

Actualización cartográfica de un estudio semidetallado de suelo con apoyo de una imagen de satélite. Caso sector Boconó-Masparro, estado Barinas, Venezuela

Cenaida Perdomo^{1*}, María F. Rodríguez² y Stalin Torres¹

¹Centro de Información y Referencia de Suelos. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua, Venezuela

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Ceniap. Maracay, Aragua, Venezuela

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue actualizar las delineaciones cartográficas y taxonómicas de un sector del estudio de suelos semidetallado (1:25.000) elaborado en el año 1968, en el sector Boconó-Masparro, estado Barinas, Venezuela. Se utilizó una imagen de satélite correspondiente al sensor Spot 4 del año 2009, con resolución de 10 m y nivel de procesamiento geométrico y radiométrico. Para el ajuste de las unidades cartográficas del mapa de suelo, se procedió a digitalizarlo para luego corregirlo geoméricamente usando como base los ortofotomapas del año 1998 y proyectarlo al sistema de referencia UTM con datum oficial REGVEN. El mapa de suelo fue vectorizado a objeto de hacer superposiciones con la imagen de satélite y efectuar los ajustes necesarios a las unidades cartográficas correspondientes, para finalmente actualizar la clasificación taxonómica de las unidades de suelo. Los resultados indican que existieron variaciones en cuanto a tamaño y número de delineaciones cartográficas, ocasionadas por la dinámica fluvial y desarrollo de infraestructuras generando un incremento en la superficie del mapa, lo que corrobora la importancia que tienen las imágenes de satélite en la gestión y producción de información geoespacial. Adicionalmente, para darle mayor utilidad al mapa se incluyó en la tabla de atributos del archivo digital (formato shapefile), información sobre serie de suelo, tipo y fase, clasificación taxonómica, relieve, geomorfología y clase de riego, con la finalidad de generar mapas interpretativos. De igual forma se creó y validó el metadato del mapa.

Palabras clave: Sensor Spot 4, mapa de suelo, unidades cartográficas de suelo, Boconó-Masparro, actualización cartográfica

Cartographic actualization of a semi detailed soil study using satellite image as support. Case study Bocono-Masparro sector, Barinas state, Venezuela

ABSTRACT

The objective of this study was to update the charting and taxonomic delineations of a soil map (1:25.000) portion made in 1968, from Masparro Boconó sector, Barinas state, Venezuela. An satellite image from the sensor Spot 4 of 2009 was used, with resolution of 10 m, with a level 1B processing. To adjust the cartographic units of the soil map, it was digitized and later to correct geometrically the map using as base the 1998 orthophotomaps and projected to the UTM reference system with the REGVEN official datum. The soil map was vectorized, in order to overlap with the satellite image and make the necessary adjustments to the corresponding map units, and finally update the taxonomic classification of soil units. Results indicate the presence of some variations in cartographic delineations, caused by changes in fluvial dynamics and infrastructure development, generating an increase in the surface map,

*Autor de correspondencia: Cenaida Perdomo

E-mail: cenaidaperdomo@gmail.com

which corroborate the importance of satellital images in the production of geospatial information. To make the map more useful, information about soil series, type and stage, taxonomic classification, topography, geomorphology and irrigation class was included in the attribute table of the digital file (shapefile format) to generate interpretive maps. Similarly was formed and valid metadata map.

Key words: Satellite images, sensor Spot 4, updated mapping, soil mapping units, Bocono-Masparro, cartographic update.

INTRODUCCIÓN

La información cartográfica de suelos constituye la base esencial para desarrollar programas integrales de planificación y ordenamiento territorial tanto a nivel nacional, como regional y local. Sin embargo, la falta de información actualizada y a escala adecuada limita el desarrollo de proyectos de planificación y ordenamiento de uso de la tierra, generando además, desconocimiento de la superficie geoespacial.

En Venezuela, las principales fuentes de información de suelo provienen de los inventarios realizados a partir de los años 60, que han servido de apoyo en la ejecución de múltiples actividades, aún cuando la escala de trabajo en la mayoría de los casos ha sido muy pequeña (Torres y Madero, 2007). Sin embargo, esta información se encuentra en formato analógico y con parámetros geodésicos no vigentes, dificultando su uso adecuado.

