4; ya que excluyó del análisis a los puntos P1 y P2 que mayor ruido en la medición tuvieron, dando un modelo de centímetros de precisión.
- Una de las conclusiones más importantes de esta investigación es que los productos generados por el UAV/Drone, cumplen con las especificaciones técnicas de precisión, tanto horizontal y vertical dados en los documentos técnicos del IGM; si bien es cierto no se pueden seguir todo el proceso metodológico por ellos emitido (ya que es para fotografía aérea tomada con aviones tripulados), se realizó lo más similar posible, y los resultados fueron exitosos. Comprobando la hipótesis planteada en la presente investigación.

Anexo 4

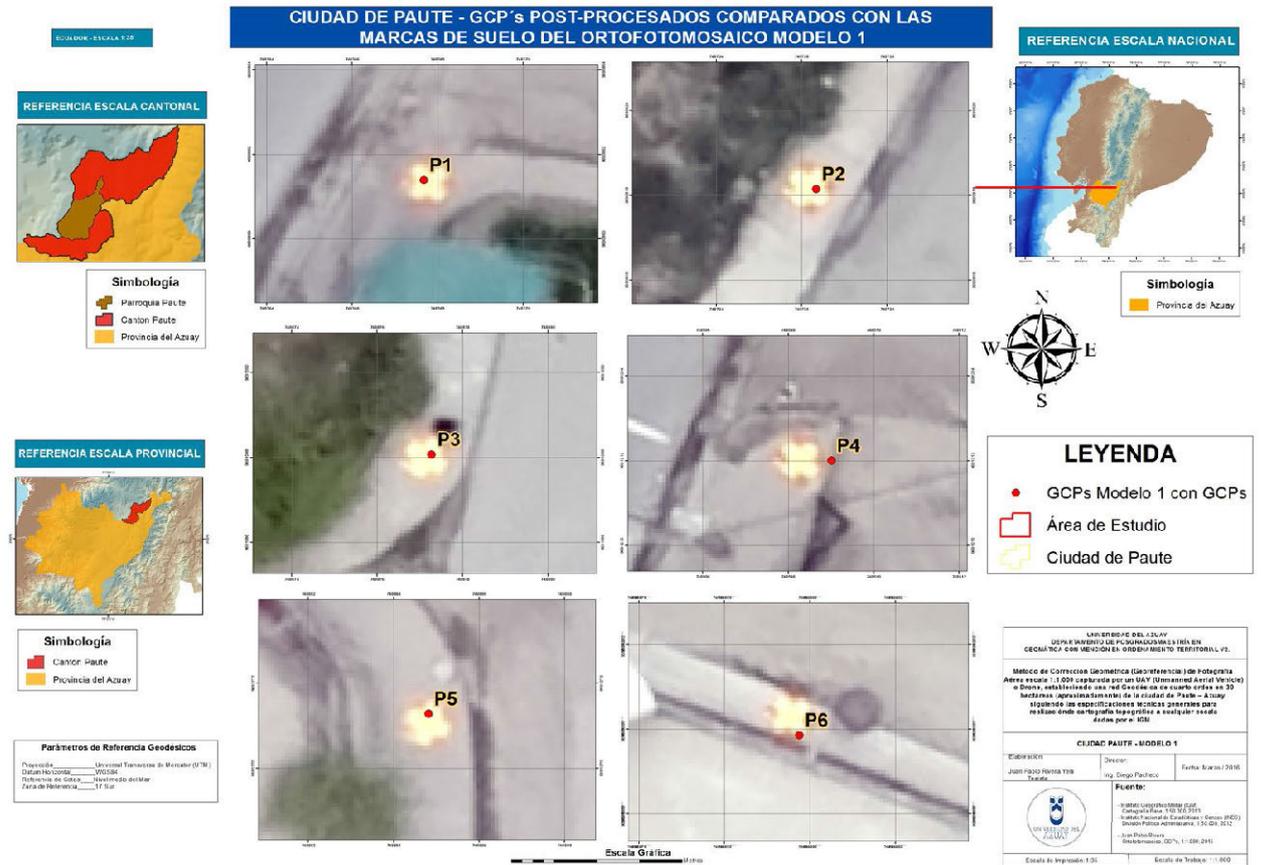
Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P1 (3D)	0.020/ 0.020	-0.136	0.067	0.164	0.627	4 / 4
P2 (3D)	0.020/ 0.020	0.124	-0.025	-0.008	0.475	3 / 3
P5 (3D)	0.020/ 0.020	-0.066	0.146	-0.462	1.342	3 / 3
P6 (3D)	0.020/ 0.020	0.184	-0.437	-0.216	0.521	2 / 2
Mean [m]		0.026529	-0.062342	-0.130296		
Sigma [m]		0.131543	0.224604	0.234035		
RMS Error [m]		0.134191	0.233096	0.267861		

0 out of 2 check pointss have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P3	0.0200/0.0200	0.0697	0.1018	-0.8290	0.1319	2 / 2
P4	0.0200/0.0200	0.6916	-0.0077	-0.5411	0.0141	2 / 2
Mean [m]		0.380638	0.047048	-0.685083		
Sigma [m]		0.310933	0.054785	0.143966		
RMS Error [m]		0.491492	0.072214	0.700046		

Anexo 5



Anexo 6

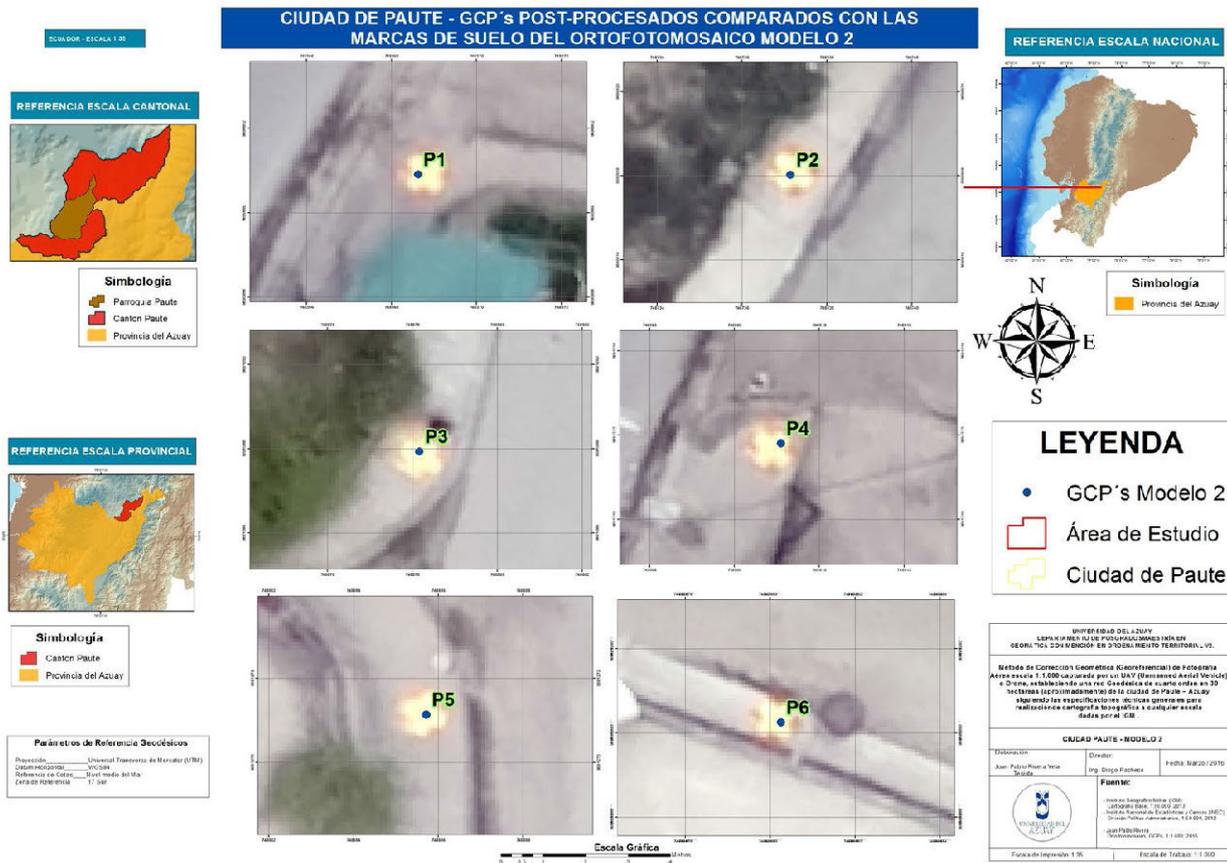
Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P1 (3D)	0.020/0.020	-0.170	-0.014	0.980	0.602	4 / 4
P2 (3D)	0.020/0.020	-0.078	0.039	0.675	0.744	5 / 5
P6 (3D)	0.020/0.020	-0.065	-0.088	-1.879	0.408	4 / 4
Mean [m]		-0.104444	-0.021077	-0.074747		
Sigma [m]		0.046572	0.051862	1.282110		
RMS Error [m]		0.114357	0.055981	1.284287		

0 out of 2 check pointss have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P3	0.0200/0.0200	-0.1315	0.1956	-0.9574	2.7377	13 / 13
P4	0.0200/0.0200	0.0712	0.0252	-0.9888	1.2913	4 / 4
Mean [m]		-0.030129	0.110368	-0.973110		
Sigma [m]		0.101334	0.085189	0.015675		
RMS Error [m]		0.105718	0.139422	0.973236		

Anexo 7



Anexo 8

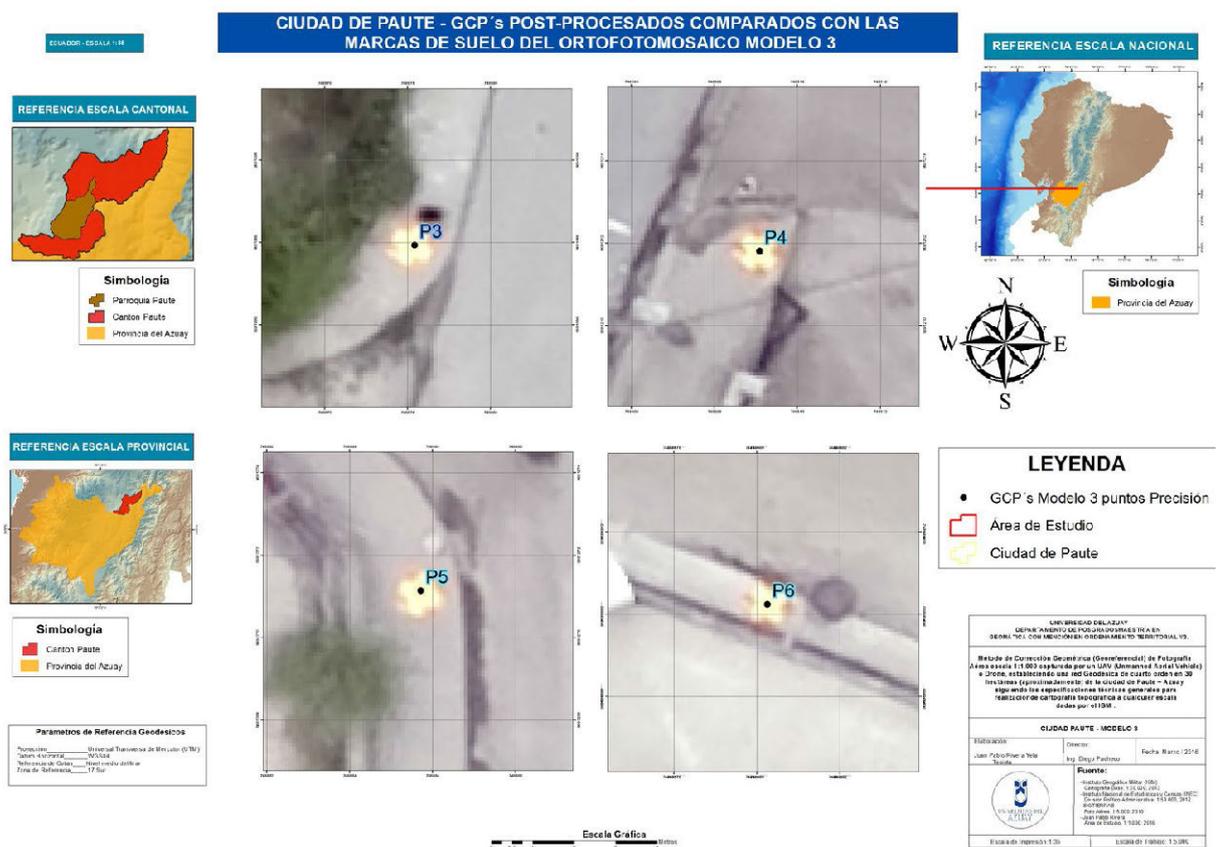
Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P3 (3D)	0.020/ 0.020	-0.001	-0.008	0.006	0.312	3 / 3
P4 (3D)	0.020/ 0.020	0.010	0.001	0.026	0.749	4 / 4
P6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.013	0.006	-0.042	0.388	3 / 3
Mean [m]		-0.001215	-0.000487	-0.003284		
Sigma [m]		0.009129	0.005540	0.028258		
RMS Error [m]		0.009210	0.005561	0.028448		

0 out of 1 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P5	0.0200/0.0200	-0.0367	0.0512	0.0075	0.0531	2 / 2

Anexo 9



Anexo 10

Ground Control Points

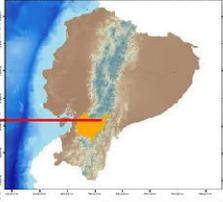
GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P3 (3D)	0.020/ 0.020	0.022	-0.049	-0.007	0.318	3 / 3
P4 (3D)	0.020/ 0.020	0.089	0.101	-0.173	0.634	3 / 3
P6 (3D)	0.020/ 0.020	-0.248	-0.094	-1.624	0.247	2 / 2
Mean [m]		-0.045959	-0.013932	-0.601112		
Sigma [m]		0.145737	0.083287	0.726219		
RMS Error [m]		0.152812	0.084444	0.942725		

0 out of 1 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
P5	0.0200/0.0200	-0.0635	0.3296	-2.7153	0.5707	3 / 3

CIUDAD DE PAUTE - GCP's POST-PROCESADOS COMPARADOS CON LAS MARCAS DE SUELO DEL ORTOFOTOMOSAICO MODELO 4

REFERENCIA ESCALA NACIONAL



Simbología
 Provincia de Azuay

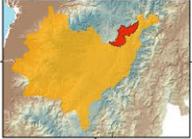


REFERENCIA ESCALA CANTONAL



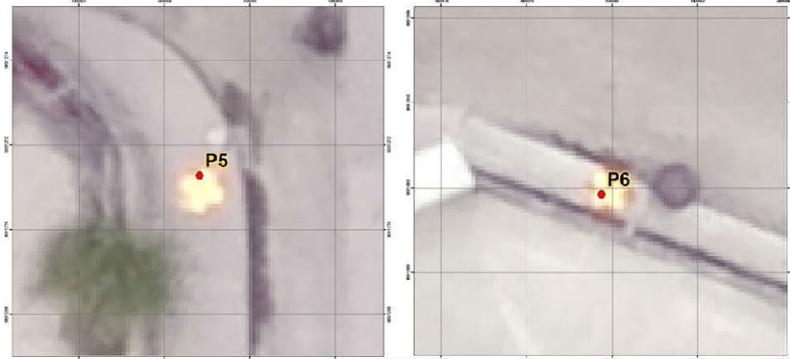
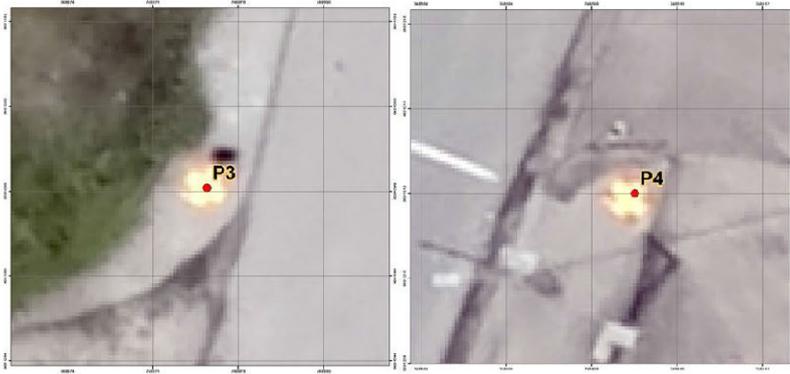
Simbología
 Parroquia Paute
 Canton Paute
 Provincia de Azuay

REFERENCIA ESCALA PROVINCIAL



Simbología
 Canton Paute
 Provincia de Azuay

Parámetros de Referencia Geodésicos
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum: Ecuador 1955
 Referencia de Cotas: Nivel medio de Mar
 Zona de Referencia: 17 East



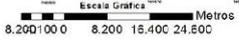
LEYENDA

- GCPs Modelo 4
- Área de Estudio
- Ciudad de Paute

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES EN GEOMÁTICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN TERRITORIAL V2

Método de Corrección Geométrica (Acorralamiento) de Fotografía Aérea
 Método de corrección geométrica por GCP's (Control de Área de Verdad) a través de un software desarrollado por el IIGI, considerando un 5% de incertidumbre en las mediciones de los GCP's, a partir de las coordenadas geográficas de los GCP's obtenidas por el IGN.

CIUDAD PAUTE - MODELO 4		
ELABORADOR:	FECHA:	PROYECTO:
JUAN PABLO GARCÍA YERZA	15/06/2016	Proyecto de Maestría en Geomática
Puede:		
Elaborado en el IIGI, Universidad del Azuay, Campus Azuay, 100100, Azuay, Ecuador. Elaborado en el IIGI, Universidad del Azuay, Campus Azuay, 100100, Azuay, Ecuador. Elaborado en el IIGI, Universidad del Azuay, Campus Azuay, 100100, Azuay, Ecuador.		
Escala de 1:8000 11.000		



Georreferenciación de mapas históricos de Sudamérica para el desarrollo de una galería de mapas web

Diego F. Reyes Yunga¹, Paola A. Salgado Chavez², Oswaldo Padilla³

1, 2,3 Departamento de Ciencias de la Tierra y Construcción-Grupo Geoespacial, /Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente/ Universidad De Las Fuerzas Armadas- ESPE, Sangolquí/ Pichincha/ Ecuador

1 dfreyes2@espe.edu.ec
2 pasalgado@espe.edu.ec
3 ovpadilla@espe.edu.ec

RESUMEN

En los últimos años la información geográfica de libre acceso ha ido en aumento, la mayor parte de esta información cumple con los estándares actuales, sin embargo, no se adapta a los mapas históricos, motivo por el cual surge la iniciativa del presente proyecto para identificar cuan bien ajustada está la cartografía histórica en relación a la actual. Para esto fueron empleados 24 documentos cartográficos liberados en la web y correspondientes a la galería de David Rumsey de los mapas representativos de Sudamérica como caso particular, adicionalmente se geo-referenció las imágenes obteniendo así los valores de error cuadrático medio, los cuales están en función de la distribución y selección de los puntos control homólogos, los valores de máxima y mínima deformación que son directamente proporcionales al transcurso de los años. Sin desestimar la elaboración de la cartografía histórica que es completamente un trabajo de precisión, detalle y una obra arte se debe reconocer el ingenio de los autores para obtener esta información sin las herramientas tecnológicas se dispone actualmente que permiten alcanzar mejor precisión y ajuste óptimos a los estándares legislativos propios de cada sector. Finalmente, bajo el concepto de la difusión de la información se empleó la plataforma de Story Map para la publicación de la cartografía histórica geo-referenciada.

