

# COMPILACIÓN ACTUALIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA BASE DE LA HOJA CARTOGRÁFICA 5942 II SE A ESCALA 1:25.000

JORGE ALBERTO DÍAZ

Recibido: 13-01-14 / Aceptado: 25-06-14

## RESUMEN

La cartografía geológica es una herramienta de gran utilidad para el desarrollo de estudios de suelo y subsuelo, el cual permite obtener una localización más objetiva de proyectos de infraestructura, recuperación de cuencas hidrográficas, entre otros. La elaboración de la actualización de la carta 5942 II SE del sector San Javier del Valle - La Culata, se generó con la finalidad de tener mayor detalle de la distribución de los rasgos geológicos y unidades litológicas presentes en el área. El análisis cartográfico se elaboró a través de un Sistema de Información Geográfico (SIG), ajustados a las normativas cartográficas asignadas por el Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (IGVSB), INGEOMIN y Las normativas del Comité Federal de Datos Geográficos de los Estados Unidos de Norteamérica. La cual permitió tener como resultado una cartografía más detallada de los rasgos geológicos de superficie, igualmente permitió relacionar las unidades litológicas y litodermicas con la base planialtimétrica.

**Palabras clave:** Cartografía, subsuelo, sistema de información geográfica, planialtimétrica.

---

*Ing. Geólogo.*

## UPDATE, COMPILATION AND AUTOMATION OF GEOLOGICAL MAPPING, BASE OF MAPPING PAGE 5942II SE SCALE 1: 25,000

### ABSTRACT

Geological mapping is a useful tool for the development of studies of soil and subsoil, which allows a more objective localization of infrastructure projects, watershed rehabilitation, among others. The development of updating the 5942 letter II SE sector San Javier del Valle - La Culata, was generated in order to have more detail on the distribution of geological features and lithological units present in the area. The cartographic analysis was developed through a Geographic Information System (GIS), adjusted to cartographic standards assigned by the Geographic Institute of Venezuela Simon Bolivar (IGVSB) INGEOMIN and Regulations of the Federal Geographic Data Committee of the United States of America. It allowed as a result a more detailed mapping of geologic surface features, it also allowed to relate lithologic and lithodermic units and the planialtimetric base.

**Keywords:** Cartography, subsoil, GIS, planialtimetric information.

---

### INTRODUCCIÓN

Los estudios geológicos tienen como finalidad describir el comportamiento del globo terrestre, considerándolo desde el punto de vista de sus transformaciones y evoluciones a través del tiempo.

La representación cartográfica es de suma importancia en la elaboración de los estudios geológicos, ya que permite observar y ubicar de forma general la distribución espacial de los rasgos litológicos y estructurales de una región.

Los mapas geológicos son herramientas fundamentales para diversos estudios propuestos por geógrafos e ingenieros, ya que facilitan la interpretación de las características geológicas de un área específica. Estas cartas transmiten y agrupan información necesaria para el diagnóstico y zonificación de áreas susceptibles a amenazas de tipo geológico en una región.

Los inconvenientes que se presentan con el uso de de los mapas ofi-

ciales existentes, son producto de la falta de actualización que estos presentan y a los errores de georeferenciación, debido a imprecisión de los métodos y herramientas utilizados antiguamente para cartografiar la información geológica.

Con el transcurrir de los años, los métodos utilizados para la elaboración y composición de mapas temáticos han pasado por un proceso de cambios originados por la evolución de las herramientas tecnológicas utilizadas para el procesamiento, análisis y representación de la información recolectada, entre las cuales se pueden mencionar los Sistemas de Información Geográfica (para el procesamiento de datos y el análisis espacial) y los sistemas de posicionamiento global (con el cual se obtienen las coordenadas reales de un punto específico), entre otros.

Tomando en consideración la evolución de las herramientas utilizadas para la elaboración y análisis cartográfico, además de la importancia que estas herramientas tienen en la ejecución de los estudios relacionados al espacio físico, nació el interés de elaborar un proyecto de compilación, actualización y automatización de la cartografía geológica de la carta 5942 II SE, de la zona que abarca los sectores San Javier del Valle, La Culata, páramo El Escorial y Cacute. Como un proyecto piloto en la región de los Andes, ya que las cartas geológicas existentes están desmejoradas en su cantidad y calidad, debido a que no han sido procesadas con estas nuevas herramientas durante su etapa de elaboración.