Numerosos estudios demuestran la funcionalidad de las imágenes satelitales como apoyo en los levantamientos cartográficos principalmente en áreas rurales, permitiendo obtener gran variedad de análisis de información territorial (Arce y Ortega, 2005). En este sentido, la teledetección puede ser utilizada como herramienta de apoyo en los procesos de actualización cartográfica. Además, los sistemas de información geográfica (SIG) constituyen el soporte lógico fundamental para poder almacenar y consultar dicha información

El objetivo de este estudio fue actualizar las delineaciones cartográficas y taxonómicas de un sector del estudio de suelos semidetallado (1:25.000) elaborado en el año 1968, en el sector Boconó-Masparro, estado Barinas, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general del área de estudio

El sector de estudio está ubicado entre los ríos Boconó-Masparro de los Llanos Occidentales de Venezuela, limitando por el Norte con el caserío Veguita y la carretera nacional Guanare-Barinas (troncal 5), por el Suroeste con la línea del gasoducto, por el Sur

con el centro poblado de Sabaneta del estado Barinas e inmediaciones del sistema de riego del río Boconó, por el Noreste con el río Bocono y por el Oeste con el río Masparro (entre las coordenadas N978118-E387987; N976452-E380742; N970519-E400229; N954772-E392694, Uso 19N), ocupando una superficie aproximada de 24 131 ha (Figura 1).

El criterio para la selección del estudio se fundamentó en la disponibilidad de imágenes satelitales actualizadas, además contar con información agrológica y cartográfica a escala adecuada. De igual forma, por la importancia que representa el estudio desde el punto de vista suelo y de uso de la tierra al disponer de áreas con agricultura de riego y de secano.

La zona de estudio ocupa parte de la extensa planicie aluvial de desborde que se extiende a lo largo del pie de monte oriental de la Cordillera de los Andes. La planicie aluvial es el resultado del acarreo y deposición de sedimentos de los ríos Boconó y Masparro (Homes, 1968). El proceso de acumulación de aluvión ha ocurrido fundamentalmente por desbordes de aguas cargadas de sedimentos que han determinado una selección granulométrica del material depositado en función de la distancia del cauce, originándose las diversas formas de terreno que caracterizan a la planicie aluvial de desborde y que son principalmente los bancos y los bajíos (Quintero de B. et al., 1974). Estos suelos se han formado bajo condiciones climáticas similares, en donde este factor de formación no ha tenido mayor importancia en la diferenciación de los mismos.

Materiales y equipos

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Mapa y estudio de suelo del sector Boconó-Masparro, estado Barinas a escala 1:30.000 (Homes, 1968), en formato analógico.

Cartas topográficas en formato digital a escala 1:25.000, correspondientes a los sectores Puerto Páez (6142-I-SE), Barrancas (6142-II-NE), El Cambur de Masparro (6142-II-SE), Boconoito (6242-IV-SO), Sabaneta (6242-III-NO) y San Hipólito Arriba (6242-III-SO).

Ortofotomapas a escala 1:25.000, de los sectores

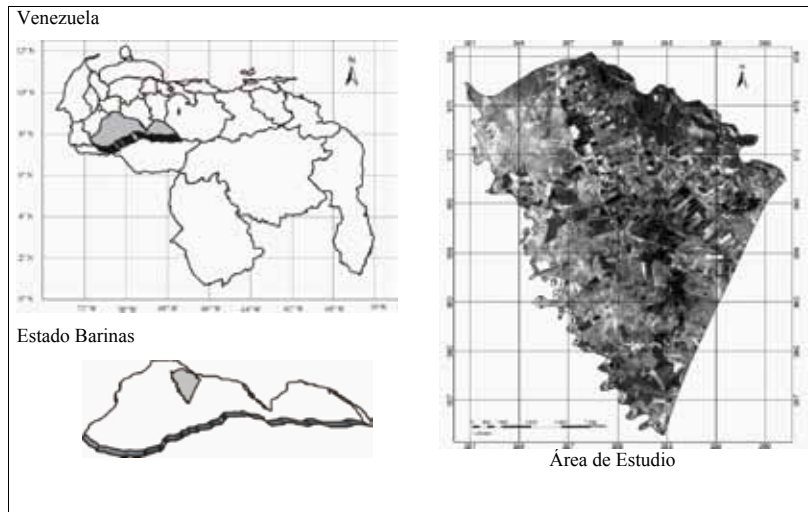


Figura 1. Ubicación nacional y regional del sector Boconó-Masparro.

Agua Negra (6241-IV-NO), Barrancas (6142-II-NE), El Cambur (6142-II-SE), Puente Páez (6142-I-SE), Sabaneta (6242-III-NO), Boconoito (6442-IV-SO) y San Hipólito Arriba (6242-III-SO).

