

**MODELAMIENTO DE APERTURA DE LA CUENCA TUMACO ONSHORE.**

**MARCELA LONDOÑO BOTERO  
LEIDI MARCELA QUINTERO GIRALDO**



**UNIVERSIDAD DE  
MANIZALES**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
FEBRERO DE 2015  
MANIZALES**

**MODELAMIENTO DE APERTURA DE LA CUENCA TUMACO ONSHORE.**

**MARCELA LONDOÑO BOTERO**

**83201323164**

**LEIDI MARCELA QUINTERO GIRALDO**

**83201323454**

Trabajo de Grado presentado como opción parcial para optar  
Al título de Especialista en Información Geográfica

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ESPECIALIZACIÓN EN SISTEMAS DE  
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA  
FEBRERO DE 2015  
MANIZALES**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al nuestro asesor y respetado docente Luis Carlos Correa por sus útiles aportes, opiniones y paciencia durante el desarrollo de este trabajo.

A todos los docentes de la Universidad de Manizales que compartieron sus conocimientos, dentro y fuera de clase, haciendo posible que nuestra formación profesional se resumiera en satisfacciones académicas.

A las personas más importantes nuestros padres y hermanos, por su apoyo incondicional, por acompañarnos paso a paso y ayudarnos a levantar cuantas veces fue necesario, gracias por contribuir en este logro.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. ÁREA PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.2. FORMULACION.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3. DELIMITACION.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>12</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>4. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
<b>5.1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>5.2. PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>16</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>6.1. ANALISIS EVENTO UNO.....</b>	<b>18</b>
<b>6.2. ANALISIS EVENTO DOS.....</b>	<b>20</b>
<b>6.3. ANALISIS EVENTO TRES.....</b>	<b>22</b>
<b>6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>25</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dem de la cuenca Tumaco onshore evento uno (bloque uno).....	18
Figura 2. Dem de sombras con superposición de la geología.....	19
Figura 3. Análisis de evento uno. ....	19
Figura 4. Dem de la cuenca Tumaco onshore evento dos bloque dos. ....	20
Figura 5. Dem de sombra con superposición de la geología. ....	20
Figura 6. Análisis evento dos.....	21
Figura 7. Dem de sombra con superposición de la geología. ....	22
Figura 8. Bloque tridimensional elaborado en ArcScene; la superficie es el tin, la profundidad no se ha terminado de elaborar. ....	22
Figura 9. Análisis evento tres.....	23
Figura 10 Comparación del evento uno y el evento tres. ....	23

## GLOSARIO

**ARCSCENE:** Es un visualizador 3D adecuado para generar escenas con perspectiva que permiten navegar e interactuar con la entidad 3D y los datos ráster. Basado en OpenGL, ArcScene admite simbología de línea 3D compleja y representación cartográfica de texturas, así como también la creación de superficies y la visualización de las TIN (ArcGIS Resources, s.f.).

**CUENCA ONSHORE:** Zona deprimida de la corteza terrestre ubicada en el continente.

**CUENCA SEDIMENTARIA:** Zona deprimida de la corteza terrestre de origen tectónico donde se acumulan sedimentos.

**DEM:** Modelo Digital del Terreno (MDT) es una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua.

**ESTRUCTURAL:** Análisis que considera una estructura o un conjunto de estructuras susceptibles a la deformación.

**FALLAS GEOLOGICAS:** Es una fractura en el terreno a lo largo de la cual hubo movimiento de uno de los lados respecto del otro.

**GEOFISICA:** Estudia los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra.

**GEOLOGIA:** Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

**GLOBAL MAPPER:** Es un sistema de información geográfica (SIG); maneja tanto datos vectoriales, ráster y de elevación.

**HIDROCARBURO:** Los hidrocarburos son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

**LITOLOGIA:** La litología es la parte de la geología que estudia a las rocas, especialmente de su tamaño de grano, del tamaño de las partículas y de sus características físicas y químicas.