Unos de los principales problemas que presenta la cartografía geológica analógica existente son los siguientes:

- Es una cartografía que data de los años sesenta, presentándose desactualizada en sus elementos espaciales y temáticos.
- La información base y temática presenta algunos problemas de escala de representación, en cuanto a la proporción espacial que existe entre los objetos presentes y el espacio que ocupan en el mapa.
- La escala de los mapas geológicos oficiales (1:50.000) no se presta para la representación detallada de los rasgos geológicos.
- Los sistemas de proyección en algunos de estos mapas no están ajustados al sistema de coordenadas UTM, ocasionando errores al intentar localizar de forma exacta algún fenómeno geográfico.
- Existen errores con el Datum Horizontal en los mapas topográficos

y geológicos. En algunos casos la información se encuentra en el sistema de referencia del Datum local la Canoa (PSAD56). De esta manera, se puede decir que toda la cartografía realizada antes de 1999, no se encuentra ajustada al nuevo datum establecido por IGVSb, por lo tanto, si no se realizan los ajustes pertinentes, se estaría cometiendo grandes errores espaciales a diferentes escalas de trabajo, lo que genera que estos mapas no puedan acoplarse a los lineamientos o estándares internacionales.

- La toponimia u onomástica geográfica, alguna veces no coinciden con el nombre propio del lugar, con la ubicación real del terreno, produciendo un desfase en una de las funciones principales del mapa, que es la de ubicar sitios de interés sobre un espacio determinado.
- Problemas en la representación gráfica (línea, punto y polígono), los fenómenos no están correctamente representados en su escala espacial y en la proporción que ocupan en el mapa.
- Problemas de rotulado, ya que no se trazan correctamente los símbolos, figuras o formas que conforma el mapa, no se consideran los lineamientos o normativas convencionales (tamaño, forma y textura del tipo de rotulado).
- Errores en valores de acotamiento debido a la presencia de incongruencias y vacíos de información en la representación topográfica (curvas de nivel).
- Incongruencias y vacíos de información en la representación de los contactos geológicos entre las hojas cartográficas.

Es por todos sabido, que en el Estado Mérida es una zona del país con un grado alto de vulnerabilidad a los procesos geológicos, como por ejemplo: sismos y movimientos de masas, entre otros, lo cual ha ocasionado daños en la vialidad, vivienda, y demás infraestructura. Estos procesos generan grandes pérdidas humanas y económicas.

## **ALCANCES Y LIMITACIONES**

En esta sección se mencionan las ventajas y desventajas que presentó el proceso de digitalización del mapa geológico, señalando la problemática y errores que se presentaron en la elaboración del ajuste de los rasgos geológicos al mapa geológico digital.

La actualización y digitalización de la cartografía implicó el manejo y análisis de una serie de volúmenes de información cartográfica en formatos analógicos que fueron necesarios procesar, organizar y analizar por medio de los Sistemas de Información Geográfica. Estos sistemas constituyeron una herramienta que permitió almacenar, consultar, analizar y desplegar la información geográfica que se consideró relevante, así como desarrollar las aplicaciones específicas, orientadas a apoyar técnicamente los procesos de investigación y toma de decisiones.

**Algunas de las ventajas que facilitó el uso de los programas de procesamiento cartográfico digital fueron las siguientes:**

- a) Almacenar la información estadística y geográfica de manera rápida y eficiente.
- b) Capacidad para actualizar y corregir la información de manera automática.
- c) Posibilidad de combinar el análisis estadístico con el mapeo de sus resultados.
- d) Producción de mapas de alta calidad en menor tiempo y a menor costo.
- e) Posibilidad de adecuar éstos a las necesidades específicas de los usuarios tanto en términos de su contenido como de su representación gráfica.
- f) Capacidad para calcular automáticamente las características espaciales de los elementos y trabajar con su topología.
- g) Gran potencial como herramienta de análisis espacial.
- h) Utilidad para evaluar diferentes alternativas sobre el territorio, sujetas a objetivos y criterios múltiples.
- i) Capacidad para el tratamiento digital de imágenes terrestres (fotografías aéreas, imágenes de satélite, entre otras) y para elaborar modelos del territorio.

## **ANTECEDENTES**

A continuación se hace referencia a una serie de estudios geológicos

llevados a cabo en los sectores de San Javier del Valle, La Culata, Serranía El Escorial y Cacute, los cuales se encuentran enmarcados dentro de la hoja cartográfica 5942 II SE que corresponde al área de estudio. También se hace referencia a varias investigaciones orientadas a la actualización cartográfica y geológica:

Schubert y Valastro (1973) caracterizaron los rasgos estructurales y geomorfológicos del páramo de La Culata generados durante el Pleistoceno Superior: rasgos depositacionales, "Till" morrénico, depósitos fluvio-glaciares, rocas pulidas y estructuras en forma de lomo de ballena. Las estructuras fueron diferenciadas de acuerdo al grado de meteorización, erosión y cobertura vegetal.

De igual manera, Urbina (1982) realizó una interpretación de los rasgos geológicos, geomorfológicos y de relieve del valle del Mucujún, con esta investigación concluyó que la litología y el relieve influyen de forma directa en la evolución y génesis de los suelos. También determinó que la litología y el relieve influyen en la configuración de las características físicas, químicas y mineralógicas que componen el suelo.