Imagen Spot 4 con resolución espacial de 10 m correspondiente al año 2009. En el Cuadro 1 se muestran las características de la imagen utilizada.

Se utilizó un GPS tipo navegador con precisión variable de 5 -10 m (Garmin GPSMAP, 60CSx).

Metodología

El proceso permitió definir las superficies reales y ubicación precisa de las unidades cartográficas, al tomar en consideración el crecimiento poblacional, el cambio en el uso de la tierra y la dinámica fluvial (Perdomo, 2011). De igual manera, la cartografía fue ajustada a los parámetros geodésicos vigentes establecidos por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (República Bolivariana de Venezuela, 2000), y se actualizaron las clases taxonómicas de los suelos, de acuerdo a la clave más reciente de la taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2010).

El trabajo se desarrolló en tres etapas, que se describen a continuación:

Etapas 1. Levantamiento y procesamiento de información

Se seleccionaron seis ortofotomapas a escala 1:25.000, correspondientes al año 1998, con los que se realizó un mosaico topográfico tipo raster para cubrir la zona de interés. Esta información fue adquirida a través del Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar, en formato analógico con sistema de referencia

asociado al Datum Geodésico Provisional La Canoa (PSAD56), con proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), y fueron actualizados al sistema de proyección UTM Red Geocéntrica Nacional (REGVEN) con Datum WGS84, obteniéndose un error medio cuadrático que varió entre 1,87 y 6,04 que se ubicó dentro de los rangos adecuados en función de la escala que representan (1:25.000), es decir 6,25 m. De igual forma, el mapa de suelos fue transformado geoméricamente usando como referencia los ortofotomapas, con la finalidad de que ambos tuvieran el mismo tamaño, orientación y origen, estableciendo así puntos de control, tomando en cuenta su localización y distribución. Solo se identificaron seis puntos comunes para ambos mapas, debido a las diferencias de fecha entre el mapa de suelo y los ortofotomapas (30 años). Por tal motivo, el error medio cuadrático de 25,79 se consideró aceptable, ya que en la mayoría de las áreas, se realizó un ajuste entre los bordes, a pesar de que el error medio cuadrático establecido como admisible es un tercio de la escala de trabajo, es decir 6,25 m (Fallas, 2001). Sin embargo, en este caso el grado de tolerancia varió por el tiempo transcurrido en el levantamiento de los datos usados y las fallas del mapa de suelo original, debido a los métodos utilizados para la representación geoespacial y los materiales cartográficos y aerofotográficos disponibles para esa fecha.

Se vectorizaron cada uno de los elementos que integran el mapa de suelo representados por la hidrografía, vialidad, centros poblados y las unidades cartográficas de suelo, utilizando herramientas de SIG, quedando cada uno como capas de información vectorial. Esta etapa finalizó con la selección y procesamiento de la imagen de satélite Spot 4, con

Cuadro 1. Características de la imagen Spot 4.

Características	Descripción
Tipo de sensor	Satélite Spot 4
Tipo de imagen	Multibandas (4)
Proyección	Coordenadas geográficas (grados, minutos, segundos)
Datum	REGVEN (WGS84)
Nivel de procesamiento	Corrección radiométrica y geométrica estándar
Resolución espacial	10 m
Resolución radiométrica	8 bit
Angulo de orientación	9,4°
Angulo de azimut solar	97,6°
Angulo de elevación solar	69,8°
Formato de archivo	GeoTIFF
Fecha de adquisición	4 de abril de 2009
Identificación K-J	653-332

resolución espacial de 10×10 m (tamaño del píxel), y localizada entre las coordenadas N1008480-371435E; N995685-447333E; N949979-357493 E; N937261-433408E (USO 19N), suministrada por el Centro de Procesamiento Digital de Imágenes, Laboratorio de Procesamiento Avanzado de Imágenes de Satélites, Fundación Instituto de Ingeniería del Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. Cabe destacar que la imagen contaba con un nivel de procesamiento de corrección radiométrica y geométrica; sin embargo, para darle un uso más adecuado, se aplicó una nueva georreferenciación utilizando los ortofotomapas y como método de transformación la función polinomial de primer orden, en la que el error medio cuadrático fue de 4,46. Para la asignación de los niveles digitales correspondientes a cada píxel en la nueva posición se utilizó el método del vecino más próximo, por ser el que asegura la menor transformación de los niveles digitales originales.

