

Recibido: 10/03/18; Aceptado: 30/5/18

Se autoriza la reproducción total o parcial de este artículo, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica.

<http://www.revistacentros.com>

indexada en



<http://www.latindex.unam.mx/>



<http://miar.ub.edu/issn/2304->



TELEDETECCIÓN EN LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LA PENÍNSULA DE AZUERO, (PANAMÁ)

REMOTE SENSING IN THE GEOLOGICAL CARTOGRAPHY OF THE AZUERO PENINSULA, (PANAMA)

M. Pineda-Falconett¹, Xenia Batista J², Rubén Fernández Villarán San Juan³, J M Nieto⁴

1. Universidad de Panamá, Centro de Investigación y Monitoreo Ambiental, CRUA, Universidad de Panamá mpfalcon@hotmail.com
2. Universidad de Panamá, Departamento de Geografía
3. Universidad de Huelva, Departamento de Ciencias Agroforestales
4. Universidad de Huelva, Departamento de Geología

RESUMEN

En Panamá, la mayor parte de las exploraciones mineras se realizan en áreas de difícil acceso, que por lo general cuentan con muy pobre apoyo cartográfico y topográfico; a esto se suma las condiciones de un clima tropical lluvioso, con abundantes precipitaciones y exuberante vegetación tropical.

La falta de actualización de las cartas geológicas obliga buscar otros métodos de referencia y la aplicación de nuevas herramientas para la actualización de los actuales mapas. A nivel mundial se introducen tecnologías en la producción cartográfica geológica y sustentada en la utilización de herramientas proporcionadas por la geomática como son las imágenes de satélite los sistemas de posicionamiento global (GPS) y Sistemas de información geográfica (SIG). De esta manera el objetivo general de este trabajo fue la aplicación de las referidas herramientas geomáticas en la cartografía geológica de Azuero. El resultado de la investigación generó varias imágenes y mapas que presentan distintas unidades geológicas que permiten validar el uso de esta metodología en estudios litológicos y estructurales de la región. El estudio cuenta con el apoyo de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) proyecto IDS11-019 y con fondos del programa de becas doctorales IFHARU-SENACYT.

Palabras clave: Geología, teledetección, península de Azuero

ABSTRACT

In Panama, most of the mining explorations take place in areas of difficult access, which generally have very poor topographic and topographic support; To this is added the conditions of a tropical rainy climate, with abundant rainfall and exuberant vegetation. The lack of updating of the geological charts makes it necessary to look for other methods of reference and the application of new tools for updating the current maps. At the global level, technologies are introduced in the geological mapping production and supported by the use of tools provided by geomatics, such as satellite images, global positioning systems (GPS) and Geographic Information Systems (GIS) and the integration of aerial vehicles. unmanned (Drones). In this way, the general objective of this work was the application of the aforementioned geomatic tools in the geological cartography of Azuero. The result of the investigation generated several maps that present different geological units that allow to validate the use of this methodology in lithological and structural studies of