Por su parte, Lobo y Guerrero (1986) realizaron un estudio en los centros poblados de Mérida, Tabay, Ejido y sus alrededores, donde determinaron el comportamiento de las formaciones geológicas, para demostrar áreas de riesgo sísmico. El estudio se basó principalmente en el levantamiento y actualización de la información geológica existente para dicha área, a partir de un inventario de campo de las variables físico-geográficas, y un procesamiento de laboratorio con la finalidad de detectar áreas de comportamiento geológico y litológico crítico, presentando como resultado una serie de mapas a escala 1:25.000 y 1:50.000.

En otro orden de ideas, Ghosh y Odreman (1987), realizaron un estudio sedimentológico-paleontológico en el cual se describe la secuencia Terciaria en el Valle de San Javier cerca de Mérida, como preservada dentro de un graben y rodeada de unidades litológicas más antiguas tales como; Sierra Nevada y Palmarito. La secuencia es suprayacentemente concordante a las lutitas de la Formación Colón del Cretácico superior y se puede subdividir en dos unidades formacionales distintas; La parte inferior designada Formación San Javier y la parte superior designada Formación Mucujún. Evidencias paleontológicas sugieren un hiatus estratigráfico entre las dos unidades. Este estudio revela la existencia de una secuencia netamente marina de edad Eocena, hasta ese momento desconocida en los Andes venezolanos.

En esta misma dirección, Arenas et. al. (1993), elaboraron un estudio en la secuencia Terciaria que aflora en la margen izquierda del río Mucujún, en la zona de San Javier del Valle del Estado Mérida. Este estudio dividió la secuencia terciaria en dos unidades: una inferior (Formación San Javier) y una superior (Formación Mucujún). Esta investigación tomó como referencia la realizada por Ghosh y Odreman (1987).

El producto final de esta investigación fue un mapa geológico a escala 1:12.500 en que fue señalado diversos rasgos litológicos y estructurales que componen esta secuencia Terciaria.

Asimismo, Matheus (1995) elaboró un estudio en el occidente venezolano, el cual tomó en consideración detalladas descripciones sedimentológicas de diversos afloramientos del Paleógeno de las Formaciones: Barco, Los Cuervos, Guasare, San Javier, Misoa y Mirador, entre otras; parte de las cuales fueron reconocidas, descritas e interpretadas en cada una de sus facies. Elaboró un modelo de ambientes de sedimentación, el cual fue integrado a este intervalo de tiempo (Eoceno) y se llegó a una interpretación paleogeográfica.

En este orden de ideas, Bastidas (1995) realizó un estudio geológico-geomorfológico-estructural de las unidades aflorantes en el sector de San Benito y la quebrada El Palmar, vía el Valle. En estas se estudiaron unidades del Paleozoico-Cenozoico del núcleo andino, entre ellas se destacó la Formación Mucujún, la cual se caracteriza por la secuencia de areniscas y lutitas. En el mismo estudio se hizo referencia al sistema de fallas (locales y regionales), las cuales fueron determinadas de acuerdo al paralelismo existente entre las quebradas que llegan de forma perpendicular al río Mucujún. Logró sectorizar las zonas estables y las inestables con la ayuda de un mapa topográfico a escala 1:25000 donde se localizaron las fallas locales del área de estudio.

Asimismo, Guerrero y Vizcarret. (1998) realizaron un estudio en el extremo norte de la Sierra del Norte o de la Culata, Estado Mérida. Venezuela. Esta sierra forma parte del cinturón montañoso de la región central andina, y posee un rumbo noreste, similar al que presenta la Sierra Nevada de Mérida. Ambas sierras se disponen de manera paralela, conformando entre ellas el valle del río Chama donde se asienta la Ciudad de Mérida y otros centros poblados menores. Este trabajo tuvo como objetivo determinar las características sedimentológicas, geomorfológicas y petrográficas que definen los depósitos y rocas aflorantes en este sector de la Sierra del Norte.

Finalmente, Arguello y Ramírez (2000) realizaron un trabajo el cual consistió en un estudio geológico de superficie del área entre San Javier del Valle y La Culata, se elaboró un mapa geológico a escala 1:12500. En este se logró describir e identificar la secuencia Terciaria, así como la Cretácica y parte del Complejo Iglesias - Asociación Sierra Nevada, las cuales fueron levantadas y estudiadas a través de la integración de datos geológicos obtenidos en campo.

## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar una metodología para la actualización, compilación y automatización de la cartografía geológica base del área que abarca la hoja cartográfica 5942 II SE a escala 1:25.000 correspondiente a los sectores San Javier del Valle, La Culata, Serranía El Escorial y Cacute.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se orientó en la elaboración de una metodología para la compilación, actualización y automatización de la información geológica del área correspondiente a la hoja cartográfica 5942 II SE a escala 1:25.000, la cual es de mayor detalle que la de los mapas geológicos oficiales existentes (realizados a escala 1:50000). Por lo tanto el desarrollo metodológico, constó de las siguientes etapas:

### **Revisión y compilación de información bibliográfica y cartográfica**

Consistió en una revisión exhaustiva de una serie de publicaciones bibliográficas y trabajos que hacen referencia al área de estudio. En esta fase se tomaron en consideración todos aquellos levantamientos de campo realizados, Investigaciones, en seminarios y trabajos especiales de grado de instituciones públicas y privadas, e informes de campo realizados en la escuela ingeniería geológica, de la Universidad de Los Andes. De toda esta información recolectada, la cual permitió dinamizar el proceso de actualización de la información geológica del área de estudio, se extrajo información referida a las características físico-naturales (relieve, hidrografía) correspondientes al área de la hoja topográfica de Cartografía Nacional (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables) a escala 1:25.000 del Estado Mérida (hoja numero 5942 II SE, año 1982), y en la que únicamente se encuentra representada información base no geológica. Igualmente se procedió a la revisión de la cartografía geológica analógica presentada a continuación:

- Mapa Geológico, publicado por el Ministerio de Industria Básicas y



Minería (MIBAM). Instituto Nacional de Geología y Minería. Gerencia de Investigaciones Geológicas y de Recursos Naturales. Coordinación de de Cartografía Geológica Regional. Área de Geología. Proyecto Multinacional Andino - Fase Mérida. Mapa Geológico Estructural Sector Tabay, Mérida y Ejido. Estado Mérida. Escala 1:25.000. laborado en Julio, 2005.

- Mapa Geológico. Estado Mérida. Escala 1:50.000, publicado por el Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Geología, publicado en 1981.

- Mapa de una Zona Protectoras de la Cuenca del Río Mucujún. Unidades de Uso, publicado por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Dirección General Sectorial de Planificación y Ordenación del Ambiente, Octubre 1982. Escala 1:25.000.

- Mapa Geomorfológico del Sector Tabay - Mucurubá. Seminario de Geomorfología, publicado por el Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Cartografía Nacional. Escala 1:25.000.

- Mapa de Comportamiento de las formaciones geológicas para la determinación de áreas de riesgo sísmico en los centros poblados de Tabay, Mérida, Ejido y sus alrededores. Escala 1:12.500.

Seguidamente se elaboró la clasificación de los diversos estudios hechos en los distintos sectores del área de interés, considerando que la mayor parte de la información que presentaban las cartas geológicas ha sido enfocada a la cuenca del río Mucujún; por lo tanto gran parte de la información que se corroboró fue centrada en este sector. La información geológica de los sectores restantes se vació a partir de la información contenida en las cartas de Cartografía Nacional 1:50.000 para luego ser ajustada a la escala correspondiente (1:25.000).

### **Fotointerpretación**

Se realizó un análisis de las fotografías aéreas disponibles con el fin de extraer la información geológica existente en el área de estudio, esta información se corroboró durante las salidas de campo realizadas en dicha área. La interpretación aerofotográfica se llevó a cabo mediante la observación de los diferentes tipos de litología, zonas de depósitos, fallas geológicas, límites de contactos, entre otros rasgos estructurales, tomando en consideración las condiciones de luminosidad, tono, textura y red de drenaje de las fotografías aéreas utilizadas.

En esta fase fue necesario la revisión de las fotografías de las misiones aerofotográficas 010479 de la faja 1 en dirección N - S, correspondiente al sobre 140, fotos números 071 - 077, y de la faja 2, en dirección S - N, correspondiente al sobre 141, fotos números 092 - 097, a escala 1:25.000 del año 1981, igualmente se revisó la misión aerofotográfica 010480 a escala 1:35.000, fotos número 3775 - 3809. Lo que permitió elaborar un análisis de lo general a lo particular.

Seguidamente se procedió a agrupar las fotos interpretadas (por medio de un mosaico fotográfico donde presentó puntos de control de fácil observación) para la confección y corroboración del mapa geológico, parte de esta información fue confirmada en campo y otra fue revisada por medio de su comparación con los trabajos de campo realizados en el área de estudio. Este mosaico fue escaneado y procesado para plasmar las nuevas estructuras geológicas que no estaban representadas en la cartografía consultada y para modificar la ubicación de contactos entre unidades litológicas.

### **Interpretación de imágenes satelitales**

Para la interpretación de los rasgos estructurales y litológicos predominantes en el área de estudio, se hizo uso de una imagen satelital multiespectral Landsat de 7 bandas del año 2002, seis (6) bandas con una resolución métrica de 30 m y una banda pancromática de 15 m de resolución. La imagen del satélite Landsat 7 fue utilizada con la finalidad de delimitar el cuerpo intrusivo la Granodiorita del Carmen, por cambios de bandas e irregularidades en el terreno, e interpretación de rasgos estructurales como fallas, por medio de lineamientos sobre el terreno y cambios de textura que indican cambios litológicos, entre otros, con la ayuda del falso color en las bandas (1,5,4 ; 4,5,3 y 4,3,2). Se utilizaron dos bandas para distinguir los tipos de depósitos y una, para los rasgos estructurales respectivamente. La imagen fue adquirida y utilizada con el fin de apoyar la actualización y digitalización de la hoja cartográfica 5942IISE.