**MULTITEMPORAL:** Es una evaluación de los cambios que sufrió algún elemento a través del tiempo.

**OPENGL:** Es una librería grafica escrita principalmente en C, que permite la manipulación de gráficos 3D a todos los niveles (Garcia & Guevara, 2004).

**RASTER:** Es una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura, vegetación, agua.

**TIN:** Las TIN son una forma de datos geográficos digitales basados en vectores y se construyen mediante la triangulación de un conjunto de vértices (puntos) (ArcGIS Resources, s.f.).

**TRIDMIENSIONAL:** Representación es tres dimensiones largas, anchas y profundidad (ALEGSA, s.f.).

## RESUMEN

El presente trabajo describe el análisis de la cuenca Tumaco a partir del modelo de elevación de la NASA. Éste se enfocó hacia el objetivo de tener una mejor visualización del cambio de la cuenca a través del tiempo. El modelo permitió realizar un análisis multitemporal de apertura de la cuenca Tumaco onshore, a partir del uso de los sistemas de información geográfica (SIG) generando bloques en tres dimensiones.

Inicialmente se realizó el análisis de un primer evento donde se generó una zona deprimida de la corteza y se llenó de sedimento, y el mar entró hasta la base de la cordillera central. Posteriormente, se obtuvo un segundo evento donde la cordillera occidental inició su levantamiento mientras que la cuenca Tumaco onshore continuó su apertura y en el último evento se cerró la cuenca; la cordillera occidental terminó de levantarse y el mar sufrió un retroceso.

Lo anterior se realizó a partir de la interpretación de los modelos tridimensionales, los cuales fueron generados en la herramienta geográfica Global Mapper, a partir de allí se les asignó el valor z (tercera dimensión) mediante la aplicación ArcScene, el cual permitió además generar la simbología pertinente para su posterior comprensión con el fin de visualizarlo en línea a través del portal geográfico ArcGis Online, el cual cuenta con visores de comparaciones los cuales fueron útiles para ver el cambio multitemporal, puesto que permite confrontar modelos en paralelo.

De acuerdo con lo previamente expuesto, se demostró que el modelamiento de la zona en tres dimensiones permitió un enfoque específico, tal como la visualización del espacio de acomodación del hidrocarburo y conocer el lugar idóneo para ser perforado. Lo anterior con el fin de que las empresas petroleras inviertan en una zona basadas en planos reales y un mejor conocimiento de la zona.

**PALABRAS CLAVES:** Geología, Multitemporal, 3D, SIG.

## ABSTRACT

This paper describes the analysis of Tumaco basin starting from the elevation model of NASA. This was focused on the goal of having a better visualization of the change of the basin over time. The model allowed a multitemporal analysis of opening of the Tumaco basin onshore, from the use of geographic information systems (GIS) generating three-dimensional blocks.

Initially the analysis of a first event is performed where a depressed area of the cortex are generated and filled with sediment, and the sea came to the base of the central ridge. Subsequently, we got a second event where the western mountains started their uprising while the Tumaco basin onshore continued opening and the last event the basin was closed; the western mountains rising term and sea suffered a setback.

This was based on the interpretation of three-dimensional models, which were generated in Global Mapper geographic tool, since there were assigned the z (third dimension) value by ArcScene application, which allowed also generate the relevant symbology for subsequent compression with the porpoise of view it online through geographic portal ArcGIS Online, which offers comparisons viewers which were useful to see the multitemporal change, since it allows confronting models in parallel.

According to the previously discussed, it was shown that the modeling of the area in three dimensions allowed a specific focus, such as viewing the accommodation space of hydrocarbon and knowing the right place to be drilled. This was done in order to oil companies invest in a zone based on real planes and a better knowledge of the zone.