Palabras claves: **Cartografía histórica, geo-referenciación, error cuadrático medio, Sudamérica.**

ABSTRACT

In recent years, free geographical information has been increasing, most of this information meets current standards, however it is not adapted to historical maps, which is why the initiative of this project arises to identify how well adjusted is the historical cartography in relation to the current one. For this purpose, 24 cartographic documents released on the web and corresponding to the David Rumsey gallery of the representative maps of South America as a particular case, were additionally geo-referenced the images obtaining the mean square error values, which are in function of the distribution and selection of homologous control points, the values of maximum and minimum deformation that are directly proportional to the course of the years. Without underestimating the elaboration of historical cartography which is completely a work of precision, detail and a work of art must recognize the ingenuity of the authors to obtain this information without the tech-



Figura 2. Shape oficial de Sudamérica
Fuente: (ESRI, 2015)

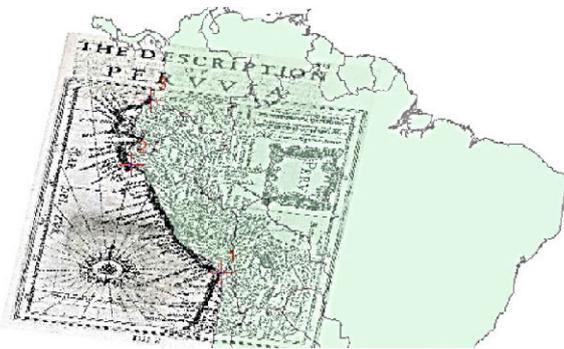


Figura 3. Colocación de puntos de control
Fuente: Elaboración Propia

II.II. II. Transformación a fín

Esta transformación afín también llamada afinidad es parte de la rectificación de la imagen y se hace entre dos espacios afines (figura 4) en este caso la imagen y el shape de Sudamérica y consiste en una transformación lineal seguida de una traslación, la misma que se almacena en una matriz dada por la ecuación [1] elaborada automáticamente en el ArcMap, la misma que va calculando el error cuadrático medio que se genera entre el mapa y shape (figura 5).

$$x' = Ax + By + cy' = Dx + Ey + F \tag{1}$$

Donde x e y son las coordenadas de la capa de entrada y x' e y' son las coordenadas transformadas. A,B,C,D,E,F se determinan comparando la ubicación de los puntos de control de origen y destino. Escalan, sesgan, rotan y traducen las coordenadas de la capa. Este método requiere un mínimo de tres vínculos. Es la opción recomendada para la mayoría de las transformaciones. (ESRI, 2016)



Figura 4. Espacios afines (shape e imagen)
Fuente: Elaboración Propia

Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual ^2
4252	1640537.961068	7937865.104739	47815.4	115889	125566
4801	1320721.306595	8136573.204237	105330	87811.8	135231
9888	479809.759131	9325463.944329	22728.2	33102.5	40162.3
15200	669440.276404	9151575.490103	24067.6	87095.8	90560
19489	4923122.098739	9665911.590118	-69811.9	112338	132283
17061	5488561.456098	8063310.420226	184999	24711.1	186146
71451	1397367.431777	8605532.572573	-24287.6	-4152.73	29640
77913	1544313.341188	7130487.204644	512.72	-112573	112574
16905	919226.981997	8674368.833894	43731.3	57844.7	72815.1
13604	4193300.558746	5754591.847997	-15198	-278074	278529
18177	1091089.637086	8340322.062570	7552.62	161123	161300
13341	1127306.312517	8293216.482674	13435.5	86688	87723
77653	1003852.026692	8155112.572646	62378.8	88521.2	108291

Figura 5. Matriz de transformación afín y visualización de error cuadrático medio
Fuente: Elaboración Propia

II.II.III. Formato salida

Finalmente se estableció un formato de salida con características como: una cuadrícula de la proyección, shape de Sudamérica sobrepuesto y como fondo la imagen del mapa rectificad, el nombre del mapa con su respectivo año de elaboración, escala gráfica y el membrete con los respectivos autores, sistema de proyección, la fecha de elaboración y fuente. (figura 6)



Figura 6. Formato para imágenes rectificadas de mapas
Fuente: Elaboración Propia

II.III. DIFUSIÓN DE LA CARTOGRAFÍA HISTÓRICA REFERENCIADA

Dada la importancia de la difusión de los resultados obtenidos, se encontró oportuno publicarlos a través de la web, encontrándose con la facilidad que brinda un Story Map el cual permite divulgar información geográfica, multimedia y temática, para ello se procedió a:

II.III. I. Crear una cuenta de Story Maps

Ingresa al link oficial de Story Map <https://storymaps.arcgis.com/es/#> donde se registra una cuenta de carácter gratuito, el mismo que permite tener acceso a la aplicación que este nos ofrece.

II.III.II. Elegir temática y formato de visualización

Para ello se seleccionó un Story Map de tipo Journal el mismo que permite la visualización de una línea de tiempo y adjunta

características comparativas entre el mapa original y el rectificado, el cual se ajusta a la presentación de la información del presente proyecto.

II.III.III. Publicación de la información

Para ello se utilizaron las imágenes con el formato de salida preestablecido, e imágenes de mapas históricos recopilados.

Primero subir las imágenes generadas

Añadir el texto explicativo en función a nombre del mapa, información fuente y análisis de resultados obtenidos.

Posteriormente edición visual (figura 7).

Finalmente, publicación en la web.



Figura 7. Visualización de mapas y características
Fuente: Elaboración Propia

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 24 mapas históricos geo-referenciados en el sistema de proyección cartográfica UTM con un ECM máximo de 172981 m² para el mapa de Perú de 1597 (figura 9-anexos) y con un mínimo de 7386.15 m² para el mapa de Perú de 1997 (figura 12-anexos) como se ve en la Tabla I de ECM Mapas Histórico, la media del ECM es de 53352.18 m²

Como producto entregable y con el criterio de la democratización de la información se desarrolló un Story Map con el nombre Galería de mapas históricos de Sudamérica el cual presenta a cada uno de los mapas geo-referenciados sobre la cartografía oficiales, (figura 8); (figura 10 y 12- anexos).



Figura 8. Portada Story Map
Fuente: Elaboración Propia

Como resultado del desarrollo del proyecto y de la geo-referenciación de esta cartografía histórica se plantea incursar en un segundo análisis a posterior en torno a la georeferenciación a los diferentes sistemas de proyección con la finalidad de identificar en que sistema de proyección cartográfico existe una menor deformación con respecto a los elementos representados y al valor del ECM.

TABLA I
ECM - RECTIFICACIÓN DE MAPAS HISTÓRICOS

TÍTULO	AÑO	NÚMERO PUNTOS	ECM M ²
Mapa de Perú	1597	11	172981
Mapa de Perú	1637	17	103159
Mapa de Perú	1665	19	93546.7
Mapa de Perú a Brasil	1705	17	90280.6
Mapa de Perú	1719	7	29134.2
Mapa de Perú	1758	17	58251.7
Mapa de Perú	1812	10	21035.5
Mapa de Perú	1818	14	28769.7
Mapa de Perú	1821	14	14319.8
Mapa de Perú	1822	6	17299.3
Mapa de Perú	1826	24	15983.2
Mapa de Perú	1830	34	14292.3
Mapa de Perú, Brasil, Paraguay	1831	26	16507.4
Mapa de Perú y Bolivia	1832	19	9503.8
Mapa de Perú y Bolivia	1834	26	19338.2
Mapa de Perú y Bolivia	1837	19	34835
Mapa de Perú y Bolivia	1846	9	16745.2
Mapa de Perú y Bolivia	1851	12	43598.8
Mapa de Perú y Bolivia	1856	11	10709
mapa de Sudamérica	1856	24	46864.8
Mapa de Perú y Bolivia	1865	25	10395.8
Mapa de Perú y Bolivia	1869	28	32375.9
Mapa de América Central, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela	1929	36	10407.8
Mapa de Perú	1967	38	7386.15
Promedio del cálculo del Error cuadrático medio			53352.18

Fuente: Elaboración Propia

IV. CONCLUSIONES

Por efecto de la representación de elementos de la cartografía histórica a comparación de la actual se determinó que el mejor criterio para ubicar los puntos homólogos de georeferenciación son los ubicados en torno al perfil costanero o a los cauces de ríos visibles e identificables.

Se identificó una tendencia en torno al año de publicación de los mapas los cuales a medida que pasan los años su ECM decrece obteniéndose así mapas muy próximos a la cartografía oficial, como se observa en el resultado del mapa de 1967 con un valor de ECM de 7386.15 m² siendo el coeficiente menor del conjunto de mapas de estudio, aunque esta magnitud sigue siendo muy alta para este mapa, su principal razón es debido al tipo de proyección cartográfica utilizada y principalmente por la forma de distribución de los puntos dado que para estandarizar la metodología de georeferenciación se colocaron primero puntos alrededor del perfil costanero de los mapas, a razón identificar los elementos a referenciarse, pues muchos de estos son pictóricos o representativos más no espaciales que cumplan con un escala o elemento georeferenciado. Es por ello que se recomienda realizar una segunda fase de trabajo donde se analice la georeferenciación con diferentes sistemas de proyección cartográfica.

Finalmente se concluye que, con el transcurso del tiempo, el nivel detalle y el grado ajuste es aún mayor debido a la implementación de recursos tecnológicos especializados en la obtención de información, pero no cabe desestimar el esfuerzo, técnica y arte de los cartógrafos en la misión de generar

mapas de calidad a comparación de los actuales los cuales son la visión de muchos cartógrafos en la historia de poder representar en toda su plenitud una infinidad de información.

REFERENCIAS

Acero, G. (2017). Sistemas economicos o modos de produccion. Obtenido de Academia.ed el 10 de abril del 2017U: https://www.academia.edu/19260363/SISTEMAS_ECONOMICOS_O_MODOS_DE_PRODUCCION

ESRI. (2015). Shapefiles (*.shp) de Sudamérica. Obtenido el 28 de enero del 2017de <https://tapiquen-sig.jimdo.com/descargas-gratuitas/sudam%C3%A9rica/>

ESRI. (2016). Acerca de las transformaciones de ajuste espacial. Obtenido el 09 de abril del 2017 de ArcMap for Desktop: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/editing-existing-features/about-spatial-adjustment-transformations.htm>

GENTE DIGITAL. (3 de 12 de 2010). El paso del hombre de nómada a sedentario. Obtenido el 10 de abril del 2017 de [gentedigital.es: http://www.gentedigital.es/palencia/noticia/431926/el-paso-del-hombre-de-nomada-a-sedentario/](http://www.gentedigital.es/palencia/noticia/431926/el-paso-del-hombre-de-nomada-a-sedentario/)

humanrightsaction. (9 de 11 de 2003). Democratización de la Información. Obtenido el 07 de abril del 2017de [humanrightsaction.org: http://www.humanrightsaction.org/information/spanish.html](http://www.humanrightsaction.org/information/spanish.html)

ICA. (1995). Cartografía Basica. Obtenido el 08 de abril del 2017 de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/INTERNET/MANUAL%20CartograFIA.pdf>

Instituto Cervantes . (2014). Cronología. Obtenido el 10 de abril del 2017 de http://www.cervantes.es/lengua_y_enseñanza/independencia_americana/bicentenario_independencia_calendario.htm

Rumsey, D. (2017). Obtenido el 03 de febrero del 2017 de www.davidrumsey.com

Rumsey, D. (01 de 2017). DAVID RUMSEY MAP COLLECTION. Obtenido el 03 de febrero de <http://www.davidrumsey.com/luna/servlet/RUMSEY-8-1>

Sánchez, J. (2008). Perspectivas de la información en Internet: ciberdemocracia, redes sociales y web semántica . Obtenido el 11 de abril del 2017 de ZER - Revista de Estudios de Comunicación: <http://www.ehu.es/ojs/index.php/Zer/article/view/3574/3202>

VI. ANEXOS

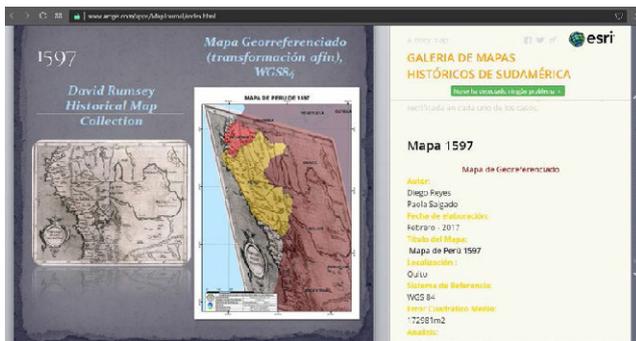


Figura 9: Mapa 1597
Fuente: Elaboración Propia



Figura 11: Mapa 1822
Fuente: Elaboración Propia



Figura 10: Mapa 1758
Fuente: Elaboración Propia



Figura 12: Mapa 1967
Fuente: Elaboración Propia

Implementación del sistema de información geográfico catastral del cantón Déleg

Zhindón Martín¹, Quevedo Sebastián², Angamarca Pablo³, Córdova Federico¹

1 Centro de Investigación/Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción/Universidad Católica de Cuenca
Av. de las Américas/Azuay/Ecuador
mgzhindonm@ucacue.edu.ec
nfcordovag@ucacue.edu.ec

2 Ingeniería de Sistemas/Facultad de Tecnologías de la Información/Universidad Católica de Cuenca sede Azogues
Av. Ernesto Cheguevara/Cañar/Ecuador
asquevedo@ucacue.edu.ec

3 EVOTECH
Panamericana Sur/Cañar/Ecuador
pabloangamarca@gmail.com

RESUMEN

La integración de la información geográfica y alfanumérica es de fundamental importancia en el diseño e implementación de un sistema para la gestión del catastro. Este trabajo presenta el proceso para el desarrollo de tal integración, como parte de la implementación de la plataforma tecnológica web para la gestión del catastro. Este trabajo no tiene como fin ser un informe de lo que fue el proceso completo de desarrollo y funcionalidad del sistema, pero se presenta de manera general las fases más importantes del proceso de ingeniería del software llevado a cabo. El desarrollo de la aplicación se basó en el uso de herramientas de software de código abierto como: PostgreSQL y PostGIS e Hibernate para el manejo de los datos; Java 8 y Java Enterprise Edition 7 (JEE7) como lenguaje de programación. Adicionalmente se crearon web map services utilizando Geoserver y también uno personalizado propio para el uso dentro de la aplicación utilizando JAX-RS e Hibernate Spatial y OpenLayers. La aplicación se integra con QGIS para la creación y gestión de la información geográfica, hasta la emisión de reportes con JasperReports que consume un WMS de Geoserver para presentar la forma del predio. El sistema fue implementado para el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal del Cantón Déleg y construido basado en un sistema legado proporcionado por la Asociación de Municipalidades del Ecuador (AME).

Palabras clave: **catastro, información geográfica, modelos, orientación a objetos, integración.**

ABSTRACT

The integration of a geographical and alphanumeric information has a fundamental importance in the design and implementation of a system for the management of the cadastre. This paper presents the process for the development of such integration, as part of the implementation of the web technology platform for cadastre management. This work is not intended to be a report of what was the complete process of development and functionality of the system, but is presented in a general way the most important phases of the software engineering process carried out. The development of the application was based on the use of open software source tools such as: PostgreSQL and PostGIS and Hibernate for data management; Java 8 and Java Enterprise Edition 7 (JEE7) as a programming language. In addition, web map services were created using Geoserver and also a custom one for the within use of the application using JAX-RS and Hibernate Spatial and OpenLayers.

The application integrates with QGIS for the creation and management of geographic information, until the reports emission with JasperReports that consumes a Geoserver WMS to present the form of the property. The system was developed for the Decentralized Autonomous Government of Déleg Canton, it was built based on a legacy system provided by the Association of Municipalities of Ecuador (AME).

Keywords: cadastre, geographical information, models, object oriented, integration.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de información (SI) legados se han convertido en el núcleo de operaciones de organizaciones públicas y privadas. Éstos fueron creados e implementados varios años atrás y mediante constantes actualizaciones se han ajustado a los requerimientos de los procesos de negocios (Dayani-Fard & Al., 1999). En este contexto, el Gobierno Autónomo Descentralizado municipal del Cantón Déleg, entidad pública a la que, de ahora en adelante nos referiremos como GAD municipal, realiza la gestión de la información catastral con un SI legado, implementado mediante transferencia tecnológica a través de la AME. Este sistema realiza la gestión de la información geográfica catastral mediante una variación del modelo topológico vectorial conocido como Modelo GEORELACIONAL (Longley, Goodchild, Maguire, & Rhind, 2015). Éste tipo de modelos mantienen las características geográficas del objeto en un archivo regular y sus atributos alfanuméricos en una base de datos relacional. Específicamente las características geográficas de los predios se encuentran en archivos CAD y los atributos alfanuméricos que los describen se almacenan en la base de datos relacional del SI, en donde el campo común entre éstos es la clave catastral.

El problema del SI del GAD Municipal se presenta de acuerdo a lo planteado por (Pressman & Maxim, 2015) y contextualizado con requerimientos específicos que fundamentan el desarrollo de un nuevo sistema: (1) El SI tiene que ser mejorado para implementar el requerimiento de integración de las características geográficas del predio y sus atributos alfanuméricos, debido a que al manejar el modelo geográfico como un archivo común, los usuarios de los diferentes departamentos del GAD municipal, utilizan diferentes copias de éste y los cambios que se realizan sobre estos de manera aislada provoca que se manejen modelos inconsistentes, ya que la forma de comunicar los cambios es verbal o mediante sincronización manual del modelo. Además no existe garantía de la congruencia entre la información que se maneja en CAD y la base de datos relacional, puesto que el registro de la clave se realiza por separado y de forma manual. (2) Permitir el acceso a la información del catastro mediante Internet. Para cubrir con este requerimiento el software debe ser adaptado para cubrir las necesidades de nuevos ambientes de computación, específicamente el software debe evolucionar a un ambiente Web. En el contexto de la ciencia de la información geográfica a éste requerimiento se encuentra dentro de lo que se conoce como Neo geografía (Longley et al., 2015). De esta manera la plataforma se convierte en una herramienta que da lugar a un proceso que transparentarían y democratizaría la información del catastro (Tapscott, 2014).

Debido a múltiples restricciones que presenta el SI legado del GAD municipal, como: la falta de documentación, limitantes propias del lenguaje de programación, ausencia de soporte y arquitectura a dos capas, no es posible aplicar un proceso de reingeniería, para solventar los nuevos requerimientos. Debido a lo

anterior se determinó la necesidad de implementar una nueva plataforma tecnológica que de soporte a la gestión del catastro.

Para determinar de la solución propuesta, se consideró como principal antecedente que en el Ecuador se encuentra establecida como política pública el uso del software libre (Decreto No 1014, 2008). En éste contexto existen diferentes tipos de software, entre los cuales se encuentra: los de sistema, de aplicación, aplicaciones web, científicos o de ingeniería entre otros (Pressman & Maxim, 2015).

Luego de haber realizado un análisis de las soluciones de las aplicaciones de software disponibles, ofrecidas a nivel local por consultoras y a nivel global mediante la implementación de sistemas como SOLA¹, el GAD municipal determinó que era conveniente el desarrollo de una nueva plataforma acorde a las necesidades de la entidad. Esto debido a que a pesar de que las aplicaciones de software disponían de funcionalidades para manejar los procesos de catastro, era necesario realizar adaptaciones adicionales, lo que al igual que al desarrollo de una herramienta completamente nueva involucra costos y tiempos, de implementación (Cuan, Delgado, Elisa, Uribe, & de Santiago, 2016), pero sin garantizar que la aplicación se adapte por completo a los procesos catastrales.

El objetivo de este trabajo es construir un nuevo sistema de información que permita la gestión integrada de la información geográfica, mediante la implementación de un modelo de datos geográfico que integre las características geográficas de los predios y sus atributos alfanuméricos, y que permita que esta información pueda ser accedida a través de la Web.

II. MÉTODO

La integración geográfica y alfanumérica constituye parte de las etapas de la metodología empleada para el desarrollo completo del SIG Catastral, aunque no se brinda un detalle completo de cada una de éstas, se incluyen apartados relevantes para comprender el contexto en el cual se desarrolló el trabajo.