Etapas 2. Elaboración de mapa y síntesis de información

El análisis y clasificación visual de la imagen se realizó siguiendo los criterios establecidos por el IGAC (2005), el cual señala que los elementos más utilizados son tono o color, textura, forma, tamaño y patrón. Estos elementos fueron considerados en forma asociada y permitieron establecer los límites de las unidades cartográficas. Se definieron puntos de observación que luego fueron comparados con una verificación de campo y de esta manera se pudieron completar los vacíos que se generaron dentro de la clasificación. El orden en las combinaciones de bandas para lograr un color real aproximado “seudo color verdadero” fueron 1, 2, 3, (IGAC, 2005).

Para determinar el espacio real ocupado por cada unidad cartográfica, se realizó una superposición de la imagen de satélite sobre el mapa de suelo, tomando en consideración los cambios ocurridos en el uso de la tierra, fundamentalmente por el desarrollo de infraestructuras, crecimiento rural y cambios en la dinámica fluvial. En este sentido, se efectuaron los ajustes necesarios para cada capa vectorial, lo que generó una modificación en la forma, tamaño y número de delineaciones de las unidades cartográficas de suelo.

Esta etapa incluyó la elaboración de la leyenda de las unidades cartográficas y signos convencionales, sirviendo de base en el trazado de las delineaciones de cada unidad cartográfica y los límites de los centros poblados e infraestructuras. Esta fue elaborada de manera flexible, con el objeto de efectuar ajustes en caso de ser necesario y tomando en consideración las normas técnicas establecidas por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (IGVSB) sobre el sistema geodésico nacional y los topónimos señalados en la Ley de Geografía, Cartografía y Catastro Nacional (República Bolivariana de Venezuela, 2000). Seguidamente se incorporó en la tabla de atributos información relacionada con el relieve, posición geomorfológica, clasificación taxonómica y superficie.

Etapas 3. Evaluación de resultados

Se realizó un recorrido de la zona de estudio en el estado Barinas, el cual tuvo como objetivo revisar la confiabilidad del análisis e interpretación preliminar de la cobertura de la imagen, especialmente en aquellas áreas donde existían dudas para establecer los límites de las delineaciones a las unidades cartográficas. El recorrido se basó en efectuar observaciones directas sobre el terreno, identificando los tipos de uso de la

tierra de las áreas que habían sido interpretadas con algún grado de incertidumbre. En esos casos, se tomaron coordenadas, utilizando un GPS tipo navegador con precisión variable hasta de 10 m para así comprobar el grado de exactitud establecidos en las demarcaciones, fundamentalmente del área rural y cercanía de los cursos de agua. Esta comprobación de campo permitió corroborar hasta qué punto la leyenda preliminar cumplía con los límites reconocidos y establecidos para las unidades cartográficas, delimitación de los centros poblados e infraestructuras en la zona de estudio. Finalmente se creó y validó el metadato para el mapa de suelo actualizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualización de las delineaciones cartográficas de las unidades de suelo

Del análisis visual comparativo entre los datos anteriores (mapas de suelos) y la información más reciente ofrecida por la imagen, se pudieron identificar las variaciones ocurridas en cuanto a tamaño y forma en las delineaciones cartográficas. Las capas vectoriales que sufrieron modificaciones y generaron variaciones en la cartografía fueron los centros poblados e hidrografía, causando cambios en la superficie de las unidades cartográficas.

La Figura 2 muestra comparativamente el crecimiento poblacional ocurrido en el sector Boconó-Masparro, que para el año 1968 abarcaba una superficie de 333 ha. Una vez efectuados los ajustes usando como referencia la imagen Spot 4, se determinó un incremento de esta superficie en 452 ha, sumando ahora un total de 785 ha ocupadas por desarrollo de infraestructuras.

Sin embargo, considerando el tiempo transcurrido desde la realización del levantamiento cartográfico de suelo, hasta noviembre de 2009, fecha de captura de la imagen de satélite del sensor Spot 4 usada, el crecimiento poblacional es un factor que no influyó en gran medida sobre cambios en la cartografía de suelo. Por el contrario, el proceso ejercido por la acción de los ríos o dinámica fluvial modificó el relieve y el propio curso de los ríos, generando un incremento en la superficie terrestre, pero en algunas áreas este cambio en el curso de los ríos ocasionó disminución del área de algunas unidades cartográficas. Las variaciones ocurrieron básicamente en los alrededores de los ríos Boconó y Masparro y en los poblados de Veguita, Sabaneta y en nuevos caseríos.