**KEY WORDS:** Geology, Multitemporal, 3D, GIS

## INTRODUCCIÓN

El estudio geológico provee datos (geofísicos, estructurales y litológicos) que al cruzarlos dan información importante sobre las cuencas sedimentarias, para este caso la cuenca Tumaco onshore. Usualmente la exploración de hidrocarburos no confía totalmente solamente en el cruce de la información bibliográfica; para entender mejor su geometría y la ubicación del hidrocarburo se debe usar un método que permita una visualización en tres dimensiones que facilita la interpretación de la información existente del sitio.

Los bloques diagrama son útiles herramientas didácticas que ayudan a la combinación entre formas de relieve y distribución de la geología, lo que permite visualizar a mayor detalle las fases evolutivas para llegar a un análisis multitemporal.

De esta manera el modelamiento en tres dimensiones permite una mejor visualización multitemporal y los sistemas de información geográfica (SIG) son herramienta que permiten esta visualización; se presentan como valiosos instrumentos para mejorar el conocimiento de la zona de piloto y tomar mejores decisiones.

## **1. ÁREA PROBLEMÁTICA**

### **1.1. DEFINICION DEL PROBLEMA.**

Actualmente la cuenca Tumaco *onshore* presenta una geometría alargada que no es apropiada definirla en 2D, además en el momento de monitorearla no permite evaluar a profundidad el espacio de formación del hidrocarburo el cual está relacionado a la génesis y composición de la geología, causando que sea imposible definir la mejor forma de extraer el hidrocarburo.

### **1.2. FORMULACION.**

La cuenca Tumaco Onshore no es idónea para ser analizada e interpretar su resultado mediante modelo en dos dimensiones debido a su complejidad y amplio cambio multitemporal.

### **1.3. DELIMITACION**

La cuenca Tumaco onshore está ubicada al occidente del departamento de Nariño cerca a la población de Tumaco, de ahí su nombre.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Modelar en tres dimensiones de la apertura de la cuenca Tumaco onshore a través de un SIG proporcionando una mejor visión de la formación de esta la secuencia de relleno y prospectividad.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la geometría de la cuenca y el lugar de depósito del hidrocarburo.
- Reconstruir las condiciones de formación de la cuenca a partir de modelos tridimensionales.
- Elaborar una descripción de la formación de la cuenca Tumaco onshore a partir del estado actual de ella, analizado por medio de los modelos tridimensionales.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El petróleo juega un papel importante dentro de la economía del país; es una de las fuentes de dinero más importantes en los recursos fiscales. Los hidrocarburos representan el porcentaje más alto en exportaciones totales del país. Por tal razón se hace indispensable el estudio de cuencas prospecto para el desarrollo económico del país

La elección del tema fue a partir de la necesidad de establecer el estado actual de la cuenca Tumaco, como zona piloto, y de alguna manera conocer el comportamiento de esta. Por tal motivo se recopiló información de: López (2009), Marcaillou y Collot (2008), Borrero et al., (2012) entre otros, en donde se basaron en el análisis de la geología con técnicas de interpretación sísmica y estratigrafía, para definir modelos evolutivos para la cuenca Tumaco. Los trabajos recientes de la ANH con la Universidad de Caldas (2011), GRP (en ejecución), Consorcio Pacífico (en ejecución) han aportado datos novedosos sobre del sistema petrolero, que ha permitido ver que la cuenca tiene una excelente prospectividad en cuanto a generación de hidrocarburo.

A partir de lo anterior se hace necesario compilar toda la información geológica (geofísica, estructural y litológica) para llegar al objetivo del trabajo, el cual permita una mejor interpretación de los datos, aumentado la precisión en la exploración del hidrocarburo.

Actualmente los bloques-diagrama son una útil herramienta, y un eficaz instrumento didáctico, que concentra expresión gráfica de relieves con intención geológica y geográfica, mediante un análisis tridimensional. Aunque sigue la vieja expresividad de elaborar los bloques tridimensionales con paciente labor manual, emergen nuevas técnicas para combinar con sistemas de información geográfica SIG; surgen también nuevas necesidades científicas requieren su uso pues esta técnica permite compilar la información y aumentan la precisión de la interpretación.