Las fases que se presentan a continuación se encuentran enmarcadas en la metodología para la solución de problemas propuesta por (Polya, 1945), articuladas al marco genérico del proceso de desarrollo de proyectos de Ingeniería de Software, de acuerdo a (Pressman & Maxim, 2015). Además, debido al estilo de desarrollo de software empleado, las fases se desarrollaron con inclinación hacia la orientación a objetos (Phillips, 2015).

A. COMPRENSIÓN EL PROBLEMA

Es el proceso de identificación del dominio del problema, sistemas o tareas. En esta etapa se determina que se tienen que realizar. En el caso concreto de este proyecto, este proceso se llevó a cabo de la siguiente manera: (1) se realizó un análisis detallado del sistema legado con el cuál se realizaba la gestión de la información catastral para identificar su tecnológica,

¹ <http://www.flossola.org/>

funcionalidades y las tareas que con este se llevaban a cabo. Concretamente con la parte geográfica sus funcionalidades y deficiencias se obtuvieron del desarrollo de esta fase y ya fueron presentadas en la sección introductoria de este trabajo. (2) Se procedió a realizar una serie de entrevistas informales con los involucrados en los procesos de la gestión de la información catastral. De estas entrevistas identificamos en primer lugar que la forma de cotejar la información se realizaba de forma visual identificando la clave catastrales en el SI y el CAD, sin que nada garantice su correcta integración. (3) Se identificaron los nuevos requisitos del sistema, de los cuales, entre otros destacamos la necesidad de gestión de la información como una plataforma Web. Algunos de estos requerimientos de usuario se plasmaron en un documento de Especificación de Requisitos de Software (ERS) IEEE Std 830-1998².

B. PLANIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En esta etapa se crea una especificación de implementación, tomando como base el levantamiento de requerimientos. De manera general los componentes de esta especificación son: los modelos de datos y el diseño de la arquitectura.

Previo al proceso de la definición y creación de los modelo se determinó que la escala del problema es detallada, debido a que la información geográfica a representar principalmente corresponde a forma, ubicación y tamaño de las parcelas, su propósito es normativo y en la escala de tiempo es operacional (Longley et al., 2015).

Los modelos permiten crear una representación simplificada de la realidad a través de un proceso de abstracción. Uno de estos modelos, es el modelos de datos geospaciales, que a más de representar los atributos de un fenómeno de la realidad, representan su característica espacial (Menke, 2016).

El proceso para la creación del modelo inició con la identificación de los fenómenos que son relevantes al dominio del problema, iniciamos con la identificación de las características de las parcelas con un enfoque geográfico: (1) Cada una de las parcelas poseen límites bien definidos y corresponden a un número finito dentro de la jurisdicción del GAD municipal, por lo que el esquema conceptual para su representación es el de un objeto discreto. (2) en cuanto a su dimensión topológica posee dos dimensiones, largo y ancho y puede ser representado con un objeto geométrico de tipo área o polígono. (3) de acuerdo a estas características, su representación inicial se realizó con el modelo lógico de datos geoespacial vectorial. La desventaja de este modelo radica en que su enfoque principal no va más allá de la geometría, y no permite implementar las complejas relaciones existentes con los demás dominios que conforman el sistema catastral. (4) Como solución para aprovechar el modelo vectorial y al mismo tiempo modelar éstas relaciones, se creó un Modelo Lógico de Datos de Objetos Geográficos (Figura 1) (Longley et al., 2015).

La arquitectura de Diseño guiado por el Dominio (DDD), permite a través del enfoque tradicional del Análisis y Diseño Orientado a Objetos (Remijan, 2014), construir el sistema de información geográfica con unas variantes en la capa RDBMS, (Figura 2).

La estructura y las herramientas Postgres³ y PostGIS⁴ de la capa de persistencia permiten construir el Modelo físico⁵ de

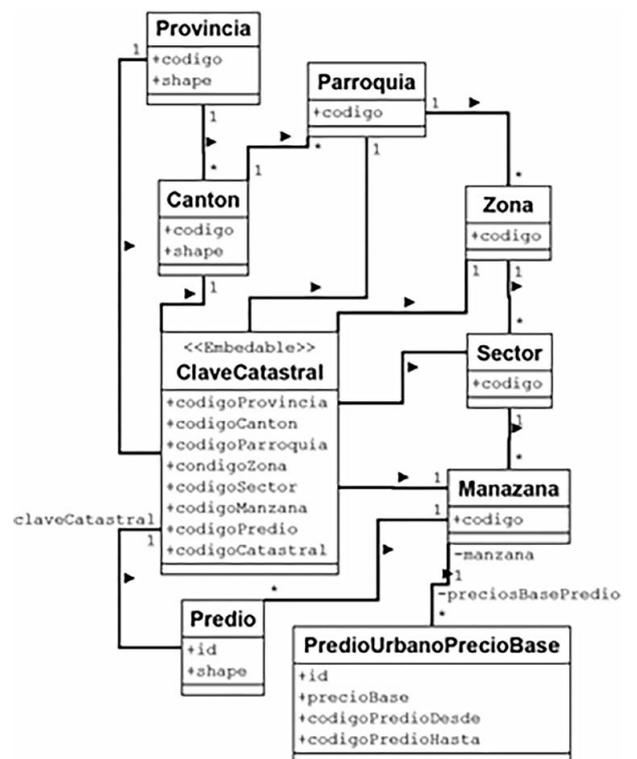


Figura 1. Modelo de datos de objetos geográficos del módulo de organización territorial y su relación con el predio y estructura de clave catastral.

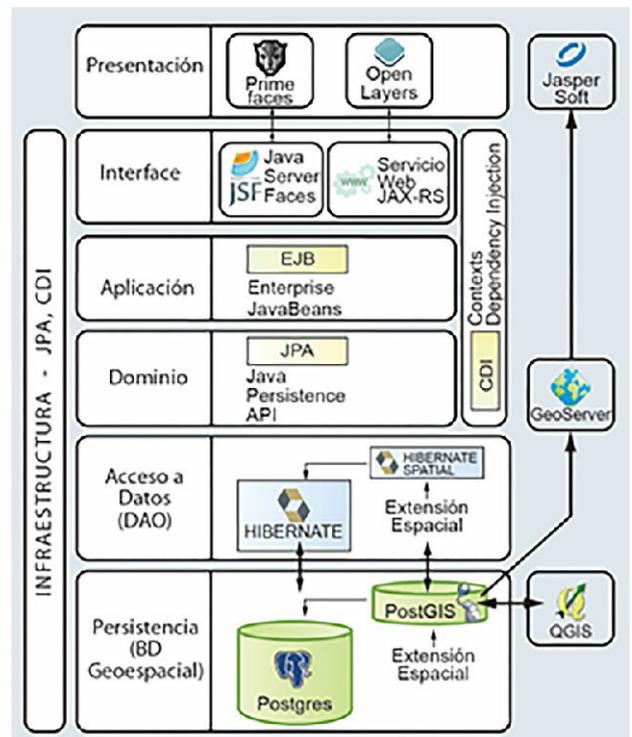


Figura 2. Diseño de la arquitectura del sistema.

2 IEEE Std 830-1998, estándar para el registro de requerimientos de software.
 3 <https://www.postgresql.org/>
 4 <http://www.postgis.net/>
 5 Término aceptado, aunque el modelo existe digitalmente en un computador (Longley et al., 2015)

datos de objetos geográfico. La capa de persistencia corresponde la base de datos geoespacial, que en el contexto de este proyecto se utiliza como contenedor y organizador de la información geográfica, pero a diferencia de lo planteado por (Obe, Hsu, & Wood, 2015), se considera su potencial de análisis espacial, ya que esta capa constituye la plataforma base para el desarrollo de trabajos futuros.

En la capa DAO⁶ se utiliza Hibernate Spatial⁷, que es una extensión de Hibernate⁸, que permite implementar el ORM⁹, para que las demás capas de la arquitectura, accedan a los datos geográficos persistentes en la base de datos Geoespacial. Esta es una modificación a la implementación de referencia estándar de JPA.

La construcción de la arquitectura DDD se realizó con el marco de desarrollo Java¹⁰ Enterprise Edition (JEE7). En la capa de la Interfaz se creó un servicio Web personalizado con JAX-RS, el cual es consumido por OpenLayers¹¹ para presentar la geometría de los predios en el formulario Web, además se utiliza el servidor de mapas Geoserver¹², que proporciona el WMS, que permite mostrar la geometría del promedio en reportes PDF, generados por JasperReports¹³.

Todas las herramientas empleadas en el desarrollo se pueden describir de acuerdo a (Smith, 2012), bajo el término umbrela de Software Libre y de Código abierto (FOSS), por sus siglas en Inglés.

C. EJECUCIÓN DEL PLAN

En esta fase del proyecto se realizó la creación de la arquitectura del proyecto empleando las herramientas de software detalladas en la (Figura 1), se construyó el modelo físico de datos geográfico y se dotó de funcionalidad a los modelos, considerando los procesos de negocios del GAD Municipal, a través de la programación.

III. RESULTADOS

Los resultados son el producto de la ejecución de cada una de las fases de la metodología empleada: en la fase de comprensión del problema se obtuvieron los documentos ERS con la especificación de los requisitos de software; en la fase de la planificación del problema, los modelos de datos y diseño de la arquitectura; y en la fase de ejecución del plan, el sistema de información geográfico catastral.

El sistema permite la creación y edición de las características geográficas de los predios con QGIS¹⁴, el cual se encuentra conectado con la base de datos Geoespacial. Para crear la información alfanumérica es necesario acceder al formulario web que lista todos los predios creados, que no poseen una ficha catastral (Figura 3), en éste es posible visualizar su geometría de manera gráfica y al seleccionar uno de éstos, el sistema muestra el formulario para el ingreso de propietario, información legal, atributos topográficos, infraestructura de servicios, usos de suelo y bloques (Figura 4). Además permite la impresión de la ficha catastral del predio en formato PDF incluyendo la forma del predio, escala y sus coordenadas (Figura 5).

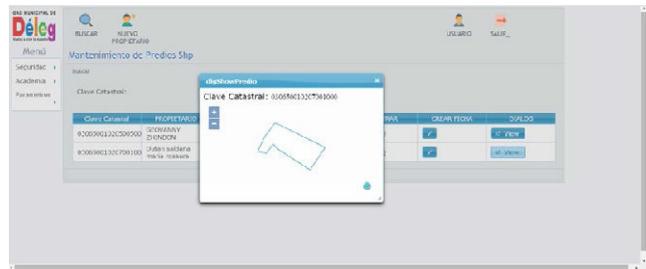


Figura 3. Vista previa desde la aplicación de la Geometría del Predio creada en QGIS.

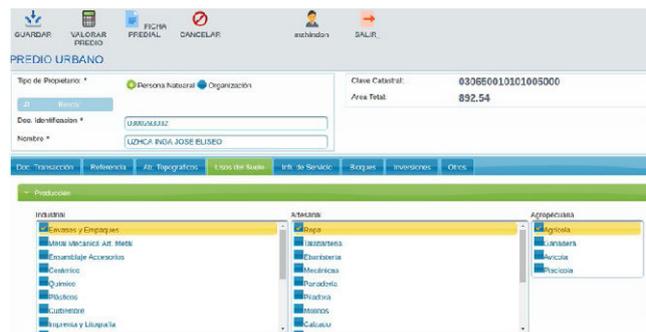


Figura 4. Formulario para ingresar Información alfanumérica de la Ficha Catastral.

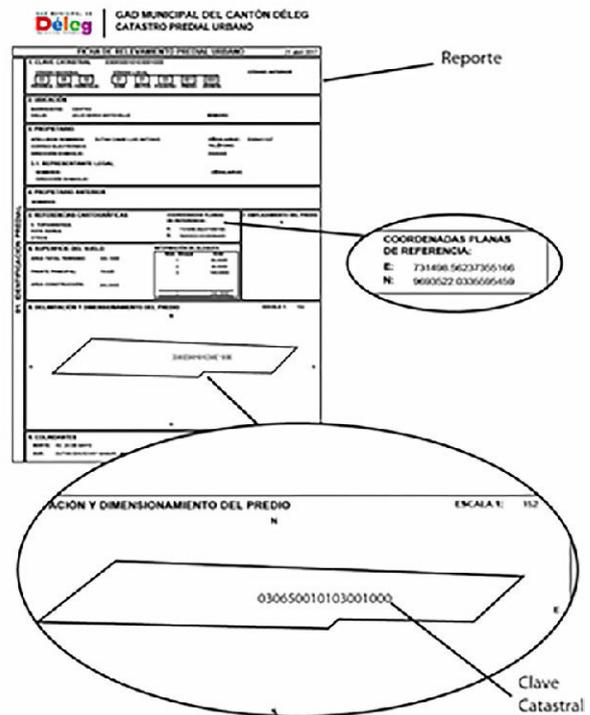


Figura 5. Geometría del predio impreso en el Reporte de Ficha Catastral, generado con JasperReport, consumiendo un servicio WMS de Geoserver.

6 (Gregory, By, & Demichiel, 2016)
 7 <http://www.hibernate.org/>
 8 <http://hibernate.org/orm/>
 9 (O'Neil, 2008)
 10 <https://www.java.com/en/>
 11 <https://openlayers.org/>
 12 <http://geoserver.org/>
 13 <http://community.jaspersoft.com>
 14 <http://www.qgis.org/en/site/>

IV. CONCLUSIONES

El sistema de información geográfico permite el manejo integrado de la información, lo que garantiza la consistencia del inventario catastral. Además su arquitectura permite el manejo y el acceso a la información a través de la Web. El proceso de desarrollo se realizó con el soporte de la ciencia de la información geográfica, es decir considerando los principios y conceptos teóricos que fueron puestos en práctica en la construcción de la aplicación (Longley et al., 2015). Desde el punto de vista de la ciencia es una implementación práctica de la denominada neogeografía (Haklay, Singleton, & Parker, 2008). Los modelos de datos y la arquitectura del sistema que fueron diseñados para que el sistema pueda ser escalado y evolucione (Pressman & Maxim, 2015), inmediatamente se han vuelto

prioritarios, debido a que en octubre de 2016, la Dirección Nacional de Catastros emitió las Normas Técnicas para Catastro de Bienes Inmuebles Urbanos y Rurales del Ecuador, en el que se establece nuevos requisitos que van desde el registro de información socio-económica hasta la implementación de modelos econométricos para la valoración de bienes inmuebles (Catastro, 2016), razón por la cual la ventaja de disponer de un sistema completamente nuevo desarrollado a medida permitirá que la implementación de los nuevos requerimientos se realice de manera relativamente sencilla. De esta manera queda marcada la ruta para la segunda etapa del proyecto, y quedando evidenciado que el sistema puede adaptarse a las dinámicas de cambio propias del territorio, en este caso determinadas por la política pública.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos por la importante colaboración en el proyecto, al Ing. Jhony Cuzco, técnico del GAD Municipal y al Ing. Vinicio Fernandez, técnico de GRAIMAN.

REFERENCIAS

- Catastro, D. N. de. (2016). ACUERDO MINISTERIAL No. 029-16. Retrieved from <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Acuerdo-Ministerial-No-0029-16-Normas-Tecnicas-Nacionales-para-el-Catastro-de-Bienes-Inmuebles-Urbanos-Rurales-y-Avaluos-de-Bienes-Operacion-y-Calculo-de-Tarifas-de-la-Dinac.pdf>
- Cuan, E., Delgado, J. L., Elisa, U., Uribe, D., & de Santiago, A. (2016). Desarrollo de un sistema de planificación de recursos de producción MRPII a la medida. In Centro de Investigaciones en Óptica (Ed.) (pp. 1-5).
- Dayani-Fard, H., & Al., E. (1999). Legacy software systems: Issues, progress, and Challenges.
- Gregory, G., By, F. O., & Demichiel, L. (2016). Java Persistence with Hibernate.
- Haklay, M., Singleton, A., & Parker, C. (2008). Web Mapping 2.0: The Neogeography of the GeoWeb. *Geography Compass*, 2(6), 2011-2039. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00167.x>
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (2015). *Geographic Information Science and Systems* (fourth edi). John Wiley & Sons, Inc.
- Menke, K. (2016). Discover QGIS.
- O'Neil, E. J. (2008). Object/relational mapping 2008: hibernate and the entity data model (edm). In *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data* (pp. 1351-1356).
- Obe, R. O., Hsu, L. S., & Wood, B. (2015). *PostGIS in Action*.
- Phillips, D. (2015). *Python 3 Object-oriented Programming*. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2004.834800>
- Polya, G. (1945). How to Solve It. *The Mathematical Gazette*. <https://doi.org/10.2307/3609122>
- Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2015). *Software Engineering-A Practitioners Approach*. <https://doi.org/10.2991/978-94-6239-006-5>
- Remijan, M. (2014). Debu Panda Reza Rahman Ryan Cuprak Michael Remijan.
- República del Ecuador, P. Decreto, Pub. L. No. 1014, 4 (2008). Quito, Ecuador.
- Smith, R. (2012). *Linux Essentials*.
- Tapscott, D. (2014). *The digital economy: Promise and peril in the age of networked intelligence* (2nd ed., Vol. 1)

La regularización predial en el Ecuador y su relación con el incremento del acceso al crédito

Ochoa Arias, Paúl¹; Enríquez García, María José²

1 Instituto de Estudios de Régimen Seccional (IERSE)/Universidad del Azuay
Av. 24 de Mayo 7-77/Cuenca / Ecuador
pochoa@uazuay.edu.ec

2 Laboratorio del Territorio LABO-RATE / Universidad de Santiago de Compostela
/ Campus Lugo / España
mariajose.enriquez.garcia@usc.es

RESUMEN

El principal paradigma económico del s. XXI presenta la titulación de tierras como premisa para mejorar el acceso a crédito agrario y, con ello, promover los mercados de tierras, la productividad agraria y la recaudación de impuestos rurales. No obstante, la literatura empírica que avalúa el impacto de los proyectos de regularización muestra cierta contradicción. Los programas PRAT (2002-2008) y SIGTierras (2011-2017) financiados por el BID y ejecutados por el MAGAP y el Proyecto de Legalización Masiva de Tierras de la STRA son algunas de las iniciativas de regularización más recientes en Ecuador. A la espera de evaluación de impacto de dichas intervenciones, el presente trabajo pretende disertar sobre la existencia de limitaciones al acceso a crédito adelantadas por la literatura internacional. Las parcelas de pequeño tamaño (70 %) son poco atractivas como garantía ante las instituciones financieras formales. Además, las estadísticas oficiales identifican que el 10 % de los hogares rurales que acceden a crédito lo hacen a través de familiares y amigos o pequeñas cooperativas de crédito, siendo la maquinaria y los vehículos una garantía tan habitual como la tierra. Finalmente, la complejidad y alto coste monetario de los protocolos de regularización a instancia de parte (20 % del valor de la parcela, en algunos casos) hacen de los títulos una inversión más que una garantía. En este contexto, se prevé pues que la regularización aumentará el acceso a crédito siempre y cuando se acompañe de medidas transversales e integrales de desarrollo y reestructuración agraria.

Palabras clave: **Catastro rural, regularización, crédito agrícola, productividad agropecuaria.**

ABSTRACT

The main economic paradigm of the XXI century presents lawful land ownership as a premise to improve access to agrarian credit and, thereby, promote land markets, agricultural productivity and rural tax collection. However, the empirical written language that assesses the impact of regularization projects has both positive and negative elements. The PRAT (2002-2008) and SIGTierras (2011-2017) programs financed by BID and executed by MAGAP and the STRA Land Mass Legalization Project are some of the most recent regularization initiatives in Ecuador. Pending the evaluation of the impact of these interventions, this paper aims to discuss the existence of limitations to access to credit given by the international bibliography.

Small plots (70%) are unattractive as a guarantee to formal financial institutions. In addition, official statistics show that 10% of rural households that access to credit do so through relatives and friends or small credit unions. Machinery and vehicles are also used as common guarantee as land. Finally, the complexity and high monetary cost of the regularization protocols at the request of a party (20% of the value of the plot, in some cases) make these securities an investment rather than a guarantee. In this context, it is expected that regularization will increase access to credit as long as it is accompanied by transverse and comprehensive measures of development and agricultural restructuring.