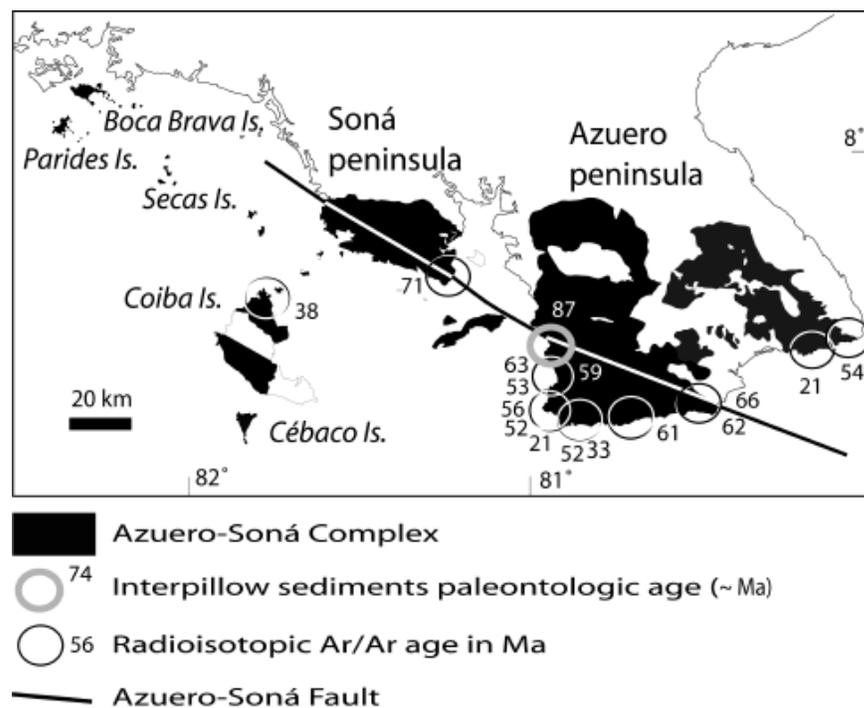
the region. The study has the support of the National Secretariat of Science and Technology (SENACYT) project IDS11-019 and with funds from the IFHARU-SENACYT doctoral scholarship program.

Keywords: Geology, remote sensing, peninsula of Azuero

INTRODUCCIÓN

La península de Azuero tiene su génesis con la emersión de un arco de islas volcánicas que iba desde el Norte de Costa Rica hasta el Noroeste de Colombia, edificado a partir de las plataformas volcánicas. A ese original archipiélago corresponden también las penínsulas de Nicoya y Ossa en Costa Rica. (O’Dea et al., 2016)

Figura 1: Edades paleontológicas y Radioisotópicas de Azuero según Hoernle y Kolarsky



Las edades radioisotópicas presentadas en el Figura 1, corresponden a estudios de Hoernle y la edad de paleontológica por Kolarsky .(Whattam, 2015). Por lo que

afirmamos que en la península podemos encontrar formaciones entre las más antiguas del Istmo.

La geología de la península de Azuero consiste en una estructura de rocas volcánicas intercaladas terciarias y volcanoclasticas del cretácico tardío, y de rocas sedimentarias marinas y terrestres.(Corral et al., 2011)

De acuerdo al Mapa Geológico de la Península de Azuero de 1969, encontramos nueve formaciones geológicas caracterizadas por rocas sedimentarias, volcánicas y plutónicas las cuales requieren actualización y georreferenciación para integrarlas a un sistema de Información Geográfica (SIG).

MATERIALES Y MÉTODO

Se define la Teledetección espacial como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales y de su transformación en información útil. El fundamento principal es la detección y grabación de la energía electromagnética procedente de los objetos, ya por emisión propia, ya por reflejar la energía del sol o la enviada por un haz energético artificial, esta energía es registrada en valores digitales, a partir de las cuales se reconstruyen las imágenes.(Marín & Ninci, 2010)

En tal sentido se aplicó la metodología de análisis establecida por el USGS para la corrección, análisis e interpretación de sus productos.(Mezned, Abdeljaoued, & Boussema, 2010), fundamentada la investigación en los siguientes requerimientos:

- Se adquirieron series periódicas de imágenes Lansat ETM (2000-2007), de los servicios EARTHDATA y EARTHEPLOERER de USGS.
- Se utilizaron los software ENVi 5.1 Arc/GIS 10 y QGIS y GRASS.