El mapa de suelos que representa el estudio agrológico objeto de estudio contempla las series de suelos más importantes de los Llanos Occidentales, y las delineaciones cartográficas más afectadas por los cambios en la dinámica fluvial y crecimiento poblacional fueron la serie Fanfurria que perdió 189,97 ha de su

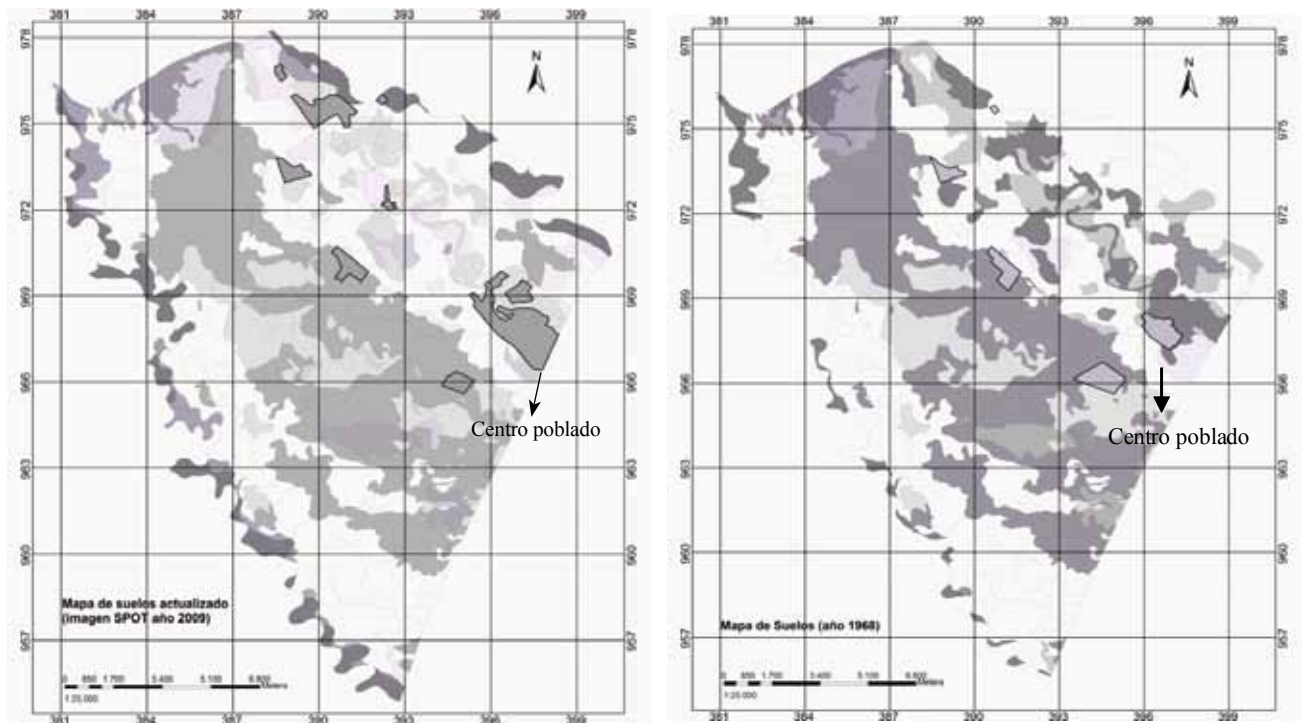


Figura 2. Comparaciones del crecimiento poblacional ocurrido en el sector Boconó - Masparro.

superficie original (Figura 3), y la serie Méndez, que aumento 253 ha de superficie (Figura 4). El incremento en la superficie de esta serie se debe a la delimitación realizada a ciertos caseríos como una proyección de crecimiento poblacional, lo cual no ocurrió; en este sentido, fue necesario ajustar los polígonos a los espacios reales ocupados por infraestructuras.

Es importante mencionar que existieron otras unidades de suelos que sufrieron modificaciones, pero estos cambios no fueron considerados para ser analizados en detalle, sino en conjunto. La superficie abarcada por el sector de estudio dentro del mapa de suelo elaborado en el año 1968 era de 22 633 ha y la ocupada una vez actualizada las delineaciones cartográficas es de 24 131 ha, evidenciándose un incremento de superficie de 1 498 ha.