Keywords: Rural land registry, regularization, agricultural credit, agricultural productivity.

I. INTRODUCCIÓN

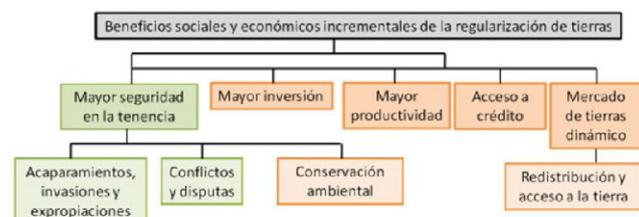
A pesar de que la tasa de incidencia de la pobreza en el mundo se ha reducido de un 33,4 % a un 10,4 % entre 1993-2003 según datos del Banco Mundial, Ecuador se mantiene en un 22,5 % nacional y en 42 % rural, cifre que le ubica una posición intermedia respecto a otros países de América Latina como Costa Rica (27.8%), Chile (27.9 %), Paraguay (32 %), El Salvador (37.9 %), Colombia (42,8 %), Perú (48 %), Bolivia (59,9 %) u Honduras (68.5%) de tasa de incidencia de pobreza rural sobre la base de la línea de pobreza nacional en 2013 (World Bank, 2016).

Igualmente respecto del índice de Gini el 0,47 de Ecuador sugiere un nivel de desigualdad intermedio al respecto de Uruguay (0,41), El Salvador (0,44), Perú (0,45), Bolivia (0,48), Costa Rica (0,49) o Brasil, Colombia y Honduras (0,53) (World Bank, 2016). En el caso particular del acceso a la tierra, Ecuador (0,8 - 2000) presenta una concentración más acuciante que El Salvador (0,58 - 2007) u Honduras (0,66 - 2000) y un tanto inferior a Brasil (0,86 - 2006), Perú (0,86 - 2012), Colombia (0,88 - 2001), Chile (0,91 - 2007) ó Paraguay (0,94-2008).

En este contexto, la agricultura en el Ecuador representa alrededor del 14 % del PIB (MAGAP, 2016), siendo el componente que más aporta a la economía ecuatoriana. En términos de empleo una cuarta parte de la población económicamente activa se relaciona con la agricultura.

Uno de los supuestos del principal paradigma económico sobre los sistemas de administración de tierras y programas de titulación es que éstos son la premisa para el desarrollo de las economías agrarias campesinas (Soto, 2000) y, por consiguiente, los inconvenientes que atávicamente estancan a la agricultura tradicional tienen que ver con la inseguridad en la tenencia de la tierra, con la dificultad de acceso a crédito, inadecuada tecnificación, dificultad de acceso a mercados y baja rentabilidad.

Al amparo de dicho paradigma, la regularización y titulación de la propiedad de la tierra responde a dos fines diferenciados aunque la bibliografía no siempre los recoja de forma separada dado lo entrelazado de ambos (figura 1)



Fuente: De Soto (2000); Deininger (World Bank-2003); Conroy et al. (BID - 2014)

Figura 1. Beneficios de la regularización

Este paquete de expectativas ha sido mantenido por la literatura económica de comienzos del siglo XXI que, en entornos

rurales, ha sido construida en manuales genéricos de buena prácticas y recomendaciones relativas a 1) la necesidad de instituciones para la regularización, administración y gestión de tierras y 2) el potencial de los sistemas de información geoespacial (Feder y Nishio, 1998; Feder, 1999; Deininger y Feder, 2001; Deininger, 2003; Deininger, 2010). A su vez, su impacto ha sido objeto de análisis en distintas regiones del planeta (K. Deininger 2003; K. Deininger, Zegarra, y Lavadenz 2003; K. Deininger et al. 2003; K. Deininger y Jin 2003; K. Deininger, Selod, y Burns 2012; K. Deininger, Savastano, y Carletto 2012; K. Deininger, Hillhorst, y Songwe 2014) al amparo de los distintos proyectos de regularización de tierras urbanas y rurales que instituciones de financiación como el Banco Mundial y el BID han puesto en marcha, también en América Latina (Clichevsky 2006; Conroy et al. 2014).

En la práctica, las evidencias empíricas han arrojado luces y sombras sobre dichas expectativas. Las evaluaciones de impacto de dichos programas han encontrado evidencia de que la regularización de la tenencia ha generado, sobre todo, un aumento en la inversión, pero los trabajos sobre el impacto en el acceso a crédito y el aumento del número de transacciones a través del mercado de tierras son menos concluyentes y, por ende, también los efectos positivos en el valor de la tierra y la productividad agrícola (Carter y Chamorro, 2000; Conroy et al., 2014).

Una buena parte de los trabajos de evaluación de impacto se centraron en el acceso a crédito en tanto en cuánto los títulos actúan como sistema de aval para el acceso a crédito de cara a la ampliación de la base territorial a través del mercado de tierras (articulación del mercado de tierras) como de adquisición de capital para la tecnificación y mejora productiva de la explotación (valoración de tierras y productividad agrícola). En este sentido, Lawry et al. (2014) llevaron a cabo una revisión de diferentes estudios y proyectos relacionados con la seguridad en la tenencia de la tierra y, aunque respaldaron la idea de que inseguridad reduce el acceso a crédito, no pudieron concluir que otros estatus de tenencia (parcelas con documentos otorgados tras la reforma agraria o con evidencias de posesión pero sin título) estuvieran relacionados con el acceso a crédito. Los trabajos de Foltz et al. (2000) y Kerekes y Williamson (2010) tampoco identificaron una correlación significativa entre las intervenciones de regularización y el aumento del acceso a crédito de los hogares rurales y/o unidades de producción agraria.

El caso particular de Ecuador ha seguido idénticas etapas de intervención en la gestión y administración de tierras que otros países de América Latina. En concreto, una primera oleada de Reformas Agrarias con el propósito de redistribución y titulación de tierras por parte del Estado al pequeño campesino entre los 50 y los 60, una segunda etapa de intervenciones puntuales por distintas instituciones públicas y privadas al amparo del modelo de Desarrollo Rural Integral que llevaron a cabo intervenciones de regularización de tie-

rras localizadas (Asociación de Municipalidades de Ecuador; Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos - CLIRSEN; INDA, INEFAN, Ecuatoriana de Servicios Agrícolas, Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio) y finalmente una tercera etapa desde los años 80 a la actualidad de proyectos de regularización por instituciones internacionales bajo el paradigma ya comentado de los sistemas de administración y titulación de tierras (USAID, 1985; SUBIR-CARE, 1991; PRONADER, 1992; PRODEPINE, 2003; PRAT, 2008; ATLM-MAGAP, 2010, SIGTierras, 2010). De todos ellos se destaca el Programa Piloto de Regularización y Administración de Tierras Rurales (PRAT) (2002-2008), que en su segunda etapa de ejecución se denominó SIGTierras (2011-2017), en los que el Gobierno de Ecuador a través del MAGAP y mediante sendos créditos BID se propusieron brindar seguridad jurídica a los derechos de propiedad, apoyar la aplicación de políticas tributarias de los cantones y proveer información para la planificación y ordenamiento territorial del área rural en 8 y 50 cantones, respectivamente, a través de un sistema eficiente de gestión de catastro y herramientas para el registro de la propiedad de la tierra rural.

Precisamente, el estudio de Línea Base del Proyecto SIGTierras (SIGTierras, 2016) revela que la seguridad en la tenencia es la principal razón por la cual los propietarios y poseedores ecuatorianos consideran importante la regularización. Sólo en el 6% de los hogares, tanto de los cantones intervenidos como no intervenidos por el proyecto de regularización de la tierra consideran el acceso a crédito una razón para la regularización (Figura 2).

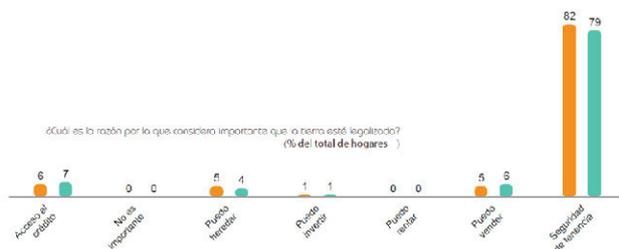


Figura 2. Razones para regularizar. Fuente: Encuesta Línea Base - SIGTierras (2014)

Si bien, el efecto de la titulación sobre la productividad agrícola y el valor de la tierra ha sido estudiado en trabajos como el de Francescutti (2002), el impacto sobre el acceso a crédito no ha tenido un desarrollo metodológico o analítico específico, a esperas de la evaluación de impacto del proyecto SIGTierras.

II. OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es reflexionar sobre la situación de tenencia de la tierra en Ecuador y sobre el estado de cuestión de las tres causas que limitan la correlación entre regularización y acceso a crédito enunciadas por Lawry et al. (2014) en una revisión de diferentes estudios y proyectos relacionados con la seguridad en la tenencia de la tierra en varios países en desarrollo:

- 1) Las características de las propiedades (pequeñas explotaciones de población rural con escasos recursos) pueden resultar poco atractivas para ejercer el papel de garantía ante las instituciones financieras con independencia de la situación de tenencia;
- 2) La tipología de las instituciones de crédito, pues las instituciones informales locales de ahorro y préstamo se basan en el capital social y no emplean activos fijos como garantía;

- 3) los costos de transacción derivados del acceso a crédito por canales formales a través de la titulación de predios adoptan cuantías muy altas en relación a la rentabilidad de los hacendados o al valor de la tierra.

III. MÉTODO

La metodología propuesta incluye la revisión bibliográfica de trabajos previos y fuentes de información estadísticas nacionales, gubernamentales o no gubernamentales, que permitan contextualizar la situación de tenencia, las instituciones de administración de tierras, las características de la propiedad, la tipología de entidades de acceso a crédito empleadas por los hogares y los costos de regularización para, finalmente, valorar en qué medida los proyectos de regularización deben ir acompañados de otras políticas de incentivo del acceso a crédito que contemplen el estado de la cuestión y las idiosincrasias nacionales, regionales y locales a este respecto.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.1. LA SITUACIÓN DE TENENCIA EN ECUADOR

Se considera regularización de la tenencia de la tierra a un proceso administrativo que tiene por objeto el reconocimiento jurídico de los derechos sobre la posesión de la tierra (derechos de uso, de transformación, de exclusión y/o de transferencia) ejercida por particulares individuales o colectivos durante varios años (Edouard y Jarquin 2015). En particular, el art. 54 de la Ley Orgánica de Tierras y Territorios Ancestrales, marco normativo actual en Ecuador, define la regularización de la posesión agraria como el conjunto de acciones para legalizar, titular, redistribuir o reconocer el derecho a la propiedad sobre la tierra rural estatal. En particular, el art. 35 incluye como tal los actos administrativos de: a) titulación de tierras rurales estatales en favor de personas y de organizaciones que se encuentren en posesión agraria ininterrumpida por un lapso mínimo de cinco años; b) redistribución de tierras rurales estatales mediante adjudicación a organizaciones que carecen de tierra o que tienen una extensión menor a la unidad productiva familiar; c) legalización de territorios ancestrales en favor de las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades que se encuentren en posesión ancestral y d) el saneamiento y resolución de conflictos en tierras tituladas mediante la aplicación del procedimiento de mediación en sede administrativa común, sobre las controversias que se susciten en los trámites de titulación o redistribución.

En esta diferenciación de casuísticas recogidas en la ley, la regularización puede ser considerada como una política de titulación o de saneamiento jurídico (Figura 3) diferenciándose ambas en que la primera supone el reconocimiento por el Estado de los derechos de posesión a través de una autoridad institucional con competencias para extender un documento público de origen administrativo o notarial mientras que el saneamiento es un proceso por el cual se actualiza la titularidad de un derecho real preexistente a instancia de parte (saneamiento jurídico) (Edouard y Jarquin, 2015).



Figura 3. La regularización como titulación o saneamiento jurídico

A pesar de que el marco normativo estatal recoge esta diferenciación de casuísticas se desconoce, en términos cuan-

titativos, cuánta superficie nacional se encuentra en cada caso. No existen censos estatales que muestren la cantidad de tierras objeto de regularización en el país según protocolos oficiales y, por tanto, es difícil saber cuáles de ellos impulsar, financiar, simplificar o remodelar (volumen de tierras objeto de titulación por el MAE, volumen de tierras ocupadas objeto de adjudicación por el INDA/STRA, volumen de tierras del Estado objeto de redistribución, volumen de tierras con un título entregado pero no actualizado a instancia de parte por herencias o transacciones, volumen de tierras con título pero inmovilizadas por un conflicto de tenencia...). Morales et al. (2010) toma un promedio de los datos de un estudio de la FAO del año 2000 y los datos del proyecto PRAT de 2008 (predecesor del proyecto SIGTierras) para estimar que las tierras por legalizar en el Ecuador suman el 35 % de la superficie del país (entre superficie agraria competencia de la STRA y la superficie de bosques protectores y patrimonio forestal del Estado gestionado por el Ministerio del Ambiente) y que casi el 43 % de la superficie tiene título que necesita ser perfeccionado.

TABLA I.

Necesidades de legalización y regularización en el Ecuador.

Fuente: Morales et. Al. (2010)

TIERRAS POR LEGALIZAR EN EL ECUADOR				
Instituciones	Datos Estudio FAO (2000)	Datos SIG Tierras (2008)	Promedio nacional	Superficie (ha)
Tierras INDA	27%	12%	19.5%	5'297.385
Tierras MAE	10%	No existen	10%	2'800.000
Total				8'097.385

TIERRAS CON TÍTULO QUE REQUIEREN SER REGULARIZADAS (ha) (Datos FAO y SIG Tierras)			
Ítems	Estudio ECOLEX/FAO (2000)	Datos SIG Tierras (2008)	Superficie titulada con algún problema de tenencia (promediando las cifras a nivel nacional)
Ha	7'882.949 ¹⁶	11'000.000 ²⁰	9'431.474
% del país	30%	53%	42.5%

A razón de los datos (Tabla I), la relevancia de la necesidad de regularización queda justificada por el mero hecho de que entre ambas suman el 63 % de la superficie del país.

Según el trabajo de López-Sandoval (2011), a partir también de los datos del III Censo Nacional Agropecuario (Figura), la región de la costa concentra un alto número de unidades de producción agropecuaria, la mitad de ellas sin título de las tierras. En contraste, la sierra con la mayor concentración de Unidad de Producción Agropecuaria (UPAs), pero con un alta proporción de tierras con título y en la amazonia, con pocas UPAs pero con una alta proporción de tierras sin regularizar (Figura 4).

Según los datos obtenidos de la Síntesis del estudio de Línea Base del programa SIGTierras (SIGTierras, 2016), la mitad de los poseedores de parcelas, sea por herencia o por compraventa, carecen de documentos que avalen la tenencia; en torno al 40 % tiene escritura pública y el resto mantiene la propiedad por acuerdo privado u otro tipo de documento. Nuevamente emergen notables diferencias territoriales a este respecto: existen cantones como Huamboya en los que apenas el 1 % tiene escritura pública, el 79 % no tiene documentos y el 21 % mantiene acuerdos privados. Por el contrario, en cantones como Antonio Ante o Pedro Moncayo, en los que en torno al 70 % de las parcelas tienen escritura pública.

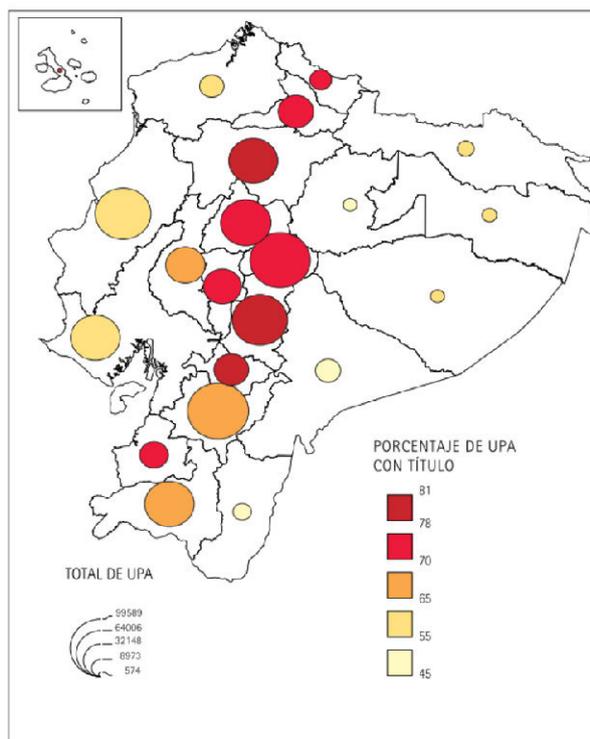


Figura 4. Localización de unidades de producción agropecuaria. Fuente: López Sandoval (2011) a partir del III Censo Nacional Agropecuario

La superficie objeto de acciones de legalización y saneamiento jurídico es similar y, a falta de priorización, los proyectos de regularización han de tener en cuenta en su alcance procedimientos, beneficiarios e instituciones diferenciadas para uno u otro, además de contemplar, la fuerte diferenciación territorial.

Los antecedentes bibliográficos que analizan la tenencia y las reformas agrarias de tierras en Ecuador marcan notables diferencias cantonales en formas de tenencia, niveles de regularización e incidencia de políticas previas de adjudicación y titulación (Franciscutti, 2002; Morales et al., 2010; López-Sandoval, 2011) e, incluso, la mayor parte de las aproximaciones al análisis de la tenencia mediante estudios de caso se hizo atendiendo a esta diferenciación territorial (Uquillas 1993; Ibarra y Ospina 1994; Gilces y Montenegro 2008; Brassel, Ruiz, y Zapatta 2008; SIPAE 2011).

Este último aspecto es relevante teniendo en cuenta que los proyectos de regularización se han realizado con un componente regional (selección de cantones a intervenir) y, al igual que los Proyectos de Desarrollo Rural Integral, no consideraron ni la cuestión de la tenencia de la tierra y las necesidades de regularización o saneamiento jurídico sino que en los 80 buscaban objetivos productivistas orientados a explotaciones viables y desde los 90 han seguido una lógica neoliberal de políticas asistencialistas a los más pobres (Martínez, 2002).

IV.II. PATH-DEPENDENCE: MARCO INSTITUCIONAL Y JURÍDICO

La situación de tenencia comentada es el resultado de asiduos cambios del marco normativo (y modelos macroeconómicos) que han comprometido la institucionalidad de la diversidad de fórmulas que adoptan los derechos de propiedad en Ecuador (figura 5), tal y como recoge la actual Ley Orgánica de Tierras y Territorios Ancestrales. Estos mismos cambios han complejizado el mapa de protocolos e instituciones con algún rol en la adjudicación, titulación, saneamiento y registro de

rural con escasos recursos pueden resultar poco atractivas para ejercer el papel de garantía ante las instituciones financieras con independencia de la situación de tenencia.

Las reformas agrarias de Ecuador pretendían romper el binomio latifundio-minifundio que caracterizó la estructura de la propiedad. El propósito de redistribución llevó aparejada la emergencia de un alto índice de fragmentación de la propiedad en aumento por las sucesivas parcelaciones de las herencias (Tabla II). Ésta es sin duda una de las preocupaciones de la agricultura campesina (Jordán 2003; Nieto-Cabrera 2004; Brassel, Herrera, y Laforge 2008; Chiriboga y others 2009; Pascual 2013; Hidalgo 2013).

TABLA II. Necesidades de legalización y regularización en el Ecuador. Fuente: Censos Agropecuarios en Brassel et al. (2010).