Análisis de las imágenes satelitarias

Los procesamientos realizados fueron: corrección de reflectancia, ecualización y expansión de histogramas, composiciones en falso color, análisis de firmas espectrales, clasificaciones, transformación de componentes principales, cocientes de bandas, filtros direccionales y realces, generación de sub-escenas, georreferenciación, generación de mosaicos. (Hassan & Sadek, 2017)

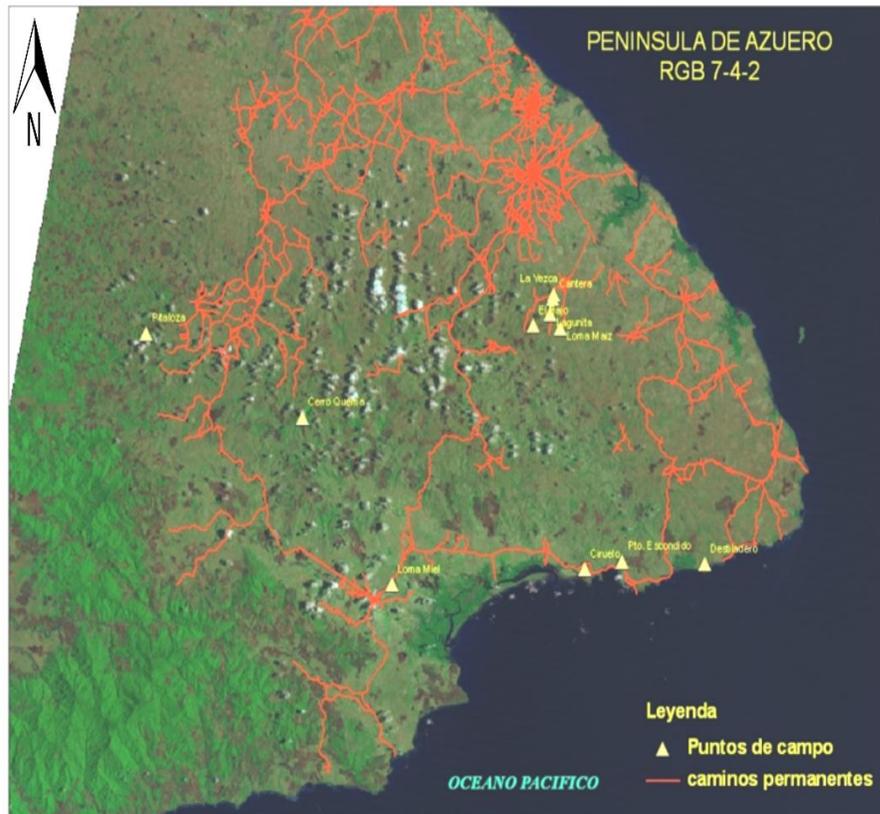
Análisis visual y digital de las imágenes a partir del procesamiento y de las imágenes satelitarias, se analizaron las características morfológicas y espectrales de los cuerpos geológicos como alineamientos, fracturas, contactos, las relaciones geométricas de discontinuidades estructurales y litológicas para interpretar su significado geológico.(Gomez, Delacourt, Allemand, Ledru, & Wackerle, 2005)

La verificación de campo se realizó con el uso de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Trimble 5600, Geo Xh y Geo Explorer para obtener mediciones sub métricas y una Estación Total Geomax Zipp 20 R2, para medición de distancias horizontales y verticales.

RESULTADOS

Se realizó el análisis banda por banda, se ensayaron diversas combinaciones de bandas con el objetivo de aplicar criterios para discriminar litología, geología y geomorfología. Se analizaron diferentes combinaciones de bandas entre ellas la TM 741 RGB y 742 RGB para discriminación litológica y estructuras.(Ninomiya, Fu, & Cudahy, 2005) (Ver Figura 2)

Figura 2: Integración imagen Lansat ETM falso color RGB 7-4-2 y datos vectoriales