### **Elaboración de la Cartografía Base Preliminar**

El mapa topográfico base se elaboró con información planimétrica: (curvas de nivel cada 100m), información detallada sobre la red de drenaje, vialidad y centros poblados que conforman el área de estudio. De igual forma se hizo el vaciado de la información geológica con el fin de observar de forma general los rasgos geológicos estructurales que configuran el área de estudio.

Para obtener la representación espacial de la información base se

empleó la hoja de Cartografía Nacional N° 5942 II SE a escala 1: 25.000. Tomando como referencia esta hoja se procedió a la digitalización de los elementos de toponimia, red de drenaje, curvas de nivel y la viabilidad bajo el software Arc.View 3.2. Posteriormente esta información fue exportada al software, Arc.Gis 9.2 para realizar todo el proceso de automatización de la información a través del análisis espacial. Para la representación cartográfica se utilizó este mismo software, el cual es un programa de fácil manejo para la representación de los resultados.

Es importante señalar que el mapa base fue levantado a escala 1:25.000, así como el mapa geológico, sin embargo para la composición cartográfica, que consistió en diseñar los mapas de salida para su impresión (los cuales deben cumplir con las normas cartográficas establecidas internacionalmente), fue necesario ajustarlos a tamaño carta para su presentación, debido a eso, la representación fue ajustada con las herramientas proporcionadas por la extensión Layouts del programa Arc.View 3.2.

### **Visitas al área de estudio**

Se organizaron visitas al área de estudio para realizar el levantamiento previo de la información recopilada, como también la corroboración de la misma por medio de la cartografía revisada.

Por lo extenso del área de estudio, se realizó la observación de campo en los lugares en donde era necesario corroborar la información recopilada, en aquellos lugares que por motivos de accesibilidad no se pudieron observar, se realizó el reconocimiento por medio de fotografías áreas e imágenes satelitales. A través de estas se hizo una actualización de la información, ajustándola por medio de los sistemas de posicionamiento global (GPS).

### **Procesamiento y vaciado de la información recolectada en los puntos levantados con GPS (Sistema de Posicionamiento Global)**

Como primer paso se elaboró el calibrado de los GPS (Sistema de Posicionamiento Global, en sus siglas en español), luego se procedió a la realización de los respectivos levantamientos de los puntos a lo largo del área de estudio, en dicha fase se dispuso de 3 equipos de posicionamiento global (2 GPS Magellan 200 -210 y un Garmin *Etrex Vista*) que facilitó la disminución del margen de error durante el proceso de vaciado de la información recolectada en las salidas de campo. Como segundo paso se promediaron los puntos levantados y se colocaron en una matriz base, en formato Microsoft Excel, con la cual se procedió al vaciado de dicha información en un blog de notas, que es un editor de texto básico que se puede utilizar para crear documentos sencillos.

El uso más común del blog de notas consiste en presentar o modificar archivos de texto (.txt). Como paso número 3, con la respectiva información recolectada y plasmada en el Bloc de notas, se procedió a llevar el archivo con coordenadas al software Arc.View 3.2 para transformarlo a una capa o shapefile lo cual permitió agregarle sus campos base de datos (localización de afloramientos, centros poblados e hipervínculos). Como paso número 4, se trabajó con el software MapSource con el propósito de descargar datos faltantes de los puntos levantados en el área de estudio (hidrografía, toponimia y vialidad), este proceso se llevó a cabo utilizando una herramienta de ruta que nos permitió digitalizar los puntos de interés para posteriormente guardar los datos en formato DXF. En el último paso (número 5), se procedió a abrir el archivo en formato DXF por medio de software Arc.Gis 9.2 para convertirlos en TEMAS/SHAPEFILE y agregarlos a la base de datos geológica y topográfica ya existente.

### **Matriz de levantamiento de datos**

Se realizó una matriz de doble entrada, que permitió la observación de la información levantada en campo. Esta matriz está compuesta por datos referidos a la localización de afloramientos rocosos, localización de fallas geológicas, rumbos y buzamientos de los planos de discontinuidad de las formaciones. También contiene otras características generales, logrando de esta manera facilitar el vaciado general de la información recolectada en las salidas de campo.