Número de propiedades						
Explotaciones	Censo 1954	Censo 1974	Censo 2000	Censo 1954 %	Censo 1974 %	Censo 2000 %
Menos de 5 ha.	251686	346877	535309	71,1	66,8	63,5
De 5 a 20 ha.	67650	96360	176726	19,1	18,6	21,0
De 20 a 100 ha.	27742	64813	111290	7,8	12,5	13,2
Más de 100 ha.	7156	11091	19557	2,0	2,1	2,3
Total	354234	519141	842682	100	100	100

Hectáreas						
Explotaciones	Censo 1954	Censo 1974	Censo 2000	Censo 1954 %	Censo 1974 %	Censo 2000 %
Menos de 5 ha.	432200	538700	774225	7,2	6,8	6,3
De 5 a 20 ha.	565800	935300	1706794	9,4	11,8	13,8
De 20 a 100 ha.	1138700	2664700	4614436	19,0	33,5	37,3
Más de 100 ha.	3863000	3810800	5260375	64,4	47,9	42,6
Total	5999700	7949500	12355830	100	100	100

Índice Gini	0,86	0,85	0,80
-------------	------	------	------

La figura 6 muestra que en torno al 70 % son propiedades de menos de 1 hectárea con título (con o sin necesidad de saneamiento jurídico). Se apunta aquí que las parcelaciones y reparto de herencias no formalizadas a la fecha podrían revelar índices de fragmentación aún mayores a los indicados, siendo esta una limitación al desarrollo productivo de las pequeñas explotaciones familiares y un reto de las políticas agrarias futuras.

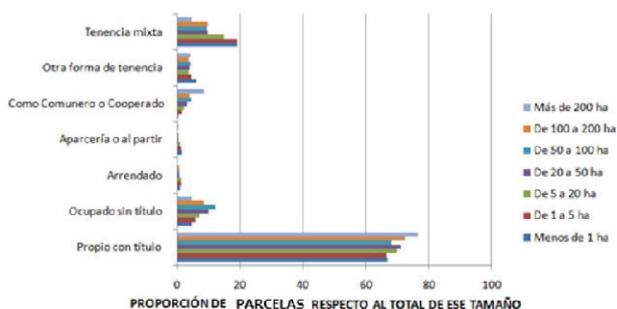


Figura 6. Proporción de superficie agraria según tamaño de las parcelas y situación de tenencia. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del III Censo Nacional Agropecuario

Otro de los aspectos habitualmente recogidos en los estudios de tenencia de la tierra, especialmente en las economías de transición, es la proporción de tierras en régimen de tenencia indirecto y su relación con la inversión y productividad de los hogares, ambas vinculadas con el acceso a crédito (Deininger y Jin, 2002; Teklu y Lemi, 2004; Zhang et al., 2004; Vranken y Swinnen, 2006; Masterson, 2007). El III Censo Agrario y en las Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua muestran su baja representatividad como forma de tenencia (figura 7). En particular, ésta es una forma de tenencia que algunos autores definen como impacto positivo de la regularización en las zonas de costa, donde los cultivos de exporta-

ción inducirían un mercado formal de arrendamiento dinámico (Francescutti, 2002) y los datos de Línea base del proyecto SIGTierras revelan que el 15 % de las tierras trabajadas por los hogares son gestionadas en régimen de arrendamiento (SIG-Tierras, 2016).



Figura 7. Sistemas de tenencia. Fuente: Elaboración propia a partir del III Censo Nacional Agropecuario - 2000

Ambas cuestiones, tamaño de parcelas e importancia de los regímenes de tenencia indirectos, son relevantes a la hora de valorar el impacto de la regularización en el acceso a crédito por parte de los hogares pues: 1) la existencia mayoritaria de pequeñas parcelas y/o explotaciones pueden resultar poco atractivas para ejercer el papel de garantía ante las instituciones financieras con independencia de la situación de tenencia y 2) las dificultades de acceso a crédito para mejora técnica o ampliación territorial de la explotación debido al pequeño tamaño de las parcelas pueden promover los regímenes de tenencia indirectos como un mecanismo alternativo de acceso a la tierra. Esta última implicación ha sido observada especialmente en las economías de transición (K. W. Deininger y Jin 2002; Zhang, Qingguo, y Xu 2004; Masterson 2007).

IV.III.II. Tipología de instituciones de crédito

Derivado de las características de las propiedades, la segunda causa identificada por Lawry et al. (2014) sobre la baja tasa de acceso a crédito aún en situaciones de seguridad en la tenencia es la tipología de las instituciones de crédito, pues las instituciones informales locales de ahorro y préstamo se basan en el capital social y no emplean activos fijos como garantía. Kerekes y Williamson (2010) indicaron como posible motivo para la falta de relación entre la seguridad en la tenencia y el acceso a crédito en Perú a que muchos préstamos gubernamentales y privados aceptaban otras formas de garantía además de los títulos de propiedad.

Según los resultados de la Estadística de Condiciones de Vida (INEC), en torno a un 10 % de los hogares rurales con actividades agropecuarias tienen solicitado un crédito, fundamentalmente para la compra de animales y materias primas, aunque en la amazonía es habitual que se destine a la compra de vehículos o maquinaria (Figura 8).

Las instituciones a las que recurrieron son instituciones privadas y, en el caso de la costa, predominantemente a familiares o amigos (figura 9). El respaldo mediante terrenos, en montos promedio, sólo es mayoritario en la sierra. En la costa y la amazonía es más frecuente el respaldo mediante maquinaria o vehículos.

Hogares con actividades agropecuarias que obtuvieron crédito							
CRÉDITO		NACIONAL	URBANO	RURAL	COSTA	SIERRA	AMAZONÍA
Hogares que obtuvieron préstamos	%	7,9%	3,3%	9,5%	9,2%	5,6%	3,6%
Hogares que obtuvieron préstamos	Hogares	36.677	12.027	85.750	66.625	33.666	3.088
Hogares que no obtuvieron préstamos	%	92,1%	96,7%	90,5%	90,8%	94,4%	96,4%
Hogares que no obtuvieron préstamos	Hogares	1.195.932	378.902	818.089	559.211	554.254	31.520

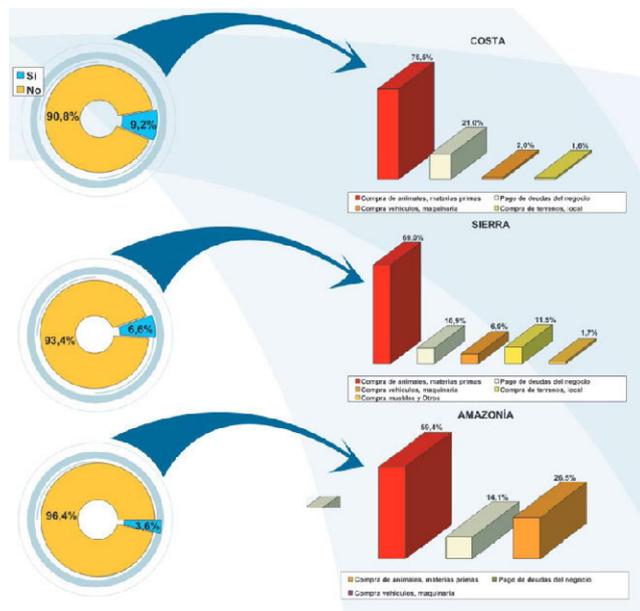
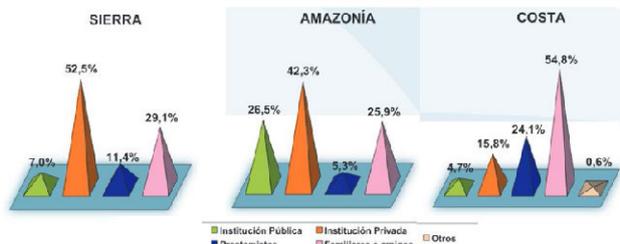


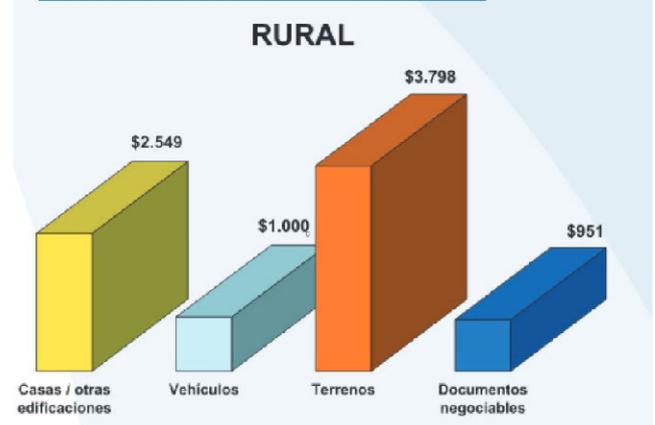
Figura 8. Hogares con actividades agropecuarias que obtuvieron crédito por región.

Persona o Institución que otorgaron crédito en dinero para las actividades agropecuarias a nivel nacional y por área

PERSONAS O INSTITUCIONES	NACIONAL	URBANO	RURAL
Instituciones Públicas	% Hogares 6,5%	12,7%	5,2%
Instituciones Privadas	% Hogares 31,5%	43,0%	29,4%
Prestamistas	% Hogares 18,4%	1,803	18,582
Familiares o amigos	% Hogares 43,6%	32,9%	45,4%
Otros*	% Hogares 0,3%	365	365



Principales garantías según montos promedios de crédito en dinero de las actividades agropecuarias



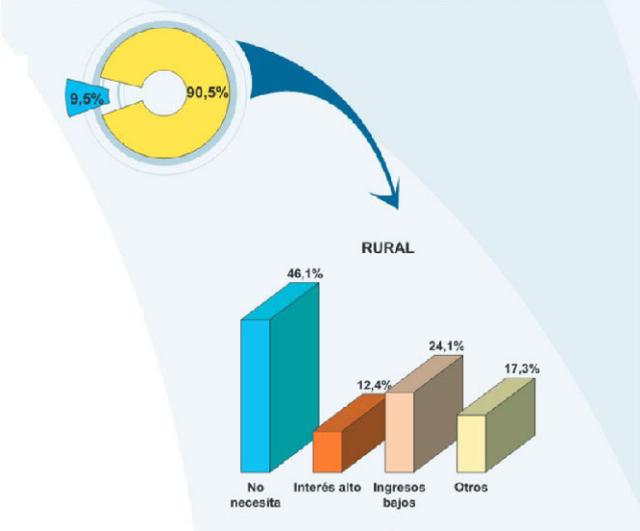
Principales garantías según montos promedios de crédito en dinero de las actividades agropecuarias por región



Figura 9. Composición de los organismos o personas que otorgan crédito. Fuente: Encuesta Condiciones de Vida (INEC-ECV, 2006)

Los reportes disponibles en los boletines de la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria - SEPS (SEPS, 2016), se puede observar (figura10), que la mayor parte de las organizaciones (cooperativas) registradas en las SEPS, pertenece al grupo de producción y proceden del sector rural.

Razones por que los hogares no pidieron crédito en dinero para las actividades agropecuarias



Distribución por grupo de actividad económica

Grupo	%	Rural	Urbano
Producción	58,5%	91%	9%
Servicios*	37,6%	56%	44%
Vivienda	2,6%	47%	53%
Consumo	1,3%	44%	56%

Figura 10. Tipo de organizaciones del sector de la economía popular y solidaria. Fuente: Boletín # 3 SEPS, 12 de septiembre de 2016.

Durante 2013, 2014 y 2015, el sector no financiero de la economía popular y solidaria registró ingresos por USD 2.357 millones, por venta de bienes y/o servicios de las organizaciones (SEPS, 2016), con una tendencia de crecimiento que se puede observar en la tabla III.

TABLA III.

Ingresos reportados del sector no financiero de la economía popular y solidaria. Fuente: Boletín # 3 SEPS, 12 de septiembre de 2016

AÑO FISCAL	NÚMERO DE ORGANIZACIONES QUE REPORTAN	INGRESOS
2013	4.786	\$675.112.278,46
2014	4.857	\$788.942.528,54
2015	5.089	\$893.675.947,79

Fuente: Formulario 101 - SRI

El acceso a crédito a través de están cooperativas se respalda por otras posesiones, no necesariamente la tierra, y ésta tampoco es necesaria para el acceso a programas de fomento de la mejora y/o aumento de la productividad agraria de pequeños campesinos.

A la vista de estos datos se constata que en la economía de las pequeñas explotaciones ecuatorianas se confirma lo que en otras economías de América Latina: los títulos son innecesarios pues los medios de acceso a crédito de los pequeños productores permiten avalar el préstamo con otros bienes y el acceso a programas de productividad agraria tampoco los exigen como requisito (Larson et al., 1999).

De esta forma, el acceso a crédito a través de canales formales, no se ve afectado por cambios en la situación de tenencia.

IV.III.III. Rentas de las explotaciones y costos de regularización

Finalmente, el hecho de que los costos de transacción derivados del acceso a crédito por canales formales a través de la titulación de predios adopten cuantías muy altas en relación a la rentabilidad de los hacendados o al valor de la tierra es la tercera de las argumentaciones por las cuáles la seguridad en la tenencia puede no ir pareja de mayores nivel de acceso a crédito (Lawry et al. 2014).

Es necesario introducir en este apartado el nivel de registro de las parcelas de rústica en los registros de propiedad (figura 11) y las razones que los propietarios y poseionarios alegan para no emprender o completar la regularización a niveles que permitan emplear los títulos de propiedad como aval crediticio (figura 12).

¿Está inscrita esta parcela en notaría, Registro de la propiedad, o no está inscrita? (% del total de parcelas con documentos de tenencia)



Figura 11. Porcentaje de parcelas con documentos de tenencia según el mecanismo de acceso a la propiedad. Fuente: Estudio de Línea Base del Proyecto SIGTierras (2016)



Figura 12. Razones para no legalizar alegadas por los propietarios y poseionarios de la tierra. Fuente: Estudio de Línea Base del Proyecto SIGTierras (2016)

Las fuentes bibliográficas consultadas revelan que los niveles más bajos de inscripción se dan en las tierras adjudicadas por el estado y no tanto en las transferencias y transmisiones de derechos de propiedad futuros. Asimismo, se constata que la falta de recursos y desconocimiento de los trámites son las causas mayoritarias para la obtención de un título como aval crediticio.

La eficiencia de los protocolos institucionales de regularización, se cuantifican en términos de costos monetarios y tiempo y complejidad de los procesos de actualización de los registros de propiedad.

Francescutti (2002) expone que el análisis del tiempo que toma llevar a cabo un trámite de titulación de tierras bajo los protocolos del antiguo INDA es de: 404 días para adjudicación de entrega individual, 463 para adjudicación de entrega colectiva, 181 días para un convenio colectivo de entrega individual y 151 para titulación colectiva mediante convenio con entrega masiva.

Francescutti (2002) también recoge la complejidad del Procedimiento de Titulación de Tierras del INDA (actual STRA) en el que se identifican 15-20 pasos con, al menos, cinco instituciones diferentes implicadas:

- Presentación del cliente o interesado de la documentación requerida por el INDA en la Delegación o Distrito de la institución;
- Ingreso de la carpeta con documentación y asignación de responsable en la Delegación o Distrito;
- Inspección de campo por parte del técnico responsable de la Delegación o Distrito, con gastos cubiertos por el interesado;
- Revisión del expediente y oficio del técnico responsable en el Departamento de Legalización de la Delegación o Distrito;
- Envío al INDA Matriz, ingreso en el Archivo Central y distribución para su procesamiento;
- Revisión, validación y aprobación de requisitos en la Dirección de Trámite de Legalización de Tierras;
- Envío de documentación (con firma del Director Ejecutivo) a la Dirección Nacional de Avalúos y Catastro (DINAC);
- Avalúo del predio por la DINAC y comunicación oficial al INDA Matriz
- Ingreso del oficio sobre avalúo al Archivo Central del INDA
- Cálculo de cobro y expedición de oficio o memorando de cobro por parte de la Dirección de Trámite de Legalización de Tierras;
- Recepción de pago y elaboración de providencia de adjudicación por parte de la Dirección de Trámite de Legalización de Tierras;
- Revisión de la providencia de adjudicación por parte de la Dirección Ejecutiva
- Firma de la providencia de adjudicación y comunicación a la DINAC - DINAC procesa información sobre adjudicación;
- Entrega del título al interesado por parte de la Delegación o Distrito de la institución;
- Protocolización del título con notario público por el interesado;
- Registro del título por parte del interesado en el Registro de la Propiedad del Cantón;
- Envío de copia del título certificado e inscrito al Archivo Central de la institución.

En lo referente a los procesos requeridos para el trámite de los expedientes civiles a instancia de parte, la propia Guía práctica de Orientación Legal: Requisitos y pasos para perfeccionar legalmente la tenencia de tierras rurales privadas del proyecto SIGTierras (figura 13) es prueba de la complejidad (en cuánto a trámites y a instituciones).

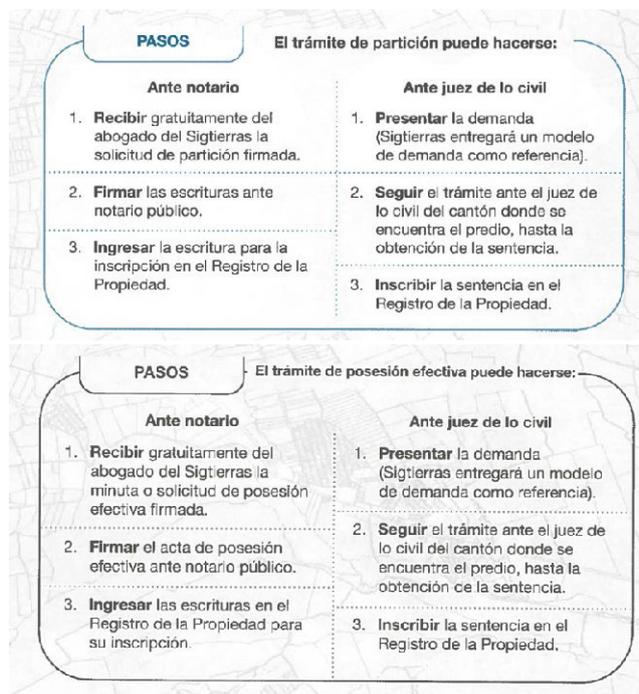


Figura 13: Extractos del proceso de regularización. Fuente: Guía práctica de Orientación Legal (SIGTierras, 2013)

Otro aspecto a tener en cuenta, además de los costos de tiempo que exige la regularización, es el costo monetario que representa la actualización del título. Por ejemplo, se estima que para un predio rural valorado en \$5.000,00 los costos de regularización asociados a un Juicio de Prescripción adquisitiva de dominio ascienden a \$1.215 en Cuenca y \$1.000 en Colta o Chunchi. Teniendo en cuenta que uno de los fines de los títulos es el de aval crediticio esto implica que es necesaria una inversión previa del 20 % del valor del predio para poder emplearlo con dicho propósito.

Una forma de constatar que esta problemática es habitual en muchas regiones, no sólo propia de Ecuador, es el número de iniciativas incluidas en los proyectos de regularización para reducir la complejidad de los trámites, documentación e instituciones implicados en la regularización de la propiedad son:

- El Programa TITULAR de Colombia pretendía desarrollar una nueva metodología que fuera más eficiente, simplificara trámites y redujera los tiempos y costos de los procedimientos (Conroy et al., 2014).
- El Registro Predial de Pueblos Jóvenes y Urbanizaciones Populares estaba dirigido a servir a las personas de bajos ingresos de la zona urbana de Lima y eliminaba el requisito de contar con escrituras notariales y lo substituía con formularios registrales sencillos que podían ser firmados por un notario o abogado certificado (Conroy et al., 2014).
- El Decreto Legislativo N° 667 - Ley del registro de predios rurales - de Perú simplificaba los trámites de registro de la propiedad.
- La Ley 24 de 2006 en Panamá establece la regularización de la tenencia como de interés de orden público, permite al Estado titular de oficio en las áreas declaradas "zonas de regularización" y además simplifica notoriamente los trámites requeridos para la titulación y el registro.