El mapa obtenido como resultado de la aplicación de las diferentes fases descritas se encuentra en un archivo shape (formato digital). Como aporte adicional, en la tabla de atributos de este archivo se le incluyó serie de suelos, tipo y fase, clasificación taxonómica, geomorfología, relieve y clase de riego, con la finalidad de generar mapas interpretativos. Este archivo puede ser usado con cualquier software manejador de Sistemas de Información Geográfica.

La leyenda del mapa fue elaborada contemplando la misma información establecida en el mapa de suelo original, ya que se trata de una actualización desde el punto de vista cartográfico. En ella se representan las series de suelos, superficie y porcentaje que ocupan cada una de ellas, así como los topónimos utilizados de acuerdo a las normas cartográficas vigentes establecidas por el Instituto Geográfico Venezolano Simón Bolívar (República Bolivariana de Venezuela, 2000).

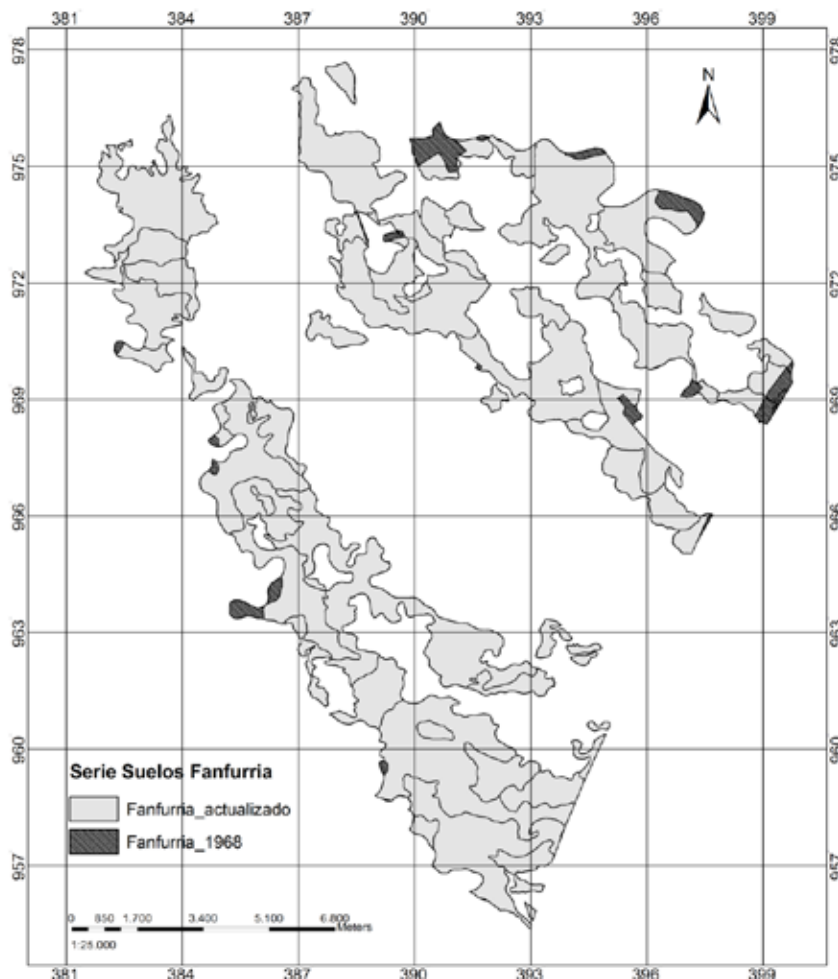


Figura 3. Comparación entre delineaciones del mapa de suelos de la serie Fanfurria en el sector Boconó - Masparro, mostrando disminución de superficie.