### **Automatización del Mapa Geológico**

Este proceso consistió en llevar de formato analógico a formato digital, toda la información que se estuvo procesando, lo cual incluyó una base de datos correspondiente a todos los rasgos geológicos del área de estudio, en la misma se realizó el análisis espacial incluyendo la matriz de datos para una mejor interpretación de la información. Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario realizar las siguientes fases previas:

- a.- Escaneado
- b.- Georeferenciación
- c.- Digitalización

### **Elaboración de la Cartografía Geológica Final**

Como último paso en la fase de trabajo, se procedió a la digitalización de los rasgos estructurales y litológicos localizados sobre las fotografías aéreas, imágenes satelitales y salidas de campo para la elaboración del mapa final. Durante la ejecución del trabajo fue necesario regirse por medio de las normativas internacionales USGS (Normatividad Car-

tográfica Digital para Simbología de Cartografía Geológica). Ya que esta norma, nos aportó los parámetros legales para el resultado final. Este tipo de norma nos suministró información sobre el tipo de simbología que se le asignó a cada rasgo estructural (fallas, pliegues, rumbos, buzamientos, contactos litológicos, entre otros), como también, patrones de colores de acuerdo a la edad de las unidades litológicas, tipo, estilo y tamaño de etiqueta, que se deben utilizar para la elaboración del producto final. En el mismo fue necesario observar las normativas utilizadas por el Instituto Venezolano Simón Bolívar para la actualización del mapa topográfico de la hoja cartográfica 5942 II SE en formato digital.

Esta simbología fue utilizada para representar visualmente los patrones de tipo geológico estructural y litológico presente en el área de estudio, facilitando la elaboración e interpretación de la cartografía final. Estas fueron aplicadas para:

- Descripción de fallas inferidas y zonas de fallas.
- Ubicación de contactos litológicos.
- Descripción de pliegues (Anticlinales y Sinclinales).
- Descripción de foliación.
- Simbología de edades geológicas.
- Patrones de litología.
- Patrones de colores de acuerdo a las edades geológicas.
- Descripción en la selección del modelo del tipo, estilo y colocación de la etiqueta.
- Unidades de etiquetas para los mapas geológicos.

### **Construcción de Perfiles Geológicos**

Consistió en la interpretación gráfica del relieve en un plano vertical, para la visualización de las estructuras geológicas de los subsuelos que conforman el área de estudio, es decir, la dirección de los estratos y fallas geológicas que atraviesan el área.

Se pueden observar posibles problemáticas estructurales y desplazamientos que pueden estar afectando al área de estudio. Esto genera información útil para estudios posteriores sobre análisis de riesgos, así como para la ubicación de la infraestructura física y social que corresponde a áreas vulnerables.

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

El proceso de elaboración de una metodología para la cartografía geológica digital se realizó mediante la revisión de los resultados obtenidos

en trabajos previos, corroborando esta información en salidas de campo y a su vez levantando nueva información de las características geológicas locales y estructurales, además del análisis de las fotografías aéreas a escalas 1:25.000 y 1:35.000 y de las imágenes satelitales con cambios de bandas para la localización de rasgos estructurales.

### **Unidades geológicas presentes en el área de estudio**

En el marco de esta investigación se localizó el Complejo Iglesias (Asociación Sierra Nevada) en el Sector Bella Vista; cercanías del centro recreacional turístico “Los Sueños del Abuelo”. Entre las coordenadas 963677 m N-271197 m E, a una altitud de 2577 msnm. En este sector el Complejo Iglesias presenta Gneises bandeados cuarzo-feldespáticos que gradan a colores rojizos por meteorización. El afloramiento presenta un espesor visible aproximado de 2 metros (el resto se encuentra cubierto por vegetación) y la roca se observó altamente fracturada.

### ***Granodiorita de El Carmen***

El cuerpo intrusivo la Granodiorita de El Carmen se observó en el Sector Bella Vista, vía al páramo El Escorial, en las siguientes coordenadas 963482 m N-271585 m E, 2662 msnm y en las coordenadas 963481 m N-271590 m E, a 2678 msnm. En ambos sectores el cuerpo intrusivo presentaba las siguientes características: roca granítica con alto nivel de diaclasamiento, fácilmente desprendibles. También el cuerpo intrusivo fue observado en el Sector Finca El Escorial (vía el Pajonal), en las coordenadas 958087 m N-269280 m E, a una cota de 2278 msnm. Aquí las características litológicas observadas fueron las siguientes: presencia de mica muscovita alterada la cual gradaba a colores amarillentos y rojizos por oxidación. En ese mismo sector, pero en los linderos superiores de la finca El Escorial (959325 m N-269622 m E, a 2244 msnm) se observó una corona de deslizamiento la cual estaba compuesta litológicamente de roca granítica con alto contenido de feldespato, cuarzo y muscovita (materiales muy alterados y con colores que gradan de claros a oscuros por meteorización).