V. CONCLUSIONES

Es constatable, en el caso ecuatoriano, que la regularización de tierras rurales aún sigue siendo una tarea pendiente. La información catastral y la ficha de tenencia de proyectos de administración de tierras recientes como el PRAT o SIGTierras presentan un alto potencial como diagnóstico de las necesidades de regularización a nivel cantonal. Esta información, así como las referencias censales previas, indican que el volumen de adjudicaciones y titulación a instancias gubernamentales es similar al volumen de tierras con necesidad de saneamiento jurídico a instancia de parte de los títulos madre otorgados con anterioridad. Esta situación es consecuencia de convulsos marcos normativos desde los años 60 y un complejo marco institucional para la administración y gestión de la rica y singular diversidad de formas de tenencia pertinentemente identificadas y protegidas por el marco normativo actual (Ley Orgánica de Tierras y Territorios Ancestrales).

Al margen de la propia generación y dotación a los propietarios y posesionarios de títulos de propiedad como aval crediticio existen en Ecuador otras limitaciones sistémicas identificadas por la bibliografía internacional que constriñen el potencial de la seguridad de la tenencia como motor de acceso a crédito (articulación del mercado de tierras y aumento de la productividad):

- En torno a un 70 % de las parcelas tienen menos de 1 ha. Esta existencia mayoritaria de pequeñas parcelas y/o explotaciones puede resultar poco atractiva para ejercer el papel de garantía ante las instituciones financieras con independencia de la situación de tenencia.
- Las instituciones de crédito a las que mayoritariamente recurren los hogares rurales son instituciones privadas y, en el caso de la costa, predominantemente a familiares o amigos. Asimismo, el respaldo mediante terrenos, en montos promedio, sólo es mayoritario en la sierra. En la costa y la amazonía es más frecuente el respaldo mediante maquinaria o vehículos.
- Bajo el complejo esquema actual de protocolos e instituciones implicadas en la actualización de los títulos, los costos de regularización suponen un 20 % del valor de la finca (estimaciones previas). Por ello, la adquisición de los mismos supone una notable inversión previa para el cual sería preciso, incluso, acceder al propio crédito.

En este contexto, convendría, en el diseño de futuros proyectos de regularización de tierras en el Ecuador, proponer actividades que tengan en cuenta la complejidad y costo del proceso de regularización y actualización de los títulos pues, aunque el proyecto dote de títulos de forma mediante financiación específica la sostenibilidad futura del sistema de titulación seguirá comprometida.

Finalmente, resaltar el hecho de que la seguridad en la tenencia es uno de los elementos que genera productividad y competitividad agropecuaria, no obstante, habría que apoyarla con algunas políticas y reformas que incluyen los sistemas de acceso a crédito adaptados a las necesidades de los productores, procesos de regularización simples y eficientes y políticas de transferencia tecnológica no paternalistas.

REFERENCIAS

- Acevedo, R. y Delgado, J. 2002. El papel de los bancos de desarrollo agrícola en el acceso al crédito rural. En: Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible, Conferencia: Desarrollo de las Economías Rurales en América Latina y el Caribe: Manejo Sostenible de los Recursos Naturales, Acceso a Tierras y Finanzas Rurales. Fortaleza, Brasil. Auspiciado por el Gobierno de Alemania. Vol. 7.
- Besley, T. 1995. «Property Rights and Investment Incentives: Theory and Evidence from Ghana.» *Journal of Political Economy* 103 (5): 903-37.
- Bicciato, F. 2002. Microfinanzas en países pequeños de América Latina: Bolivia, Ecuador y el Salvador. CEPAL.
- BID (2012). «Ecuador, Estrategia País», Documento del Banco Interamericano de Desarrollo. Washington.
- BID, 2009. Informe de Terminación de Proyecto: Programa de Regularización y Administración de Tierras Rurales (PRAT).
- Brassel, F., Herrera, S. y Laforge, M. 2008. Reforma agraria en el Ecuador?: viejos temas, nuevos argumentos.
- Brassel, F., Ruiz, P. y Zapatta, A. 2010. La estructura agraria en el Ecuador: una aproximación a su problemática y tendencias. Reforma agraria en el Ecuador.
- Bruce, J.W. y Montaña, C.C. 2000. Conceptos sobre tenencia de la tierra. Land Tenure Center, University of Wisconsin-Madison.
- Bolay, J.-C., Rabinovich, A. y André de la Porte, C. 2004. Interfase urbano-rural en Ecuador: hacia un desarrollo territorial integrado. http://infoscience.epfl.ch/record/114256/files/CahierLaSUR05_interfase_ecuador.pdf
- Carter, M.R. y Chamorro, J.S. 2000. Estudio de las dinámicas de la
- Chiriboga, V. 2009. 30 años después: una reflexión sobre los estudios rurales y agrarios en Ecuador (Debate Agrario-Rural).
- Chiriboga, M. y Wallis, B. 2010. Diagnóstico de la pobreza en Ecuador y respuestas de Política Pública. Santiago de Chile. RIMISP-Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural.
- Clichevsky, Nora. 2006. Regularizando la informalidad del suelo en América Latina y el Caribe. Una evaluación sobre la base de 13 países y 71 programas. CEPAL - SERIE Manuales 50. Santiago de Chile: Publicación de las Naciones Unidas.
- Conroy, H., Ramos, J., Tang, L. y Ramirez-Goldin, A. 2014. proyectos de regularización y administración de tierras: evaluación comparativa. Inter-American Development Bank. https://publications.iadb.org/handle/11319/6389?scope=123456789/11,thumbnail=true,rpp=5,page=3,group_by=none,etal=0.
- Daza Cevallos, E. 2015. Más agronegocio, menos Soberanía Alimentaria. Instituto de Estudios Ecuatorianos y Observatorio del Cambio. Rural.<http://porlatierra.org/docs/9aeb3186f1a965cae3d134a600ede652.pdf>.
- Deininger, K. y Feder, G. 2001. Land institutions and land markets. *Handbook of agricultural economics*, 1: 288-331.
- Deininger, K. y Feder, G. 2009. Land registration, governance, and development: Evidence and implications for policy. *The World Bank Research Observer*, 24 (2): 233-266.
- Deininger, K. y Jin, S. 2003. Land sales and rental markets in transition: evidence from rural Vietnam. *World Bank Policy Research Working Paper*, (3013).
- Deininger, K., Hilhorst, T. y Songwe, V. 2014. Identifying and addressing land governance constraints to support intensification and land market operation: Evidence from 10 African countries. *Food Policy*, 48: 76-87.
- Deininger, K., Savastano, S. y Carletto, C. 2012a. Land Fragmentation, Cropland Abandonment, and Land Market Operation in Albania. *World Development*, 40 (10): 2108-2122.
- Deininger, K., Selod, H. y Burns, A. 2012b. The Land Governance Assessment Framework: Identifying and monitoring good practice in the land sector. World Bank Publications.
- Deininger, K., Zegarra, E. y Lavadenz, I. 2003. Determinants and impacts of rural land market activity: evidence from Nicaragua. *World Development*, 31 (8): 1385-1404.
- Deininger, K.W. 2003. Land policies for growth and poverty reduction. 26384. Washington: World Bank and Oxford University Press.
- Deininger, K.W. 2010. Innovations in land rights recognition, administration, and governance. World Bank Publications.
- Deininger, K.W. y Jin, S. 2002. Land rental markets as an alternative to government reallocation?: Equity and efficiency considerations in the Chinese land tenure system. World Bank Publications.
- Edouard, F. y Jarquin, M. 2015. «Regularización, saneamiento y titulación». Herramienta de Evaluación PAT - Modulo 2 - Instituciones Administración de Tierras - IAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-av202s.pdf>.
- Feder, G. 1999. Land administration reform: economic rationale and social considerations. UN_FIG Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, Melbourne, Australia. 1999:
- Feder, G. y Nishio, A. 1998. The benefits of land registration and titling: economic and social perspectives. *Land use policy*, 15 (1): 25-43.
- Foltz, J., B. Larson, y R. López. 2000. Land Tenure, Investment, and Agricultural Production in Nicaragua. *Development Discussion Paper* 738. Harvard Institute for International Development. <http://www.cid.harvard.edu/hiid/738.pdf>.
- Francescutti, D. 2002. Regularización de la tenencia de tierras: evolución, costos, beneficios y lecciones. El caso del Ecuador». *FAO Investment Centre Occasional Paper Series* 13: 97.
- Gilces, A. y Montenegro, F. 2008. Tenencia de la tierra en 12 comunidades en la provincia de Manabí. Reforma agraria en el Ecuador: viejos temas, nuevos argumentos, 103.
- Hidalgo, F. 2013. Sembrando la soberanía alimentaria en Ecuador». *Comercio y Crecimiento*, 37.
- Ibarra, H. y Ospina, P. 1994. Cambios agrarios y tenencia de la tierra en Cotopaxi. Vol. 3. Fondo Ecuatoriano Populorum Progressio.
- INEC. 2016. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Reporte de Pobreza y desigualdad. Marzo de 2016

- Jordán, F. 2003. Reforma agraria en Ecuador. Ponencia presentada al Seminario Internacional Resultados y perspectivas de las reformas agrarias y los Movimientos Indígenas y Campesinos en América Latina, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Kerekes, C, y C. Williamson. 2010. «Propertyless in Peru, Even with a Government Land Title». *The American Journal of Economics and Sociology* 69 (3): 1011-33.
- Lawry, Steven, Cyrus Samii, Ruth Hall, Aaron Leopold, Donna Hornby, y Farai Mtero. 2014. *The impact of land property rights interventions on investment and agricultural productivity in developing countries: a systematic review*. Oslo, Norway: Campbell Systematic Reviews.
- López, M.F; Egüez, D. y Salvador, G. 2008. Cambios en la estructura el paisaje agrario hacia fines del siglo XX: Análisis multi-temporal de cartografía estadística sobre tenencia de tierra, uso de suelo y producción agropecuaria 1954, 1974 y 2001. En: Mejía, M. (Ed.): Reporte de investigación: Base de Datos II. Documento no publicado. Quito. PUCE, 61-180.
- López Sandoval, María Fernanda. 2011. Tenencia, seguridad y regularización de tierras rurales en el Ecuador: entre el problema agrario y los incentivos para la conservación. *Revista de la Escuela de Ciencias Geográficas PUCE* 3: 7-17.
- MAGAP. 2016. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. *La Política Agropecuaria Ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 I Parte*.97 -100.
- Martínez, L. (2002). Desarrollo rural y pueblos indígenas: las limitaciones de la praxis estatal y de las ONG en el caso ecuatoriano. *Ecuador Debate*, 55.
- Masterson, T. 2007. Land rental and sales markets in Paraguay. *The Levy Economics Institute Working paper*, n.o 491.
- Morales, M., Naughton-Treves, L. y Suárez, L. 2010. Seguridad en la tenencia de la tierra e incentivos para la conservación de los bosques. *ECOLEX*. Menacho Menacho, L.A. 2016. El derecho de los pueblos indígenas a no ser desplazados de sus tierras ancestrales en la legislación nacional.
- Nieto-Cabrera, C. 2004. El acceso legal a la tierra y el desarrollo de las comunidades indígenas y afroecuatorianas: la experiencia del PRODEPINE en el Ecuador. *Land Reform 2004*: 96-109.
- North, D.C. 1990. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge university press.
- Quevedo Ramírez, T. 2013. Agroindustria y concentración de la propiedad de la tierra: Elementos para su definición y caracterización en el Ecuador. *OBSERVATORIO DEL CAMBIO RURAL - OCARU*.
- Pascual, F.G. 2013. El sector agrario del Ecuador: incertidumbres (riesgos) ante la globalización. *Íconos-Revista de Ciencias Sociales*, (24): 71-88.
- Rose, S.E. 2006. Tenure security and household labor decisions: The effect of property titling on labor force participation in urban Ecuador. <https://repository.library.georgetown.edu/handle/10822/556004>.
- Rosero, F., Carbonell, Y. y Regalado, F. 2011. Soberanía alimentaria, modelos de desarrollo y tierras en Ecuador. Quito, CAFOLIS, FES/ILDIS, OXFAM, UPS.
- Sandoval Vásquez, J.C. 2015. El Ecuador, original, volviendo a los orígenes: en busca de los principios del ordenamiento territorial ancestral. VII Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Montevideo, junio 2015, Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya. 2015.
- Sanchez-Paramo, C. 2005. Pobreza en Ecuador. Breve, Banco Mundial.
- SEPS. 2016. Boletín # 3 de la Superintendencia de la Economía Popular y Solidaria (SEPS), 12 de septiembre de 2016
- SIGTierras. 2016. Una mirada a la realidad social, legal y económica al sector rural de 18 Cantones del Ecuador. Síntesis del estudio línea de base del Programa SIGTierras.
- SIPAE- Equipo Tierras. 2011. Atlas sobre la Tenencia de la Tierra en Ecuador. Quito - Ecuador: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador (SIPAE).
- De Soto, Hernando. 2000. *The mystery of capital: Why capitalism triumphs in the West and fails everywhere else*. 1a. New York: Basic Books.
- Soto Baquero, F. y Gómez, S. 2012. Dinámicas del mercado de la tierra en América Latina y el Caribe: concentración y extranjerización. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Soto, H. de. 2001. El misterio del capital: por qué el capitalismo triunfa en Occidente y fracasa en el resto del mundo.
- Southgate, J. A., Saá, C.M. y Strasma, J. 1998. Políticas agrarias en el Ecuador; evaluación 1990-1996. V. 1. Síntesis del estudio. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Quito (Ecuador).
- Tejo, P. 2003. Mercados de tierras agrícolas en América Latina y el Caribe: una realidad incompleta. *United Nations Publications*.
- Uquillas, J. 1993. La Tenencia de la tierra en la Amazonía ecuatoriana. En: Bustamante, T. et al., *Retos de la Amazonía*, Quito, ILDIS, Abya-Yala, 61-94.
- Vázquez L. y Saltos, N. 2006. Ecuador, su realidad 2005-2006. Quito: C. Peralta.
- Vogelgesang, F. 1996. Los derechos de propiedad y el mercado de la tierra rural en América Latina. *Revista de la CEPAL*.
- World Bank. 2017. *Indicadores del desarrollo mundial*. Consultado: mayo de 2017.
- Zhang, Q., Ma Qy Xu X.. 2004. Development of land rental markets in rural Zhejiang: Growth of off-farm jobs and institution building. *The China Quarterly* 180: 1031-1049.

Nomenclátor y SIG para la gestión de topónimos. Parroquia Sayausí, Cuenca-Ecuador

Cordero Farfán María Fernanda

Carrera de Historia y Geografía/
Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación/Universidad de Cuenca
Ciudad de Cuenca/Provincia del Azuay/Ecuador
maria.cordero@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

No se dispone en Ecuador de un modelo oficial para la clasificación de topónimos. El trabajo que se presenta, elaboró un Nomenclátor y un Sistema de Información Geográfica de Topónimos de la parroquia Sayausí, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador con un total de 373 georeferenciaciones que corresponde a sitios de interés histórico, geográfico y socio-cultural. Todos ellos cuentan con una ficha que detalla la información recogida durante el trabajo de campo, vinculada al SIG, lo que facilita las consultas y constituye material interesante para otras indagaciones al narrarse la historia de muchos lugares y su relación con el territorio. La investigación y los medios utilizados para el registro y análisis de los topónimos se fundamentaron en los principios y metodología de la Historia Oral, pues la mayoría de los nombres registrados corresponden a la lengua cañari, quichua o sus combinaciones que no tuvieron escritura. No obstante, también se empleó la escasa o casi inexistente documentación escrita así como: mapas, hojas topográficas y planos de distintas escalas y fechas. La información generada contribuye para la realización de una tarea indispensable en el país como es la "Normalización de Nombres Geográficos". Si bien se trata de una sola parroquia, futuros proyectos podrían trabajar en áreas geográficas más grandes. Del mismo modo, sirven de referencia para la elaboración de otros estudios que implica la amplia temática de la toponimia. Contribuye a la planificación, por ser un instrumento para la localización y consulta sobre lugares que forman parte de la ordenación de los territorios.

Palabras clave: **topónimo, sistema de información geográfica SIG, nomenclátor, normalización de nombres geográficos.**

ABSTRACT

An official model for the classification of Toponyms (place-names) has not been developed in Ecuador. As such, the work that is presented elaborates a Gazetteer and a Geographical Information System of Toponyms of the Sayausí parish, Canton Cuenca, Province of Azuay, Ecuador, with a total of 373 georeferenciaciones corresponding to sites of historical, geographic and socio-cultural interest. All of them have a data sheet that details the information collected during the field work, linked to the GIS, which facilitates consultation and constitutes interesting material for other inquiries or research and at the same time narrating the history of many places and their relationship with the territory.

The research and the means used for the registration and analysis of place-names, were based on the principles and methodology of Oral History, as most of the names correspond to the Cañari language, Quichua or their combinations that had no written language. However, for this research some scarce written documentation has been used, such as: maps, topographic sheets and plans of different scales and dates.

The information generated and the results, contribute to the accomplishment of the indispensable task of "Normalization of Geographic Names" in the country. Considering that it is a single parish, the principles of this work could be applied to future projects in larger geographic areas, contributing to territory planning as an instrument for locating and consulting places that are part of the management of the territories.

Keywords: toponym (place-name), geographic information system (GIS), gazetteer, normalization of geographic names

I. INTRODUCCIÓN

Como es de conocimiento público, una de las tareas prioritarias del Instituto Geográfico Militar (IGM), es la generación y publicación de la Cartografía Nacional. En septiembre de 2.009, la referida institución elaboró la "Propuesta para la Creación de la Junta Nacional de Topónimos" en busca de la necesaria normalización que ayudaría a superar los innumerales problemas, entre ellos una serie de incoherencias en los nombres geográficos que provienen de fuentes cartográficas y documentos oficiales, los cambios efectuados a los nombres autóctonos e incluso la oficialización de nombres que no tienen arraigo (IGM, 2.009).

Desafortunadamente, lo antes referido quedó como simple propósito, toda vez que no ha existido continuación de una labor tan importante y esencial como es la de dotar al país de normas y procedimientos estandarizados para la recopilación en campo, el tratamiento, registro, oficialización, almacenamiento y difusión de los nombres geográficos normalizados.

Por carecer de estos instrumentos, se estimó necesario para el caso de la parroquia Sayausí, proceder al diseño de un Nomenclátor; esto es un catálogo ordenado de topónimos que contengan información sobre su ubicación georeferenciada, tipo de entidad geográfica y más datos que lleven a describir y definir cada uno de los topónimos que se analicen; sin que además, se deje a un lado, por su valor patrimonial inmaterial, la importancia del topónimo como herramienta discursiva.

Es preciso se considere que, el uso uniforme de los topónimos correctos, constituye elemento esencial de la cartografía y trascendente en la sociedad digital en la que nos encontramos inmersos y dentro de la cual consta los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Diseño y desarrollo que se muestra a continuación

II MÉTODO

NOMENCLÁTOR PARROQUIA SAYAUSÍ.