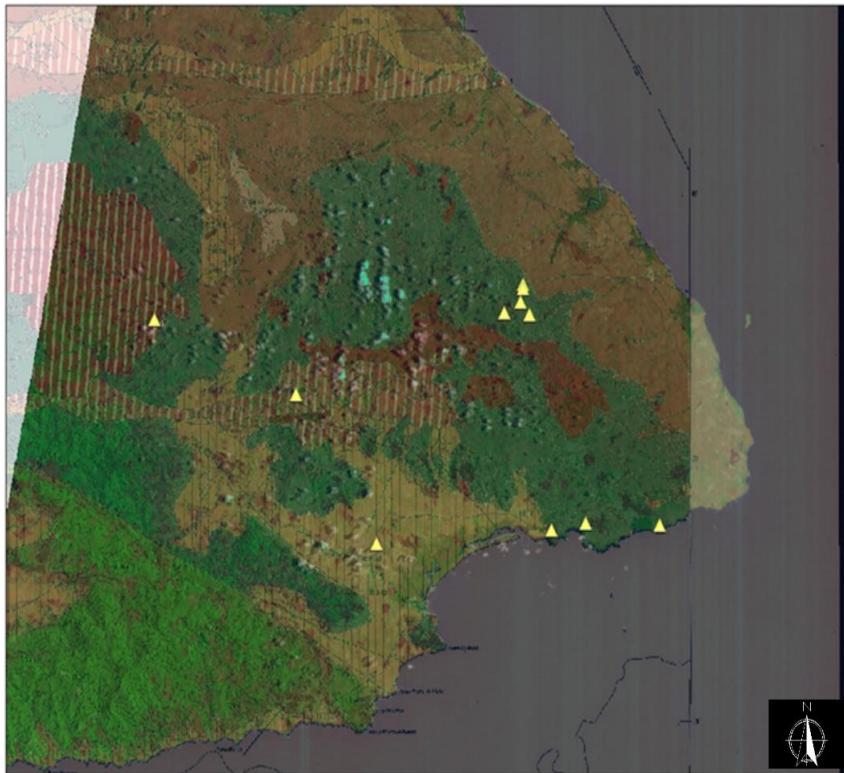
Ratios o Cocientes entre bandas: Con la técnica de cociente de bandas se diferenciaron unidades con base de las distintas unidades de roca. El análisis de firmas espectrales permitió establecer diferencias entre las distintas unidades litológicas.(Hassan & Sadek, 2017)

Componentes Principales: Esta técnica, fue aplicada para reducir la redundancia espectral presente entre las distintas bandas, se generó un nuevo conjunto de imágenes cuyas bandas individuales presentan informaciones no disponibles en otras bandas.(X. Wang & Chen, 2012). Se obtuvieron imágenes en falso color utilizando los componentes 5,2,1 lográndose un mayor contraste entre las diferentes unidades litológicas.

Esta imagen muestra en colores rojizos las rocas desnudas y en verde los sectores con vegetación, se integró a la base de datos geográfica creada en ARCGIS 9.1, pudiéndose entonces integrar información vectorial como pueblos, caminos y los puntos de control de campo tomados con GPS. (G. Wang, Du, & Carranza, 2017)

Se utilizó un mapa geológico de la región, para comprobar el resultado con estudios previos realizados por la Dirección de Recursos Minerales en la década de 1970, (Panama, Administración de Recursos Minerales, & United Nations Development Programme, 1969), con metodología cartográfica tradicional coincidiendo con nuestros resultados. (Ver Figura 3)

Figura 3: Sobre posición: datos vectoriales imagen Lansat ETM y mapa geológico raster.