### ***Formación Aguardiente***

Esta unidad litológica se encontró aflorando la formación Aguardiente en las cercanías de la quebrada La Caña, entre las coordenadas 962005 m N; 269139 m E; a una altitud de 2527 msnm. Esta se presenta en una secuencia de lutitas negras laminares con fractura astillosa que gradan a colores rojizos por meteorización. Con nódulos de óxido de hierro. En las cercanías de la quebrada La Vergara (vertiente izquierda) en dirección a la quebrada La Caña, entre las coordenadas 962071 m N; 269208E y a una altitud de 2541 msnm, se encontraron aflorando

lutitas muy fracturadas casi brechificadas con un espaciamento entre fracturas de 1,5 a 4,5 cm, con rumbo aproximado N15°W y Buzamiento de 40°SW. En el tramo carretero vía La Culata las areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, de la formación se encuentran aflorando con intercalaciones de lutitas oscuras, presentando un espesor mayor a 50 metros (Areniscas), en dichos afloramientos se observaron 3 familias de diaclasas perpendiculares a la estratificación y con espaciamento entre fracturas de 5 a 25 cm. Estas areniscas presentan un rumbo aproximado N12° E y un buzamiento 78° SE.

### ***Formación Capacho***

En el área de estudio la Formación Capacho se localizó en un primer afloramiento en la vertiente izquierda de la quebrada La Vergara, entre las coordenadas 961455 m N ; 269223 m E, a una altitud de 2412 msnm. Donde se encontró aflorando el Miembro Seboruco de la formación, con presencia de lutitas físis, laminares, no calcáreas, oscuras que gradan a colores rojizos por meteorización y con presencia de nódulos de hierro (producto de precipitación del óxido de hierro), muy fracturadas aflorando en un espesor de 10 a 15 metros, con rumbo N10° E y un buzamiento de 30° SW. Otro afloramiento de la formación fue localizado entre las coordenadas 961616m N; 268941 m E, a una altitud de 2474 msnm, en el cual se localizaron calizas conchíferas recristalizadas del Miembro Guayacán altamente diaclasadas que gradan a colores grises claros por meteorización, presentándose en un espesor aproximado de 40 metros en el afloramiento.

### ***Formación La Luna***

En el marco de la actualización de este trabajo se localizó el afloramiento de la Formación La Luna. 961496 m N; 268938 m E, a una altitud de 2460 msnm. Esta fue localizada en posible contacto de falla la Formación Capacho. Donde la litología predominante es lutitas con intercalaciones de calizas bioclásticas, fétidas, calcáreas oscuras inmersas en un perfil de meteorización, recristalizadas con alto nivel de agrietamiento. Las lutitas presentan un rumbo Norte franco y un buzamiento de 80° W (lutitas volcadas). Otro afloramiento fue localizado N 960244, E 266383; a una altitud aproximada de 2520 msnm. La orientación de rumbo determinada es de N47° E y buzamiento es de 44° NO. La litología se encuentra constituida por una secuencia lutitas negras, con un alto grado de meteorización, alta oxidación y fracturamiento.

### ***Formación Colón***

Esta unidad litológica se observó en el área de estudio fue en una ventana de erosión cubierto por los depósitos del cuaternario en el borde

de terraza de un afluyente de la quebrada El Arado entre las coordenadas 960406 m N y 267332 m E, a una altitud de 2385 msnm. Donde se observaron lutitas oscuras, con fractura astillosa concoidal, que gradan a colores marrones por alteración (oxidación).

### ***Formación San Javier***

En el marco de esta investigación se localizaron afloramientos de la Formación San Javier en el Sector Los Techos, N 958887; E 268186, a una altitud de 2174 msnm, cuya litología consiste en areniscas glauconíticas con matriz arcillosa (típico de ambientes transicionales de costa a ambientes marinos). Expuestas en un espesor aproximado de 100 metros con un rumbo N (franco) y un buzamiento 22°W.

### ***Formación Mucujún***

Esta unidad litológica aflora en la vertiente derecha del río Mucujún en el sector Hospedería San Javier, se observaron otros dos afloramientos de la Formación Mucujún en las coordenadas 959605 m N-266636 m E (2434 msnm) y 959677mN- 266526mE (2477 msnm), compuestos de lodolitas moteadas que gradan a colores rojizos por oxidación, combinadas con limolitas moteadas muy alteradas, las intercalaciones entre lodolitas y limolitas se presenta cada 1-1,50 metros, en el segundo punto se encontró restos vegetales carbonizados, típico de ambientes de llanuras de desborde, (se promedia los datos...no es muy significativa la diferencia del dato)

### ***Depósitos Cuaternarios***

Los depósitos cuaternarios se encuentran divididos en terrazas y abanicos aluviales, estos se disponen de manera suprayacente a los afloramientos antes estudiados (unidades litológicas). En los sectores cercanos al río Mucujún entre los siguientes coordenadas 958675m N, 268921 m E, a una altitud de 2117msnm (Vega del río Mucujún) y 958323 m N, 268454 m E, a un altitud de 2075 msnm (sector El Pajonal)

## **CONCLUSIONES**

La metodología de trabajo elaborada resultó adecuada para la identificación de unidades litológicas, con ventajas significativas para el mapeo geológico. Las técnicas de fotointerpretación geológica, levantamientos de campo (por medio del uso de Sistema de Posicionamiento Global) y digitalización cartográfica permitieron corroborar y algunos casos corregir la localización verdadera de los límites entre las formaciones geológicas presentes en el área de estudio, ya que se lograron localizar espacialmente diversos puntos sobre el terreno que permi-





tieron delimitar las formaciones geológicas que conforman la litología existente dentro del área que ocupa geográficamente la Hoja Cartográfica 5942IISE.