La elaboración de un Nomenclátor para la parroquia Sayausí, se enmarca dentro de las recomendaciones de las Conferencias de las Naciones Unidas sobre la Normalización de Nombres Geográficos, UNESCO, (2007) de la que el Ecuador forma parte. La norma internacional ISO19112 -espacio de referencias basado en nombres geográficos- define un esquema conceptual para las referencias espaciales con el uso de nombres geográficos y recomienda documentar un Nomenclátor con los aspectos que se desarrollan como ejemplo a continuación (Tabla I)

TABLA I

NOMENCLÁTOR, NORMA ISO 19112: PARROQUIA SAYAUSÍ. ESQUEMA CONCEPTUAL DE REFERENCIAS ESPACIALES

NOMBRE DEL NOMENCLÁTOR	Nomenclátor de Topónimos de la Parroquia Sayausí, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, Ecuador
TEMA DEL QUE SE OCUPA	Toponimia en General
TERRITORIO QUE ABARCA	Parroquia Sayausí, Cantón Cuenca, Provincia del Azuay, República del Ecuador. Área 301.573,57 Has, de esta 58.44 Has, corresponde al centro parroquial.
ESCALA, O ESCALAS UTILIZADAS	Las escalas utilizadas difieren: las hojas topográficas del IGM a 1: 50 000, el mapa de localidades, el parroquial y los de accidentes geográficos a 1: 125 000, todos estos en formato vectorial, más la imagen satelital de la zona en raster que permite un análisis fluido de la información.
SISTEMA DE REFERENCIA UTILIZADO	Sistema Geodésico Mundial 1984. (WGS84) Z17S
SISTEMA DE COORDENADAS EMPLEADO	Coordenadas Planas UTM (Universal Transformer de Mercator) X (Este) Y (Norte)
FUENTE	Cartas Topográficas, mapas y planos del IGM (Instituto Geográfico Militar del Ecuador) GAD de la ciudad de Cuenca y GAD de Sayausí.
FINALIDAD Y FILOSOFÍA DEL NOMENCLÁTOR	Es la recuperación y conservación de los topónimos, para que en una etapa posterior, sea el Municipio, el que a través de una ordenanza u otro mecanismo que estime conveniente, devuelva a la historia y al patrimonio de la zona los nombres originales. Otra, es la de narrar la historia que encierran muchos topónimos y su relación con el territorio. También está la de servir de referencia para estudios posteriores sobre toponimia y ser fuente entre otros para la localización y consulta en la gestión, planificación territorial, desarrollo de sistemas, centros de información y documentación entre otros.
FUENTE	UNESCO. (2007)
ELABORACIÓN	María Fernanda Cordero Farfán - febrero de 2016-

DETALLE Y CLASIFICACIÓN

Por las características y naturaleza del área de estudio, se diseña una clasificación de topónimos que se ocupe tanto del origen lingüístico cuanto de su motivación temática.

Es necesario indicar que se examinaron una serie de clasificaciones, las más cercanas a nuestro interés fueron las elaboradas por Carmen Díaz Alayón que titula "La toponimia de

Canarias: Aportes Lingüísticos” del año 2013, la de Jairo Javier García Sánchez, “Atlas Toponímico de España” del año 2007, de las que se tomaron algunos nombres temáticos.

Fue difícil encontrar una denominación que englobe a los topónimos que hacen referencia a carreteras, vías, puentes, caminos, chaquiñanes, senderos, por lo que se toma un término muy usado en la actualidad, sobre todo en el campo de la Planificación Territorial y Urbana que es la “conectividad”, término que es aplicable en diversas especialidades y que figura en la vigésima segunda edición del diccionario de la Real Academia Española, “la capacidad de conectarse o hacer conexiones”, que para el tema que nos ocupa se refiere a conexiones o flujos entre los distintos lugares, sin importar la calidad del camino, su jerarquía, su uso o desuso. El Catálogo o Nomenclátor de topónimos de la parroquia Sayausí queda como sigue (Tabla II)

TABLA II
NOMENCLÁTOR DE TOPÓNIMOS: PARROQUIA SAYAUSÍ, CANTON CUENCA, AZUAY, ECUADOR.
ESTRUCTURA

Nombre de la Parroquia:
Código de la Parroquia: es el identificador que enlaza a otras bases de datos
Nombre actual.
Nombre anterior
Otro Nombre
Origen Lingüístico: español, quichua, cañari, español-quichua, español-cañari, quichua-español, quichua-cañari, cañari-español, cañari-quichua.
Motivación Temática:
Epotopónimos (nombres de lugares que designan un espacio generalmente habitado)
Morfotopónimos (hace referencia a todo tipo de relieve)
Hidrotopónimos (relacionados con el agua).
Fitotopónimos (concernientes a la flora).
Zootopónimos (alusivos a la fauna).
Cromotopónimos (referentes a la cualidad de los topónimos: forma, color, tamaño, numéricos y otras).
Hagiotopónimos (alusivos a la vida religiosa y a los nombres de santos y advocaciones piadosas).

Por la diversidad de los nombres atribuidos a los distintos sitios de la parroquia Sayausí y con el fin de facilitar su identificación con respecto a su naturaleza, cualidad y motivación temática, a la mayoría de topónimos se les ha asignado dos nombres así: Todo lo relacionado con agua: ríos, lagunas, quebradas, se nombra primero con el nombre Hidrotopónimo, entonces la laguna Illincocha, sería un Hidrotopónimo - fitotopónimo, la quebrada Patacocha, Hidrotopónimo - Morfotopónimo.

Todas las localidades y lugares poblados llevan primero el nombre de Epotopónimos, así por ejemplo la localidad Picotacucho es un Epotopónimo-Cromotopónimo. La localidad San Vicente, Epotopónimo - Hagiotopónimo.

Los que nombran a las formas fisiográficas, van precedidas de Morfotopónimo, loma Cucheros es un Morfotopónimo-Cromotopónimo. Filo Ávila Huayco, Morfotopónimo-Antropotopónimo .

Aquellos que hacen alusión a la conectividad van precedidos del nombre Conectotopónimos por ejemplo Puente Turupamba, Conectotopónimo-Cromotopónimo, Ingañan, Conectotopónimo -Hagiotopónimo.

Cuando se trata de un elemento puntual, lleva un solo nombre como La Ermita que es un Hagiotopónimo.

De conformidad a este criterio es como se elaboró la clasificación para motivación temática tanto del nombre actual como del nombre anterior si lo tuviere el topónimo analizado.

DISEÑO DE UN SIG PARA LA GESTIÓN DE TOPÓNIMOS

Cartografía Base

- Mapa de delimitación geográfica de la parroquia Sayausí, Fuente: I. Municipalidad de Cuenca. (Ordenanza Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca de diciembre de 2011).
- Mapa de localidades de la parroquia Sayausí. (Fuente: I. Municipalidad de Cuenca. Arq. Fernando Landívar - CARTOSIG. Ltda. “Diseño e Implementación del Modelo Técnico y Avalúo Catastral Rústico del Cantón Cuenca, 2006).
- Imagen Satelital de la ciudad de Cuenca, 2013 (Fuente: I. Municipalidad de Cuenca).

La depuración y edición de la cartografía base está orientada a la obtención de datos confiables que permitan la ejecución de las diferentes etapas para la conformación del SIG de topónimos. Es así que los mapas, sus respectivas tablas y la imagen satelital fueron analizados con el fin de verificar la calidad y cobertura física de la información necesaria para la parroquia Sayausí. Debe señalarse que la Imagen Satelital no cubre toda la parroquia, falta una pequeña área al nor-oeste que limita con San Antonio, parroquia del cantón Cañar (Figura 1).

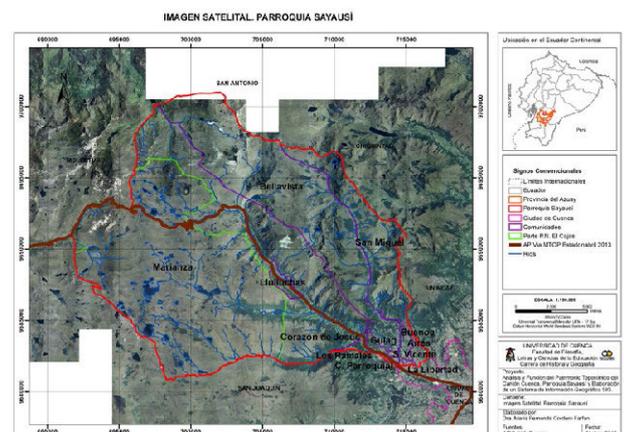


Figura. 1. Cartografía Base e Imagen Satelitaria. Área Sayausí

Trabajo en Campo

El trabajo realizado en campo se lo realizó en dos momentos: El primero, referido a la localización geográfica de los sitios mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). El segundo, basado en entrevistas que fueron consignadas en fichas y que contienen información no sólo para la elaboración del nomenclátor, sino también para trabajos relacionados con la historia, la antropología y la lingüística entre otros.

Esta información es factible de ser consultada en el SIG, a través de la herramienta HYPERLINK que permite enlazar la ficha de topónimo con el punto geográfico (coordenada X e Y) y su correspondiente en la tabla de atributos.

FICHA I

"Análisis y Función del Patrimonio Toponímico del Cantón Cuenca: Parroquia Sayausí y Elaboración de un Sistema de Información Geográfica. SIG"		Motivación Temática	
FICHA DE REGISTRO		Nom Actual: idrotopónimo-Cromotopónimo Nom Anterior: Fitotopónimo	
1. DATOS DE LOCALIZACIÓN			
Provincia: Azuay			
Cantón: Cuenca			
Parroquia: Sayausí			
Comunidad: Buenos Aires			
Sistema Geodésico Mundial 1984. (WGS84) Z17S		Altitud	
Coordenadas Planas UTM: X (Este) 714599 Y (Norte) 9684992		2917 m.s.n.m	
Coordenadas Geográficas Latitud 2 50 54.0 S Longitud 79 04 10.0 W			
Coordenada tomada en un tramo de la quebrada		Proyecto Ordenanza N° 5	
2. FOTOGRAFIA REFERENCIAL			
			
Descripción de la fotografía: Quebrada Calicanto.			
3. DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
Denominación Actual: Calicanto		Antigua Dudahuaco	
Origen: Español		Quichua—planta semejante al carrizo, del género de las arundinarias	
Tipo: Quebrada			
4. DESCRIPCIÓN			
Quebrada Calicanto. Nombre español Quebrada con calicantos muros de cal y canto rodado. Es el nombre de una quebrada de la parroquia Sayausí, este apelativo es nuevo, moradores del sector desconocen el porque del nombre, Manuel Guerrero menciona "Se llama Dudahuaco no Calicanto, se debe a que existía una planta parecida al carrizo."			
5. INTERLOCUTORES			
Nombre y Apellidos	Dirección	Sexo	Edad
Manuel Guerrero	Trancahuaco	M	72
6. ELEMENTOS RELACIONADOS			
Textos	Fotografías	Audios	Videos
7. ANEXO FOTOGRAFICO			
Registrado por: María Fernanda Cordero Farfán			
Fecha de Registro: Enero 2016			

Procedimientos para el registro de la información

Con GPS, se tomaron 129 puntos que corresponde a barrios, ríos, quebradas, lagunas y elevaciones; en lo referente a ríos y quebradas, fue tomado en un lugar no específico del tramo, en las lagunas en sus orillas, idéntico procedimiento se siguió para registrar barrios y asentamientos.

No ocurrió así con los puntos registrados sobre la base del mapa de localidades del Catastro Rural que suman 175, donde se generaron centroides (media geométrica de un polígono), método utilizado en este trabajo para el registro de coordenadas de cada una de las referidas localidades. Con la finalidad de conservar y ordenar la información de las referidas localidades, se procedió a elaborar también las fichas respectivas.

En aquellas áreas donde fue imposible llegar, se procedió a georeferenciar desde la imagen satelital, 69 puntos. De esta manera se cubrió prácticamente toda la parroquia Sayausí, con un total de 373 georeferencias que representan los topónimos de la parroquia (Figura 2).

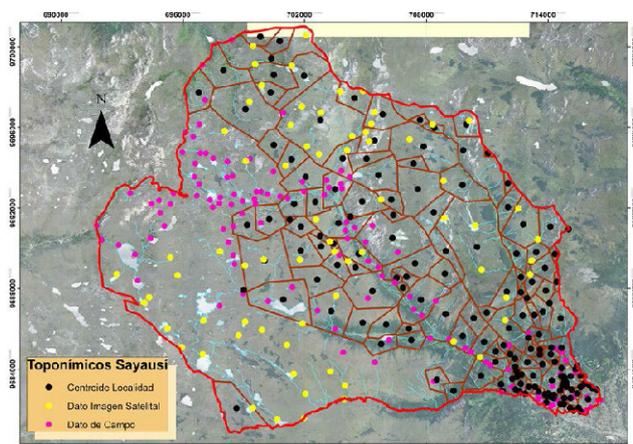


Figura 2. Toponímicos Sayausí

III RESULTADOS

NOMENCLÁTOR GEOGRÁFICO DE LA PARROQUIA SAYAUSÍ.

Como se hizo referencia en el acápite correspondiente, el nomenclátor contiene 373 topónimos o identificadores geográficos, clasificados por su origen lingüístico y temática.

Estructura de la Tabla de Atributos del Nomenclátor

Se procedió a llenar la información en la tabla de atributos del shapefile, conforme a la estructura elaborada para el Nomenclátor. La tabla queda conformada con los campos que se detallan a continuación, cada uno de ellos o su combinación pueden ser sujetos a consultas o servir para la generación de nuevos mapas o reportes:

1. Fid. Constituye la primera columna que se muestra automáticamente. Indica el número de registro para cada clase de entidad. Es el valor que refiere el número secuencial de la tabla de contenido del archivo shapefile.
2. Shapefile. Formato de almacenamiento de datos vectoriales de ESRI. Es el archivo que almacena la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas, se representan por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas). En este caso es un punto.
3. X, representa el este y el oeste, es la longitud en metros, sistema de coordenadas proyectadas. Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum geodésico WGS84 que significa Sistema Geodésico Mundial 1984.
4. Y, representa el norte y el sur, es la latitud en metros. Sistema de coordenadas proyectadas. Universal Transverse Mercator (UTM) y Datum geodésico WGS84 que significa Sistema Geodésico Mundial 1984.
5. Latitud, (paralelo) es el ángulo que existe entre un punto cualquiera y el ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto (grados, minutos y segundos)
6. Longitud, (meridiano) mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0. (grados, minutos y segundos)
7. Altitud, medida en metros sobre el nivel del mar (msnm). El nivel del mar sirve como referencia para ubicar la altitud de las localidades y accidentes geográficos.
8. Procedencia, (origen de la coordenada: 1. generación de centroide en cada una de las comunidades del Catastro Rural, 2. proveniente de un punto tomado en la imagen satelital y 3. punto tomado en campo mediante el uso de GPS)
9. Nombre De La Parroquia. "Sayausí"

TABLA III
ESTRUCTURA DE LA TABLA ARCGIS 9.3

10. Código De La Parroquia: tomado del INEC. Es el identificador que enlaza a otras bases de datos
11. Nombre Actual del topónimo
12. Origen del nombre actual
13. Significado del nombre actual
14. Temática del nombre actual
15. Nombre anterior
16. Origen del nombre anterior
17. Significado del nombre anterior
18. Temática del Nombre anterior
19. Otro Nombre (un tercer nombre)
20. Historia.
21. Ordenanza (registro de 32 entidades que han cambiado su nombre primigenio y que conforman la propuesta de un proyecto de Ordenanza,
22. Enlace con la ficha de topónimo (Hyperlink)

Es así que la tabla de atributos del SIG de Topónimos de la Parroquia Sayausi queda conformada por 20 campos, más 2 que se crean automáticamente en el sistema (Fid y Shape), es decir 22 columnas en total.

El enlace con otras tablas u otras bases de datos, para el uso, análisis y gestión de información proveniente de fuentes diversas se lo haría a través del campo "Código de la Parroquia", notación utilizada a nivel de nuestro país, generada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC).

CONSULTAS Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La Tabla de Atributos constituye la base de datos del Nomenclátor de Topónimos de la Parroquia Sayausi, cuyo objetivo dentro de un SIG -entre otros- es el de consultar, analizar, comparar, seleccionar y crear nueva información las veces y momento que se creyere conveniente.

Todas las columnas del nomenclátor y por tanto de la tabla de atributos del SIG, están sujetas a consulta y análisis, ya sea

de forma individual o combinada, lo que permite obtener una gran cantidad de información alfanumérica y de mapas.

Dentro de los SIG y específicamente de ArcGIS, el SQL (Structured Query Language), se comporta como un lenguaje relativamente sencillo, tiene pocas instrucciones y funcionan con bastante lógica.

La mayor parte de las sentencias de selección por atributos y por localización o los cálculos de los campos (columnas) utilizan este lenguaje: así mismo, constituye el centro de una buena cantidad de operaciones porque a través de sentencias responde a lo que el investigador quiere que suceda.

A más de lo referido, ArcGis dispone de una serie de herramientas y comandos que facilitan las consultas e investigación como las que proporciona el módulo ArcToolbox que posibilita gestionar y ejecutar las herramientas de geoprociamiento.

Las posibilidades de gestionar la información son muy amplias, así por ejemplo la referida a Motivación Temática (del nombre actual y anterior del topónimo) permite realizar cerca de 2.000 preguntas, algo parecido sucede con la de Origen del Nombre del Topónimo (actual y anterior), más de 150 consultas. Si a lo anotado le adicionamos los datos consignados en los campos "Altitud", "Procedencia", "Significado del Nombre Actual", del "Anterior", "Otro Nombre", "Historia" y "Proyecto de Ordenanza", se ve que se incrementa notablemente la capacidad de análisis, gestión y generación de nueva información .

Como ejemplos a continuación se muestra el resultado de algunas consultas realizadas en el ArcGis 9.3

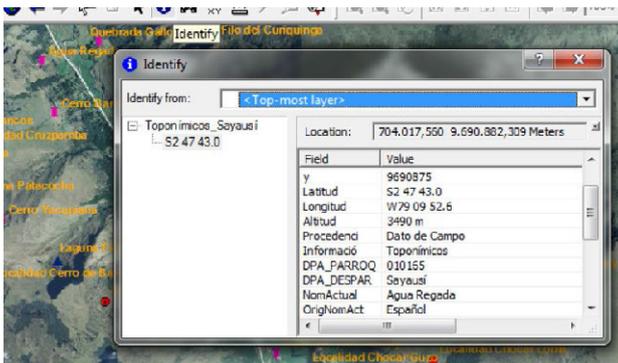


Figura.3. Información vinculada a la Tabla de Atributos del SIG

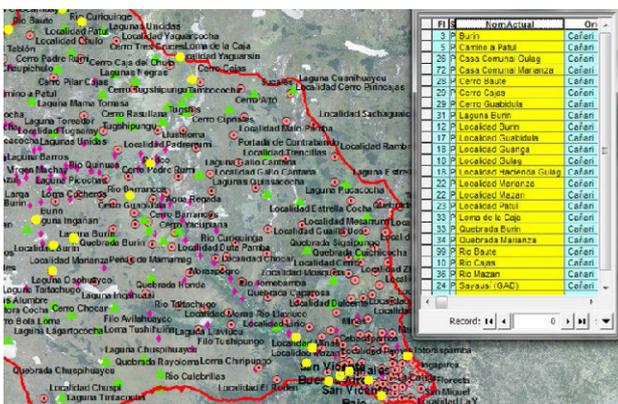


Figura.4. Topónimos de origen español-quichua: el resultado indica 60 de 373 topónimos

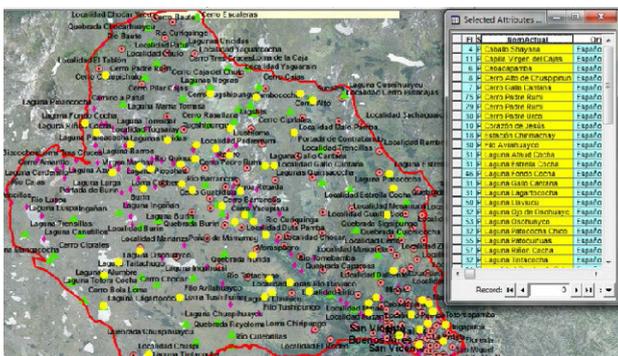


Figura.5. Topónimos de origen cañari-quichua y de estos ¿los morfotopónimo-cromotopónimo? Resultado uno

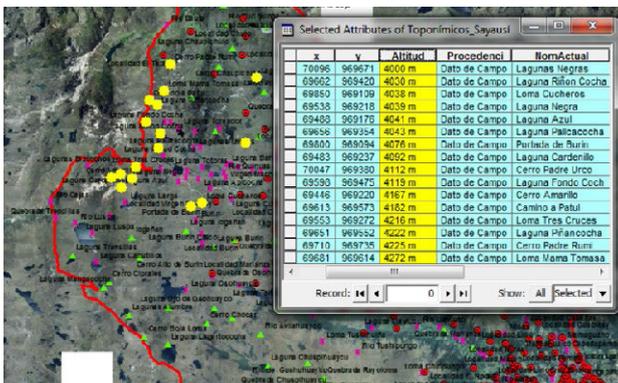


Figura.6. Topónimos cuya altura es igual o superior a los 4000 m.s.n.m. y de éstos, únicamente los que fueron tomados en campo con GPS. El resultado en la imagen que sigue

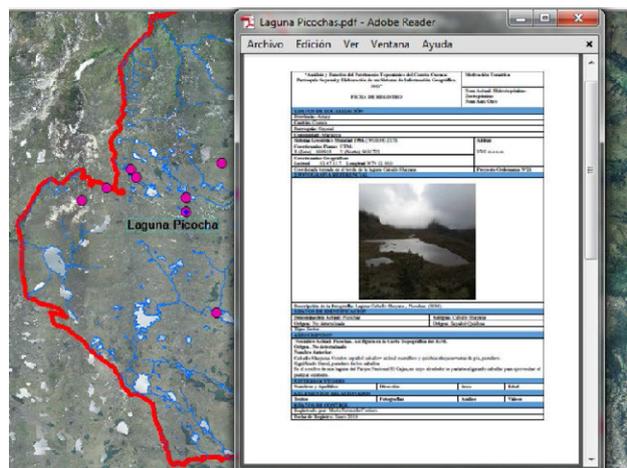


Figura 7. Topónimos con la información contenida en cada una de las fichas A través de la herramienta Hyperlink

Es posible visualizar y consultar información referente a los 373 topónimos de la parroquia Sayausi, al utilizar la versión gratuita de Google Earth, aplicación que permite, sobre la base de la fotografía satelital, incluir los datos y cartografía del proyecto. Para ello se utilizó la herramienta Map To KML del módulo ArcToolbox, de la plataforma de ArcGIS 9.3.