#### 4. MARCO TEÓRICO

Debido a la necesidad de establecer el estado de la cuenca López (2009), Marcaillou y Collot (2008), Borrero et al., (2012) entre otros, se basaron en análisis de procedencia, interpretación sísmica y estratigrafía, para definir modelos evolutivos para la cuenca Tumaco y si esta tiene buena productividad en hidrocarburos. En trabajos más recientes de la ANH con la Universidad de Caldas (2011), GRP (en ejecución), Consorcio Pacífico (en ejecución) han aportado datos novedosos sobre del sistema petrolero, que han permitido ver la prospectividad de la cuenca.

Actualmente la cuenca Tumaco es de gran importancia por las condiciones geológicas en la que se formó; por ello la necesidad de tener una vista en tres dimensiones que permita visualizar la ubicación del hidrocarburo Al recopilar información geológica y teniendo en cuenta tres a aspectos según Yilmaz (2002)

- 1- Formaciones litológicas (tipo de roca).
- 2- Geología estructural (fallas).
- 3- Perforaciones (toma de muestras en profundidad)

Todo esto para la generación de bloques en tres dimensiones lo que permite ver el largo el ancho y la profundidad siendo esta ultima la más importante porque permite ver la forma geométrica de la cuenca y donde está ubicado el petróleo.

A mediados del siglo XIX la realización de bloques-diagrama se empezó a elaborar con paciente labor manual sobre papel milimetrado, aspectos geológicos, y se empezaron a utilizar curvas de nivel y coordenadas cartográficas cuando los primeros programas informáticos lo permitieron (en los años ochenta). Actualmente estas técnicas han evolucionado con el uso de imágenes aéreas y satelitales, por tanto útiles al combinarlas con sistemas de información geográfica (SIG), para ello se hace necesario compilar información y reconstruir las figuras con precisión y con capacidad interpretativa.

El bloque-diagrama se revela así como un instrumento idóneo para la expresión gráfica del paisaje por su posibilidad de combinación entre formas de relieve y distribución de la geología. Su utilización permite detallar fases evolutivas y así llegar a estados comparativos.

Sin embargo, nuestra propia práctica en este terreno nos ha enseñado que el uso de las técnicas informáticas también encierra ciertos riesgos: ante todo, existe el peligro de ofrecer una imagen poco selectiva, sobre todo si el documento digital que se superpone al modelo de terreno no tiene la suficiente calidad y contraste.

Siguen, pues, combinado técnicas antiguas y modernas, mejorándose mutuamente. Incluso, las técnicas actuales tienen recursos para imitar los estilos tradicionales.

La importancia de la elaboración de bloques en tres dimensiones en la actualidad es una parte fundamental en la exploración petrolera, puesto que en el momento de tomar una decisión de perforar a veces depende de lo acertados que sean los modelos que se diseñan a partir de análisis geológicos (geofísicos, estructurales y litológicos).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. INTRODUCCIÓN

En esta investigación se buscó y recopiló información geológica (geofísica, estructural y litológica) de la cuenca Tumaco onshore; y se combinó con técnicas de desarrollo de bloques en tres dimensiones todo esto con ayuda de herramientas de información geográfica (SIG); con el fin de detallar las fases evolutivas para llegar al estado de comparación (análisis multitemporal) que diera como resultado la geometría de la cuenca y la posible ubicación del hidrocarburo.

### 5.2. PROCEDIMIENTO

#### 5.2.1. Fase 1 Generación del modelo de elevación

Fase en la que se buscó obtener una representación visual y matemática de la altura con respecto al nivel del mar obteniendo como resultado la topografía.