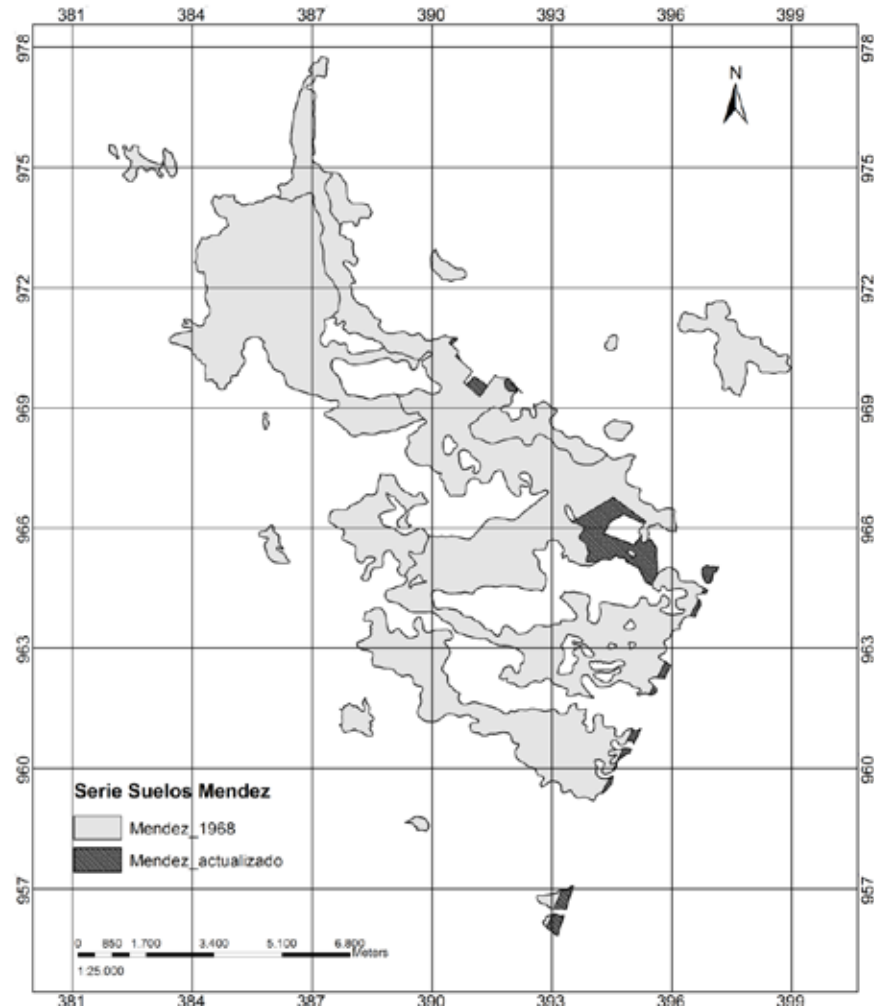


Figura 4. Comparaciones entre delineaciones del mapa de suelos de la serie Méndez en el sector Boconó - Masparro, mostrando incremento de superficie.

Verificación de las delineaciones de las unidades cartográficas ajustadas

Realizada la actualización del mapa de suelo, se procedió a efectuar una verificación de algunos elementos relevantes representados en el mapa. Para este propósito, el mapa se imprimió en formato analógico, sobre el cual se establecieron algunas interrogantes que generaban confusión, para ser corroborados en el viaje de campo.

La actividad consistió en la realización de un recorrido por el área que abarca el estudio, en el que se pudo constatar que las delimitaciones realizadas utilizando como base la imagen de satélite del sensor Spot 4 estuvieron muy bien definidas, ya que los patrones identificados en ella correspondieron en la mayoría a los observados en campo. Esto permitió la

comprobación de elementos geográficos expresados en el mapa, especialmente la validez y las nuevas infraestructuras, así como también los usos del suelo relacionados con el establecimiento de cultivos agrícolas. De igual forma, se pudo comprobar la nueva superficie generada en los alrededores de los ríos como resultado de los cambios ocurridos por la dinámica fluvial. En el recorrido efectuado se tomaron algunas coordenadas, con la finalidad de comprobar que los límites entre intersecciones viales y desplazamiento de los ríos habían sido establecidos de manera correcta.

Es importante resaltar que no se efectuaron revisiones con barreno porque la actualización del mapa se hizo desde el punto de vista cartográfico, es decir, ajuste de las delineaciones cartográficas, con el propósito de demostrar la utilidad de las imágenes satelitales en la generación de información geoespacial.

Actualización de las clases taxonómicas de las unidades de suelo de acuerdo al Soil Survey Staff (2010)

Siguiendo los criterios establecidos (Soil Survey Staff, 2010), se reclasificaron las clases taxonómicas de los suelos presentes en el mapa de suelo, encontrándose algunas variaciones en los nombres de éstos suelos, debido a cambios ocurridos en el manual taxonómico, que por ser un sistema natural, varía con el pasar del tiempo. Esto significa que por las características que presentan los suelos, ahora pertenecen a otro grupo, o la clase definida en versiones anteriores del sistema de clasificación, fue sustituida por otro nombre.

El Cuadro 2 muestra la clasificación realizada para el año 1968 y la actualizada a la fecha.