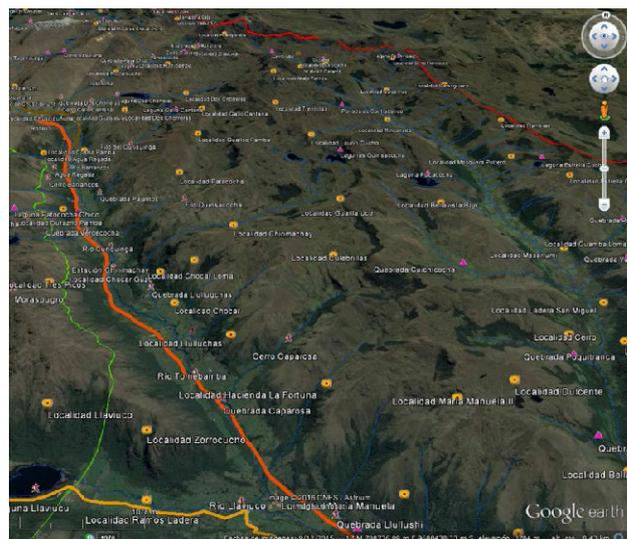


Figura 8. Topónimos en Google Earth

TERRITORIO Y TOPÓNIMOS.

“Sayausi significa donde usan polleras, porque las personas han sabido utilizar una pollera llamada saya y ellos mismos la hacían con la lana del borrego, a base de hilados, antes se decía ¡ponte la saya! ¡usa la saya!” (Quishpe, 2016)

Relaciones entre Territorio y nombres de Lugar o Topónimos.

Es interesante el tema de la relación entre territorio y los nombres de lugar; relación que, en la mayoría de los casos, describe peculiaridades geográficas o expresan situaciones de orden socio-cultural como: las formas topográficas e hidrográficas; modelado, color de las aguas o la forma que adquieren sus cursos.

Otros sitios reciben el nombre de la flora que lo caracteriza o de los animales de la fauna actual o extinguida.

Las condiciones climáticas, la semejanza a personas y animales, las referidas al color, olor, sabor no dejan de estar pre-

sentos, como también nombres de lugares que son escenario de actos divinos extra-naturales y que generalmente son asociados a historias, leyendas en varios casos interpretadas por la gente que vive a sus alrededores y que, en no pocos casos, son portadoras de un conocimiento que va transmitiéndose de generación en generación.

Todo esto se pretende rescatar con la información contenida en las fichas de topónimos que seguramente, ayudará a investigadores interesados en las áreas de la Geografía, Historia, Antropología, Arqueología entre otras.

Los topónimos fueron, son y serán elemento esencial en Cartografía, tanto por la función que tienen como identificadores geográficos referenciados, cuanto por la información que proporcionan como herramienta discursiva e informativa del territorio con enorme contenido semántico y simbólico tal como se muestra en los ejemplos escogidos al azar que pueden referirse a plantas, animales o cualquier otro elemento que se detallan a continuación y que son parte de las fichas de topónimos que pueden ser consultadas, analizadas o gestionadas, sobre la base del nomenclátor que forma la estructura del Sistema de Información Geográfico (SIG) elaborado.

Topónimos que dan cuenta sobre animales hoy desaparecidos.

- Cerro Alto de Burin. (Morfortopónimo-Zootopónimo).

Del español alto=de gran tamaño y cañari Burin = una especie de felino salvaje del páramo, semejante a un gato a un tigrillo

“... antiguamente hubo en este sector un predominio de los animales conocidos como purimises (pl.de purimise) o burines (sing de burin), una especie animal propia de las alturas, parecido a un gato doméstico, de color negro-grisáceo (romano), como un tigrillo; es un mamífero que acude a las casas en busca de gallinas, preferentemente, para su subsistencia. Actualmente estos animales han desaparecido de las alturas y tan solo, en forma eventual, se los encuentra en las partes bajas u orillas” (Espinoza y Jácome, 1988).

Esta información interesa para explicar las características de un animal prácticamente extinguido, conocido en la época Cañari, de allí su nombre.

- Laguna Oso Huaycu. (Hidrotopónimo-Zootopónimo)

Nombre español y quichua huaycu=quebrada Significado literal, quebrada del oso.

Moradores del lugar refieren que de vez en cuando aparecen osos y que por la noche cerca de la laguna se solía escuchar como gruñían. César Jarama dice “existían osos, anteriormente si habían”.

Topónimos que hablan sobre prácticas hoy desaparecidas.

- Cerro Alto de Chuspipuñuna (Morfortopónimo-Cromotopónimo)

Nombre español alto=gran altura y quichua chuspi=persona de ojos pequeños y puñuna= descansar, pernoctar.

Miguel Quishpe cuenta que se llama Chuspipuñuna, porque “ha habido chuspis, es decir los que duermen”. En este sector han sabido dormir los arrieros que iban hacia Molleturo o que venían a Cuenca.

Arrieros, personas que en tiempos pasados se ganaban el pan transportando mercaderías o trago de contrabando y necesariamente tenían que pernoctar en esa zona,

Topónimos que describen las propiedades de los lugares

- Laguna Apicocha (Hidrotopónimo-Cromotopónimo)

Nombre quichua api=mazamorra y cucha = laguna. Significado literal, laguna de la mazamorra

El apelativo se debe a la calidad fangosa de sus aguas. Se observó en el trabajo de campo la presencia de mucho lodo, lo que ha provocado la formación de una especie de islotes en medio de la laguna.

- Chirimachay (Epotopónimo-Cromotopónimo)

Nombre quichua chiri=frio y machay=cueva. Significado literal, cueva del frio.

César Jarama menciona “se llama así por el frío del Lugar”

- Localidad Cachi Quingray (Epotopónimo-Cromotopónimo)

Nombre quichua cachi=sal y quingray=ladera

Significado literal, ladera de la sal

Topónimos que explican prácticas ligadas a una actividad económica

- Laguna Caballo Shayana (Hidrotopónimo-Zootopónimo)

Nombre español caballo= animal mamífero y quichua shayana=estar de pie, paradero. Significado literal, paradero de los caballos

Laguna, en cuyos alrededores pastaba al ganado caballar

- Cebadapamba (Fitotopónimo)

Nombre español y quichua pampa=llanura. Significado literal, Llano de la cebada.

Es el nombre de un sector de la comunidad de Buenos Aires, poseedor de tierras aptas para el cultivo de la cebada, gramínea cultivada desde muchos años atrás hasta la actualidad, como se pudo observar durante el trabajo de campo.

Topónimos que describen la vegetación existente

- Laurín Cucho (Epotopónimo-Fitipónimo)

Nombre cañari, variante de Aurín y Auri (auri es una fruta silvestre comestible, parecida al gullán) y quichua cucho=rincón. Significado literal, rincón del laurin.

- Laguna Illincocha (Hidrotopónimo-Fitotopónimo)

Nombre Quichua Illin=una variedad de grama y cucha=laguna Significado literal, lugar con Illin.

César Jarama cuenta “allí ha sido el primer campamento del ex CREA, para la construcción de la carretera Cuenca - Molleturo Naranjal. Donde había un monte llamado Illin.

- Laguna Totorascocha (Hidrotopónimo-Fitotopónimo)

Nombre quichua tutura=planta acuática Scirpus totora y cucha=laguna Significado literal, laguna de las totoras

Su nombre es debido a la abundante presencia de la planta conocida como totora, especie acuática que crece de manera silvestre en lugares pantanosos

Topónimos asociados a mitos, leyendas, divinidades

- Río Curiquinge (Hidrotopónimo-Zootopónimo)

Nombre quichua que designa al ave de rapiña. Falcobaenus carunculatus des murs. El nombre es compuesto de curi=o-

ro y quinquí=cuerno Significado literal, cuerno de oro. Ave sagrada de los Incas.

César Jarama dice “son tipo gavilán pero no dañinos, porque no comen pollos como los gavilanes, este animal vive de las lombrices, de bichos, son de la misma especie pero no son tan dañinos como el gavilán.”

- Laguna Llaviucu (Hidrotopónimo-Cromotopónimo)

Nombre español llave y quichua ucu= hueco, Significado literal, hueco de la llave

Denominación Antigua Huahuamag = niño pequeño.

Pablo Buestán cuenta “en la laguna de Llaviucu hubo una viga de oro de 60x60 de extremo a extremo; dicen que la laguna no tiene fondo, que embravecía y salía. Para que se amanse tuvieron que bendecirle y hacer una misa, dicen que una vez botaron cabos, querían sacar esa viga pero no pudieron.

María Maclovía Roldán relata: “mis abuelitos contaban que en Llaviucu de verazmente ha habido las vigas de oro. Las Vigas de oro en Llaviucu en la Mamamag y la Huahuamag decía que la una está arriba y la otra es casi igualita. Mi abuelito había visto que brilla porque de allá han sabido traer la madera para hacer la iglesia de Sayausí, decían que debían andar con cuidado porque eran bravísimas, que es de tener miedo. A las doce del día y a las doce de la noche estaban brillando las lagunas, clarito se aparecía la viga.”

Topónimos que describen la morfología (tipología)

- Quebrada Dos Chorreras (Hidrotopónimo-Cromotopónimo)

Nombre español. Significado literal, lugar de dos chorros

Quebrada que se origina de laguna homónima: Debido a la forma irregular del terreno el agua cae formando dos chorros.

- Cerro Escaleras. (Morfotopónimo)

Nombre español. Significa elevación con escalones

Topónimos cuyo origen se presume Cañari, con significado desconocido

- Localidad Guanga (Epotopónimo-Otros)

En la obra el Quechua y el Cañari de Octavio Cordero Palacios figura Guanga = apellido.

- Localidad Mazán (Epotopónimo-Otros)

Nombre probablemente cañari de significado desconocido

- Localidad de Patul (Epotopónimo-Otros)

Nombre probablemente cañari de significado desconocido

Topónimos que hacen alusión a conectividad

- Quebrada Chacayacu (Hidrotopónimo-Conectopónimo)

Del Quichua chaca=puede y yacu=agua. Significado literal, puente de agua

- Ingañan (Conectotopónimo-Hagiotopónimo)

Quichua inca=soberano y ñan=camino. Significado literal, camino del Soberano

IV. CONCLUSIONES

- Que, la toponimia es a la vez patrimonio intangible y patrimonio geográfico al ser interpretado, utilizado y en cierta forma modelado por la acción sucesiva y temporal de los grupos humanos. En Sayausí, los nombres de lugar como patrimonio intangible y geográfico son el resultado del transitar por el tiempo de las culturas: cañari, inca y española, con el mestizaje que ello implica.
- Que, la información creada, su posibilidad de análisis y gestión, apoya a nuevas investigaciones y proporciona datos confiables que contribuyen al mejor conocimiento de la toponimia y de los topónimos de la parroquia rural de Sayausí.
- Que, la información generada durante el trabajo de investigación, contribuye a emprender una tarea indispensable en el país, la “Normalización de Nombres Geográficos”; que no es más que la aprobación, por parte de la autoridad competente de cada país de los nombres propios de las entidades geográficas, de la forma exacta de escribirlos y de las condiciones para su uso. IGN España. (2014). Así mismo, se entiende que un topónimo normalizado responde a normas y criterios establecidos por esa misma autoridad y se convierte en Oficial cuando ha seguido un proceso administrativo para ser publicado por la entidad en referencia.
- Que, la ficha de topónimo, como fuente de información primaria y secundaria que sustenta la estructura del Nomenclátor de Topónimos de la parroquia Sayausí, reviste características singulares, al permitir su consulta, ingresando al SIG elaborado para el efecto. Las fichas contienen información de utilidad para trabajos relacionados con la historia, la sociología, la antropología, la lingüística, entre otros.
- Que la recolección de datos en campo, aporta una nueva información que proviene de la observación directa o de las entrevistas mantenidas con moradores del lugar; misma que debe ser validada o refutada sobre la base de una posterior información recibida.
- Que, con el diseño y puesta en marcha del Nomenclátor y del SIG de Topónimos de la Parroquia Sayausí, se contribuye a la recuperación y conservación de los nombres de lugares, en tanto su registro está georeferenciado. Esto implica obtener la exacta localización geográfica y proceder con las consultas que se consideren oportunas. Del mismo modo, sirven de referencia para la elaboración de otros estudios que abarca la amplia temática de la toponimia. Contribuye también a la planificación, por ser un instrumento para la localización y consulta sobre lugares que forman parte de la ordenación de los territorios.
- Que las 373 georeferenciaciones, corresponden a sitios de interés histórico, geográfico y socio-cultural de la parroquia, región y país. Todos estos cuentan con una ficha que detalla la información recogida durante el trabajo de campo, vinculada al Sistema de Información Geográfica. SIG; lo cual facilita la consulta y constituye a la vez material interesante para otras investigaciones, al contar con narraciones e historias de muchos lugares en su relación con el territorio.

AGRADECIMIENTOS

La Ponencia presentada es parte de un trabajo de investigación, que titula “Análisis y Función Del Patrimonio Toponímico del Cantón Cuenca: Parroquia Sayausí y Elaboración de un Sistema De Información Geográfico, SIG”, que lo realizó la autora durante el año sabático, 2015-2016- concedido por la Universidad de Cuenca, Ecuador. Es para esta Institución Educativa el agradecimiento por haberme formado y por el apoyo que brinda a sus profesores para involucrarse en proyectos de investigación de diversa índole.

REFERENCIAS

- ALCÁZAR, Adela , A., & AZCÁRATE, M. (2009). Normas de Toponimia del Instituto Geográfico Nacional (España). Madrid, España: Instituto Geográfico Nacional (España).
- Buestán, Pablo. Toponímicos Parroquia Sayausí, (2016)
- CELDRÁN, P. (2006). Diccionario de Topónimos Españoles y sus Gentilicios (3ª ed.). Madrid: Espasa Calpe.
- CORDERO , M. F. (2010). Teoría y Prácticas de ArcGis 9.3. (F. d. Universidad de Cuenca, Ed.) Cuenca, Ecuador.
- CORDERO PALACIOS, O. (1982). Diccionario Quichua Cañari. Cuenca Ecuador: Banco Central del Ecuador.
- CORDERO PALACIOS, O. (1982). Estudios Históricos (Vol. Colección Histórica N° 9). Cuenca Ecuador: Banco Central del Ecuador.
- CORDERO, L. (1967). Diccionario Quichua-Español Español-Quichua. Cuenca, Ecuador: Talleres Universidad de Cuenca.
- COROMINES, J. (1965 y 1970). Estudios de toponimia catalana . Barcelona, España: Barcino.
- DARBY, H. (1957). Place names and geography. The Geographical Journal.
- DÍAZ ALAYÓN, C. (2013). La Toponimia de Canarias Aportes Lingüísticos. Recuperado el 28 de enero de 2016, de <https://www.google.com/search?q=++D%C3%8DAZ+ALAY%C3%93+N%2C+Carmen+La+toponimia+de+Canarias+aportes+ling%C3%BC%C3%ADsticos&ie=utf-8&oe=utf-8>
- ENCALADA, O. (1990). Toponimias Azuayas (Primera ed.). Quito: Banco Central del Ecuador.
- ENCALADA, O. (2002). Diccionario de Toponimia Ecuatoriana (Vols. I,II,III,IV). Cuenca: CIDAP- Universidad del Azuay.
- ESPINOSA, J., & JÁCOME, G. (1988). Las Toponimias del Cajas Y Girón. Cuenca, Azuay, Ecuador: Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Azuay.
- GARCÍA, J. (2007). Atlas Toponímico de España, Arco Libros
- Guerrero, Manuel. Toponímicos Parroquia Sayausí, (2016)
- IMUNICIPALIDAD DE CUENCA. (2012). Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) Sayausí. Cuenca.
- IGM (Ecuador). (2009). Propuestas para la Creación de la Junta Nacional de Topónimos. Quito, Ecuador. Recuperado el 6 de enero de 2016, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. (2014). Toponimia: Normas para el MTN25. Conceptos Básicos y Terminología Publicación Técnica núm. 42. Madrid-España: IGN España.
- Jarama, César. Toponímicos Sayausí, (2016)
- MENESES, J., & CARDENAS, J. (2011). Diseño e Implementación de un Sistema de Información Geográfico (SIG) Sobre Software Libre para la Secretaría de Planeación del Municipio de Guadalajara de Buga. Cali, Colombia. Recuperado el 28 de abril de 2016, de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/3223/1/CB-0449644.pdf>
- MOREU-REY, E. (1995). Tipología toponímica. En V. M. ROSSELLÓ, *Materials de Toponímia* . Valencia, España : Univer-sitat de València.
- PAZ Y MIÑO, L. (1936). Contribución al Estudio de las Lenguas Indígenas del Ecuador (Vol. XIV (39/31)). Quito: Boletín de la Academia Nacional de Historia.
- POIRIER, J. (2003). Toponimia y Marginalidad. Recuperado el 17 de abril de 2015, de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-138.htm>
- Quishpe, Miguel. Toponímicos Parroquia Sayausí, (2016)
- REAL ACADENIA DE LA LENGUA. (2001). Diccionario de la Lengua Española. (22nd ed.) Madrid: Espasa Calpe S.A.
- RODRIGUEZ, A. V. (20112). Toponimia y Nomenclátore. Fundamentos de la IDE. España: UPM-Press.
- RODRIGUEZ, A., & VÁZQUEZ, A. (2013). Nuevas tendencias en el análisis y el tratamiento de la toponimia en el marco de las Infraestructuras de Datos Espaciales. Recuperado el 2 de marzo de 2016, de http://idee.es/resources/presentaciones/JIIDE13/jueves/30_Nuevas_tendencias_Toponim
- RODRIGUEZ, F. (2002.). Hacia una teoría de la Ciencia Toponímica . España: Revista Española de Lingüística. Recuperado el 13 de octubre de 2015, de http://digital.csic.es/bitstream/10261/32241/1/Ciencia_toponimica.pdf
- Roldán, María. Toponímicos Parroquia Sayausí. (2016)
- RUANO, M. (2007). Estandarización de la Geoinformación en el Ecuador . (I. D. GEOGRÁFICA, Ed.) Quito, Ecuador. Recuperado el 11 de marzo de 2015, de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- SENPLADES. (2013). Catálogo Nacional de Objetos Geográficos Versión 2.0. (SENPLADES, Ed.) Quito, Ecuador. Recuperado el 14 de diciembre de 2015, de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Catálogo-Nacional-de-objetos-geogr%C3%A1ficos.pdf>