- **Actividad 1.** Limitar la zona de estudio en el programa Global mapper
- **Actividad 2.** Cortar la zona de estudio en el programa Global mapper,
- **Actividad 3.** Se genera el modelo de sombras en ArcGis
- **Actividad 4** Se genera la geología a partir del modelo de sombras en ArcGis.
- **Actividad 5** Se genera el tin con una tolerancia de 20. En ArcGis
- **Actividad 6** Se generó un segundo modelo simulando la apertura de la cuenca a partir de un función matemática en ArcGis

#### 5.2.2. Fase 2. Elaboración de los modelos tridimensionales en ArcScene.

Fase en la cual se elaboraron los bloques en 3D mediante el software ArcScene.

- **Actividad 1.** Importación de los bloques a ArcScene.
- **Actividad 2.** Configuración de la simbología de las capas.
- **Actividad 3.** Asignación del parámetro z a cada una de las capas.
- **Actividad 4.** Selección del área de interés.
- **Actividad 5.** Compresión de los modelos al formato .3ws

### **5.2.3. Fase 3. Configuración de los modelos en el portal geográfico**

Fase en donde se realizó la configuración de los modelos con el objetivo de ser alojados en el portal geográfico ArcGIS Online

- **Actividad 1.** Importación de los modelos comprimidos al visor.
- **Actividad 2.** Configuración de la vista en el portal geográfico.
- **Actividad 3.** Apertura de la vista en ArcGIS Online.

## 6. RESULTADOS

Se obtuvieron elementos sólidos tridimensionales elaborados en ArcScene que permitieron agregar realismo a la visualización de los datos del sistema de información geográfica (SIG) a partir de datos vectoriales en superficie que son extraídos.

Se cambiaron las propiedades de la escena 3D para establecer lo siguiente:

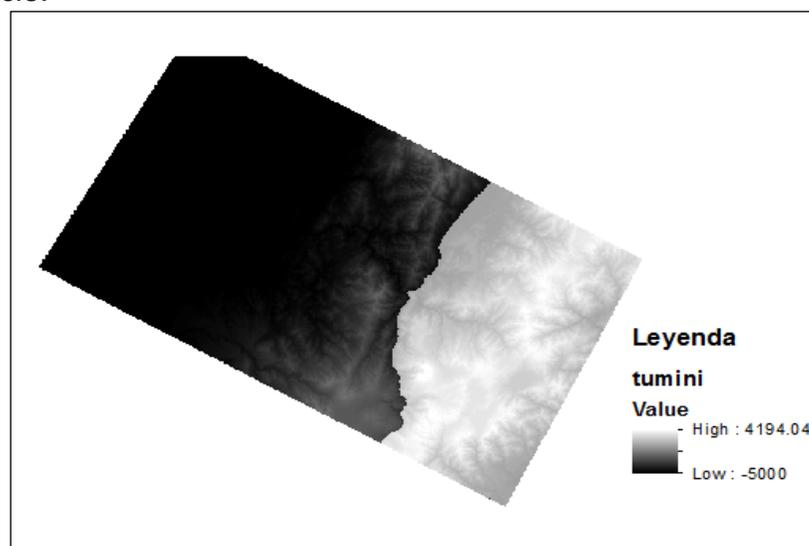
- El sistema de coordenadas y la extensión para la escena
- La iluminación de la escena
- La exageración vertical del terreno.

