

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

Diego F. Reyes Yunga<sup>1</sup>, Paola A. Salgado Chavez<sup>2</sup>, Oswaldo Padilla<sup>3</sup>

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-*

nological tools are currently available that allow to achieve better accuracy and optimal adjustment to the Legislative standards of each sector. Finally, under the concept of the dissemination of information, the Story Map platform was used for the publication of geo-referenced historical cartography.

**Key Words:** *Historical Cartography, Geo-referencing, Medium Square Error, South America.*

## I. INTRODUCCIÓN

Desde que el hombre pasó de ser nómada a sedentario ya hace 13000 y 5000 años atrás y que se agrupó en diferentes comunidades, surgen los modos de producción y con ello el concepto de propiedad privada donde cada una de las civilizaciones, colonias, estados, países y divisiones políticas han procurado responder una serie de interrogantes como: ¿Dónde estamos ubicados con respecto al mundo?, ¿Cuál es nuestra extensión y límite territorial?, ¿Quiénes nos rodean y en dónde están?, ¿Qué poseemos y en dónde localizarlo?, ¿Cuál es la ruta a seguir? y ¿Cómo puedo representar esta información?, estas y muchas más son las cuestionamientos que por política, estrategia militar y comercio han sido resueltos por medio de la cartografía a través de la elaboración de mapas. (Acero, 2017); (Gente Digital, 2010)

Actualmente las mismas interrogantes siguen siendo una constante necesidad de ser respondidas y actualizadas debido al dinamismo humano, geodinámica de la tierra, estructura y marco legislativa, estándares, temática y tiempo, es por ello que la cartografía ha tenido un constante desarrollo basado en los nuevos modelos matemáticos, tecnología geo-espaciales y desarrollo de software que han facilitado su elaboración, recopilación y difusión de mapas con temáticas infinitas.

El concepto de cartografía según definido por la Asociación Cartográfica Internacional( IAC) define a la cartografía como la disciplina que trata sobre la concepción, producción, difusión y estudio de los mapas, la representación cartográfica histórica esta justamente relacionado a la concepción de la forma tierra, superficie de referencia y sistema de proyección a utilizarse es por ello que la inserción de nuevos descubrimientos tecnológicos y desarrollos matemáticos que han marcado etapas en la generación de la misma. (ICA, 1995)

La democratización de la información es una de las acciones que han facilitado la recopilación y difusión de la información ya sea esta por medios físicos o digitales un claro ejemplo es la un ejemplo de ello es la información en línea de mapas históricos de David Rumsey el cual es la fuente principal de obtención de mapas históricos para el desarrollo del proyecto propuesto. (Sánchez, 2008) , (humanrightsaction, 2003); (Rumsey, 2017)

Es así que los mapas históricos recopilados para dicha investigación se encuentran dentro del periodo de 1597 hasta el 1967, donde algunos de los países actuales eran parte de las diferentes colonias y otros se encontraban como estados independientes; el topónimo principal que representaba a estos mapas era Mapa de Perú, el cual abarcaba un conjunto de países de Sudamérica que actualmente se conoce. La información fuente que acompaña a estos mapas son: el año, autor, los países que representa y una breve reseña del mismo. (Instituto Cervantes , 2014)

Tomando en consideración el avance tecnológico y desarrollo en las ciencias geo-espaciales la presente investigación tiene por objeto determinar el grado de precisión con la que elaborados estos mapas mediante la georreferenciación a un sistema cartográfico con el uso de herramientas de Sistemas

de Información Geográfica (SIG), aplicaciones Web para la divulgación de la información y cartografía oficial todo ello con la finalidad de determinar cuán bien ajustados están estos mapas con sus elementos representados en la actualidad y aplicando el cálculo del Error Cuadrático Medio( ECM ).

## II. METODOLOGÍA

### II.I. RECOPILAR INFORMACIÓN FUENTE

#### II.I.I. Buscar página fuente

Se seleccionó como fuente de obtención los mapas pertenecientes a la colección de David Rumsey encontrados en la página David Rumsey Map Collection en el link [www.davidrumsey.com](http://www.davidrumsey.com) , por la variedad de mapas que esta página presenta y las opciones de descarga en diferentes resoluciones.

### II.II. RECOPILAR MAPAS HISTÓRICOS

Se inició la selección y descarga de la cartografía histórica disponible y representativa de Sudamérica que datan desde 1597 hasta 1967 en la más alta resolución (figura 1).



Figura 1. Galería online-David Rumsey Map Collection  
Fuente: (Rumsey, 2017)

### II.II. RECTIFICACIÓN DE IMÁGENES

#### II.II.I. Geo-referenciación

Para la georeferenciación se utilizó el software ArcGis y de este el módulo ArcMap donde se subió el shape de Sudamérica como documento de referencia y las imágenes descargadas como documentos a referenciar, la proyección cartográfica utilizada fue Universal Transversa Mercator (UTM) en el sistema WGS 84. (figura 2).

La distribución de los puntos de control se distribuyó en su mayoría en torno al perfil continental y a los elementos representados tanto en la cartografía histórica como en la actual (figura 3).



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

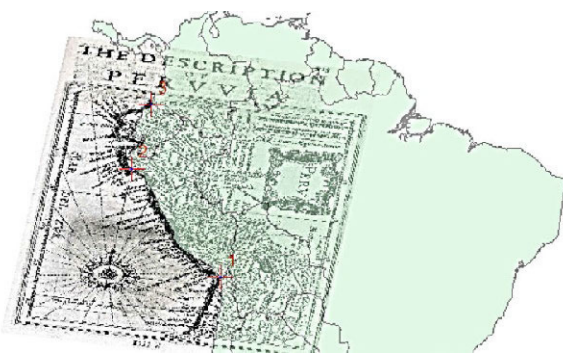


Figura 3. Colocación de puntos de control  
Fuente: Elaboración Propia

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	1640537.361068	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	4923122.058739	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	8674368.838994	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 m<sup>2</sup> para el mapa de Perú de 1597 (figura 9-anexos) y con un mínimo de 7386.15 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>

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 <sup>2</sup>
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	142923
Mapa de Perú, Brasil, Paraguay	1831	26	165074
Mapa de Perú y Bolivia	1832	19	95038
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 m<sup>2</sup> 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](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](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](http://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**

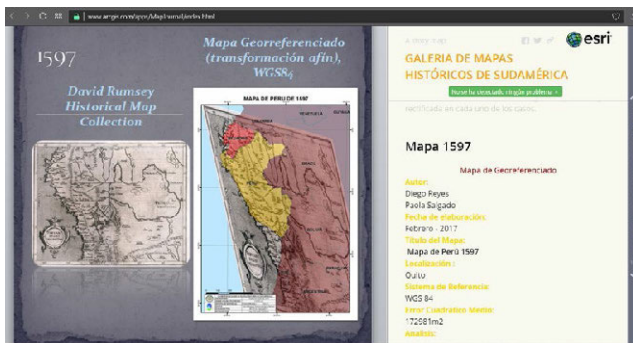


Figura 9: Mapa 1597  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 11: Mapa 1822  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 10: Mapa 1758  
Fuente: Elaboración Propia



Figura 12: Mapa 1967  
Fuente: Elaboración Propia