La realización de las salidas de campo continúa presentándose como la herramienta más importante en los estudios de tipo geológico, ya que con estas se corrobora la información obtenida a través de la cartografía existente y el proceso de fotointerpretación, además de permitir una mayor discriminación de los rasgos de interés topográfico y geológico.

Los plegamientos son derivados de la naturaleza tectónica compresiva en esta área.

Las normativas del IGVS y del USGS facilitaron la lectura de los mapas geológicos existentes y la elaboración del nuevo mapa actualizado, debido que establecen una simbología clara, segura y confiable para su análisis, el cual tiene un mismo significado, tanto para el productor de la información como para los usuarios que dispongan del uso de esa cartografía.

## REFERENCIAS

- Arenas, et al. (1993). Levantamiento geológico – cuenca del río Mucujún. Escuela de Ingeniería Geológica. Universidad de los Andes. Mérida. Informe de geología de campo II.
- Arguello, V. Ramírez, A. (2000). Estudio geológico de superficie del área entre San Javier del Valle y La Culata. Margen derecha del río Mucujún. Escuela de Ingeniería Geológica. Universidad de los Andes. Mérida. Trabajo Especial de Grado, 13, 16, 19-24 p.
- Bastidas, E (1995). Estudio geológico y posible solución geotécnica del sector comprendido entre San Benito y la quebrada El Palmar vía el Valle. Escuela de Ingeniería Geológica. Universidad de los Andes. Mérida. Trabajo Especial de Grado.
- Ghosh, S. Odreman, O. (1987). Estudio sedimentológico-paleoambiental del terciario en la zona del Valle de San Javier, Estado Mérida, Bol. Soc. Venez. Geol.
- Lobo, V. Guerrero, O (1986). Comportamiento de las formaciones geológicas para la determinación de áreas de riesgo sísmico en los centros poblados de Tabay, Mérida, Ejido y sus alrededores. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida. Trabajo Especial de Grado. 46-100p.
- Matheus R., Gregorio A., (1995). Estudio paleogeográfico del Paleógeno (Eoceno) en el occidente de Venezuela. Escuela de Ingeniería Geológica. Universidad de los Andes. Mérida. Trabajo Especial de Grado.
- Omar A. Guerrero. Patxi Vizcarret (1998). Caracterización Geomorfológica y Sedimentológica de la Sierra del Norte (Pico Pan de Azúcar.)Mérida. Venezuela. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica. Mérida Venezuela.
- Schubert, C. Valastro, S (1973). Páramo de La Culata, Estado Mérida, glaciación del Pleistoceno tardío. Boletín informativo, asociación venezolana de geología minería y petróleo. Vol. 16.
- Urbina, C. (1982). Influencia de los factores físicos-naturales en la evolución y génesis de los principales suelos de la cuenca del río Mucujún, Estado Mérida. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida. Trabajo Especial de Grado, 18-25p.

### Cartografía Consultada

- I)/II) Hoja 5942 II SE, publicado por el Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Cartografía Nacional a escala 1:25.000, primera edición II) Hoja 5942 II SE, publicado por el Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Cartografía Nacional a escala 1:25.000 (1981).
- III) Mapa Topográfico, publicado por el Ministerio de Industria Básicas y Minería (MIBAM). Instituto Nacional de Geología y Minería. Gerencia de Investigaciones Geológicas y de Recursos Naturales. Coordinación de Cartografía Geológica Regional. Área de Geología. Proyecto Multinacional Andino – Fase Mérida. Mapa Geológico Estructural Sector Tabay, Mérida y Ejido. Estado Mérida. Escala 1:25.000. Elaborado en Julio 2005.
- IV) Mapa Geológico, publicado por el Ministerio de Industria Básicas y Minería (MIBAM). Instituto Nacional de Geología y Minería. Gerencia de Investigaciones Geológicas y de Recursos Naturales. Coordinación de Cartografía Geológica Regional. Área de Geología. Proyecto Multinacional Andino – Fase Mérida. Mapa Geológico Estructural Sector Tabay, Mérida y Ejido. Estado Mérida. Escala 1:25.000. Elaborado en Julio 2005.
- V) Mapa Geológico. Estado Mérida. Escala 1:50.000, publicado por el Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Geología, publicado en 1981.
- VI) Mapa geomorfológico del Sector Tabay – Mucurubá. Seminario de Geomorfología, publicado por el Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Cartografía Nacional. Escala 1:25.000.