### 6.1. ANALISIS EVENTO UNO

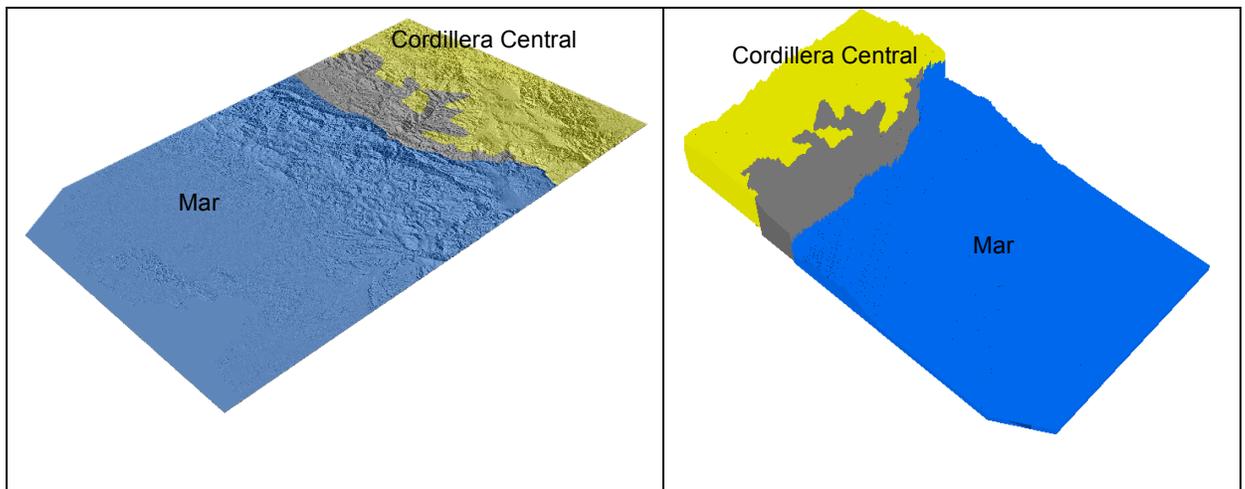
- **ArcGis**

Se obtiene como resultado el inicio de la apertura de la cuenca Tumaco onshore de acuerdo a la descripción que se hace en la literatura investigada, en este primer evento se aprecia que el mar entra hasta la cordillera central (Figura 1). Al realizar la superposición de la geología sobre el Dem de sombra esto permite una mejor visualización del evento (Figura 2).

Después de aplicar una función matemática al Dem se obtiene la siguiente superficie:



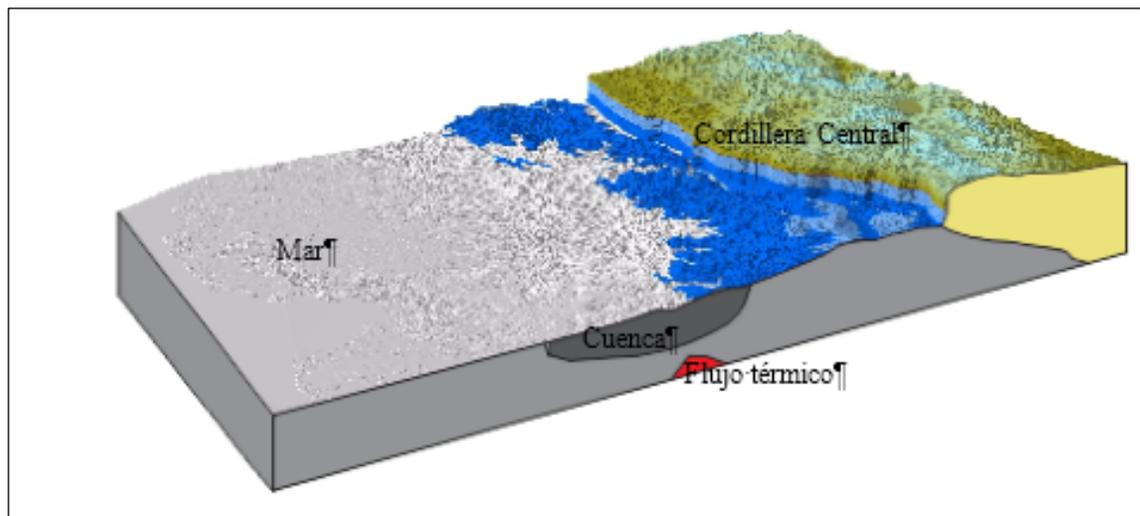
**Figura 1. Dem de la cuenca Tumaco onshore evento uno (bloque uno).**