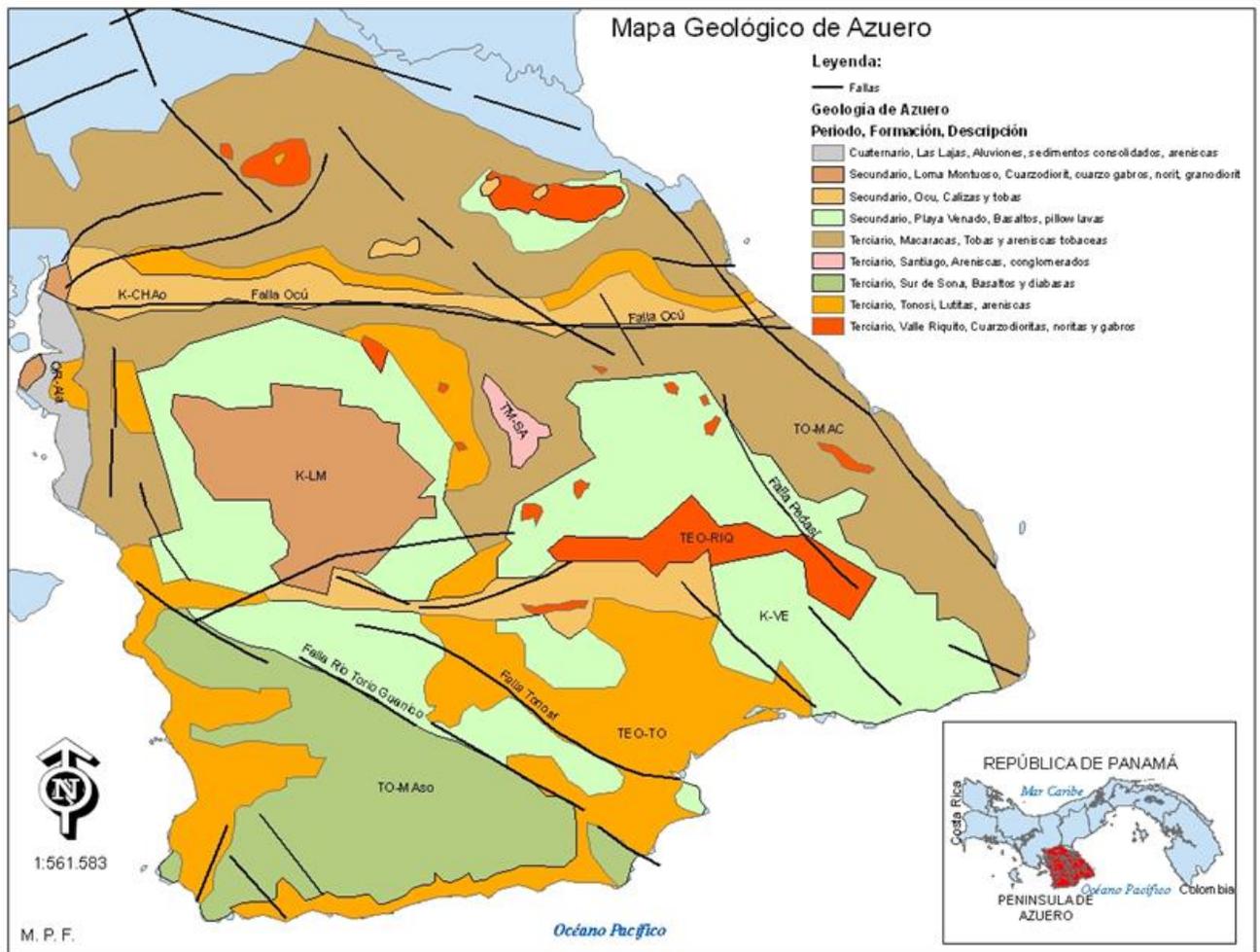


El la comprobación de campo, se ubicaron estos puntos con la ayuda de dos GPS Trimble GeoExplorer HX, con L1 L2, los cuales permitieron precisión submetrica. Al ubicar los puntos que el análisis digital presentaba como roca desnuda,

confirmándose esta primera hipótesis, en los puntos: Puerto Escondido, Destiladero, Loma la Miel y Ciruelito al sur; y La Yezca, Lagunita al sureste de la península.

La Figura 4, muestra el resultado de la aplicación de la metodología empleada integrada a un Sistema de Información Geográfico (SIG), en este caso Arc/Gis 10 para generar un Mapa geológico de Azuero.

Figura 4: Mapa geológico generado a partir de imágenes Lansat ETM e integrado al SIG.