CONCLUSIONES

La imagen de satélite del sensor Spot 4 permitió actualizar las delineaciones de las unidades cartográficas del mapa de suelo, de forma rápida, sencilla y con resultados de calidad, garantizando ser una herramienta efectiva en los procesos de actualización de información. Además, se pudo identificar que los elementos que influyeron en la variación del tamaño y número de las delineaciones cartográficas fueron los cambios ejercidos por la dinámica fluvial y el desarrollo de nuevas infraestructuras. En tal sentido, es necesario disponer de cartografía actualizada a escala detallada, para realizar procesos de corrección geométrica más confiable.

A pesar de que se encontraron algunas incongruencias relacionadas con la escala, sistema de referen-

cia utilizado y designación de las unidades cartográficas, se determinó que el mapa de suelos elaborado en esa época (40 años) puede considerarse de calidad y precisión aceptable.

Sería conveniente incorporar dentro de la actualización cartográfica la validación del mapa de suelo, a través de una prueba de realidad de campo que permita comprobar la pureza de la composición taxonómica de las unidades cartográficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, M.; G. Ortega. 2005. Actualización cartográfica con imágenes satelitales. Trabajo de grado. Universidad de Santiago de Chile, Fac. Ingeniería. Santiago de Chile, Chile. Disponible en: http://www.cartografia.cl/beta/index.php?option=com_content&view=article&id=104:actualizacion-cartografica-con-imagenes-satelitales&catid=50:cartografia&Itemid=156. [Consultado: 07 de junio de 2010].
- Fallas, J. 2001. Escaneo, georeferenciación y vectorización de material cartográfico y de fotos aéreas utilizando ArcView GIS. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Universidad Nacional. Costa Rica. 92 p.
- Homes, P. 1968. Estudio agrológico y de clasificación de tierras para riego detallado sector Boconó-Masparro, segundo avance, estado Barinas. MOP. Dirección de Obras Hidráulicas. División de Edafología. Oficina Edafológica de Occidente. Guanare, Venezuela. 140 p.

Cuadro 2. Clasificaciones taxonómicas de las series de suelos que integran las unidades cartográficas del mapa original y del actualizado.

Nombre de serie	Clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo 1960 †	Clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo 2010 ‡
Baronero	Typic Ustorthents	Typic Ustifluvents
Boconó	Typic Ustipsamments	Typic Ustipsamments
Boconoito	Haplustalfs	Ultic Haplustalfs
Camoruco	Haplustalfs	Psammentic Haplustalfs
Candelaria	Typic Ustipsamments	Typic Ustipsamments
Caño Raya	Typic Tropaqualfs	Aquic Haplustalfs
Cumarepo	Vertic Tropaquepts	Vertic Endoaquepts
Fanfurria	Typic Ustifluvents	Fluvaquentic Haplustepts
Mendez	Vertic Tropaquepts	Fluvaquentic Endoaquepts
Mijagual	Udorthentic Chromusterts	Ustic Endoaquerts
Orura	Tropaqualfs	Typic Endoaqualfs

† Soil Survey Staff (1960).

‡ Soil Survey Staff (2010).

- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2005. Interpretación visual de imágenes de sensores remotos y su aplicación en levantamientos de cobertura y uso de la tierra. Centro de Investigación y Desarrollo de Información Geográfica. Bogotá, Colombia. 156 p.
- Perdomo R.C. 2011. Propuesta metodológica para la actualización cartográfica de un estudio semidetallado de suelos en el sector Boconó-Masparro, estado Barinas, Venezuela. Trabajo especial de grado, Especialización en Geomática. Comisión de Estudio de Postgrado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela. 70 p.
- Quintero de B.P.; R. Schargel; P. Urriola; S. Strebín, 1974. Informe interpretativo de suelos de la zona Guanare – Masparro Estados Portuguesa y Barinas. MOP. Dirección General de Recursos Hidráulicos. Dirección de Información Básica, División de Edafología. Caracas, Venezuela. 46 p.
- República Bolivariana de Venezuela. 2000. Ley de geografía, cartografía y catastro nacional. Gaceta Oficial N° 37002. 28-07-2000. Caracas, Venezuela.
- Soil Survey Staff. 1960. Soil Classification, a Comprehensive System. 7th Approximation. U.S. Dep. Agriculture. Govt. Printing Office, Washington, EUA.
- Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11^{va} ed. USDA, Natural Resources Conservation Service. Washington, EUA. 346 p.
- Torres, S.; L. Madero. 2007. El recurso suelo y los centros de información y referencia de suelos. *Venesuelos* 15:33-42.