DISCUSIÓN

La utilización de imágenes de satélite es una herramienta eficaz y de relativo bajo costo para su utilización en prospección minera. (Mezned et al., 2010).

La aplicación de índices y ratios propuestos en modelos y metodologías generales implicó la utilización de imágenes tomadas en diferentes años y temporadas por lo que se debe tomar en consideración la selección de imágenes tomadas en periodos secos, de otra forma los resultados serán distorsionados por la vegetación o por otros factores atmosféricos, que son influyentes en zonas influidas por condicionantes tropicales de tiempo y clima.

Concluimos que las áreas señaladas en el análisis espectral coinciden con las áreas mineras consultadas y con los puntos de yacimientos mineros en la región georeferenciados y presentados en la Figura 3.

Es preciso continuar con el estudio de manera más profunda a fin de obtener resultados para diferentes minerales y continuar con el uso de otros productos de mayor resolución como los son imágenes hiperespectrales. (Carrino, Crósta, Toledo, & Silva, 2017)

Independientemente del desarrollo o no de proyectos mineros debe integrarse e informar a la población.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrino, T. A., Crósta, A. P., Toledo, C. L. B., & Silva, A. M. (2017). Hyperspectral remote sensing applied to mineral exploration in southern Peru: A multiple data integration approach in the Chapi Chiara gold prospect. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.004>
- Corral, I., Griera, A., Gómez-Gras, D., Corbella, M., Sabaté, À. C. i, Falconett, M. P., & Cardellach, E. (2011). Geology of the Cerro Quema Au-Cu deposit (Azuelo Peninsula, Panama). *Geologica Acta*, 9(3). Recuperado a partir de <http://www.raco.cat/index.php/GeologicaActa/article/view/247933>
- Gomez, C., Delacourt, C., Allemand, P., Ledru, P., & Wackerle, R. (2005). Using ASTER remote sensing data set for geological mapping, in Namibia. *Physics*

- and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(1), 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2004.08.042>
- Hassan, S. M., & Sadek, M. F. (2017). Geological mapping and spectral based classification of basement rocks using remote sensing data analysis: The Korbai-Gerf nappe complex, South Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 134(Supplement C), 404-418. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.07.006>
- Marín, G., & Ninci, C. (2010). Parte 2: Teledetección en las ciencias de la tierra. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(4), 555–556.
- Mezned, N., Abdeljaoued, S., & Boussema, M. R. (2010). A comparative study for unmixing based Landsat ETM+ and ASTER image fusion. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(Supplement 1), S131-S137. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.007>
- Ninomiya, Y., Fu, B., & Cudahy, T. J. (2005). Detecting lithology with Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) multispectral thermal infrared “radiance-at-sensor” data. *Remote Sensing of Environment*, 99(1), 127-139. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.06.009>
- O’Dea, A., Lessios, H. A., Coates, A. G., Eytan, R. I., Restrepo-Moreno, S. A., Cione, A. L., ... Jackson, J. B. C. (2016). Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances*, 2(8). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600883>
- Panama, Administración de Recursos Minerales, & United Nations Development Programme. (1969). Mapa geológico del área del proyecto minero de Azuero. Naciones Unidas. Programa para el desarrollo. Agosto 1969. Panamá.
- Wang, G., Du, W., & Carranza, E. J. M. (2017). Remote sensing and GIS prospectivity mapping for magmatic-hydrothermal base- and precious-metal deposits in the Honghai district, China. *Journal of African Earth Sciences*, 128(Supplement C), 97-115. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.06.020>
- Wang, X., & Chen, X. (2012). Classification of ASTER image using SVM and local spatial statistics Gi. En *2012 International Conference on Computer Vision in Remote Sensing* (pp. 366-370). <https://doi.org/10.1109/CVRS.2012.6421292>
- Whattam, S. (2015). GR Online Supplementary Document for: Late Cretaceous Plume-induced Subduction Initiation along the southern margin of the Caribbean and NW South America: The first documented example with implications for the onset of Plate Tectonics.