**Figura 2. Dem de sombras con superposición de la geología.**

- **ArcScene**

Al tomar estudios anteriores de geología (geofísica, estructural y litológica) se buscó la elaboración de un modelo que permitiera entender lo que estaba ocurriendo en profundidad. Partiendo de lo anterior se obtuvo como resultado un bloque tridimensional donde se evidencia un primer evento que es la formación de una pequeña concavidad que se llena de sedimentos; el mar entra hasta la cordillera central causado por la ausencia de la cordillera occidental (Figura 3)



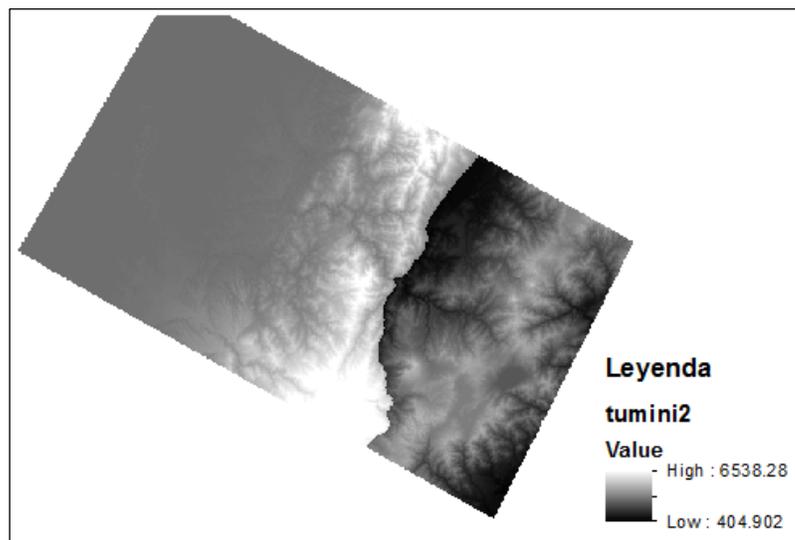
**Figura 3. Análisis de evento uno.**

## 6.2. ANALISIS EVENTO DOS

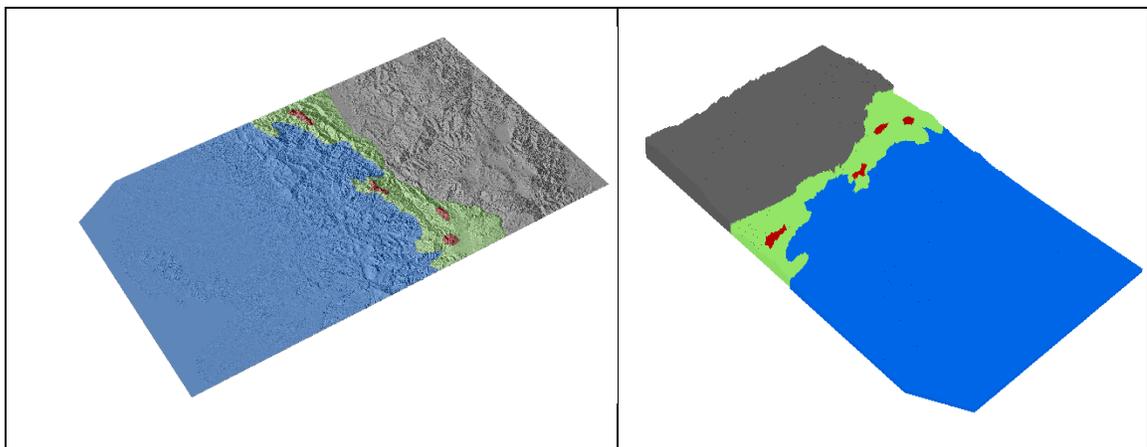
- **ArcGIS**

De acuerdo a la descripción que se hace en la literatura, en este segundo evento, inicia el levantamiento de la cordillera occidental (Figura 4). Se superpone la geología sobre el Dem de sombras esto permite una mejor visualización del evento (Figura 5).

Después de aplicar una función matemática al Dem se obtiene la siguiente superficie:

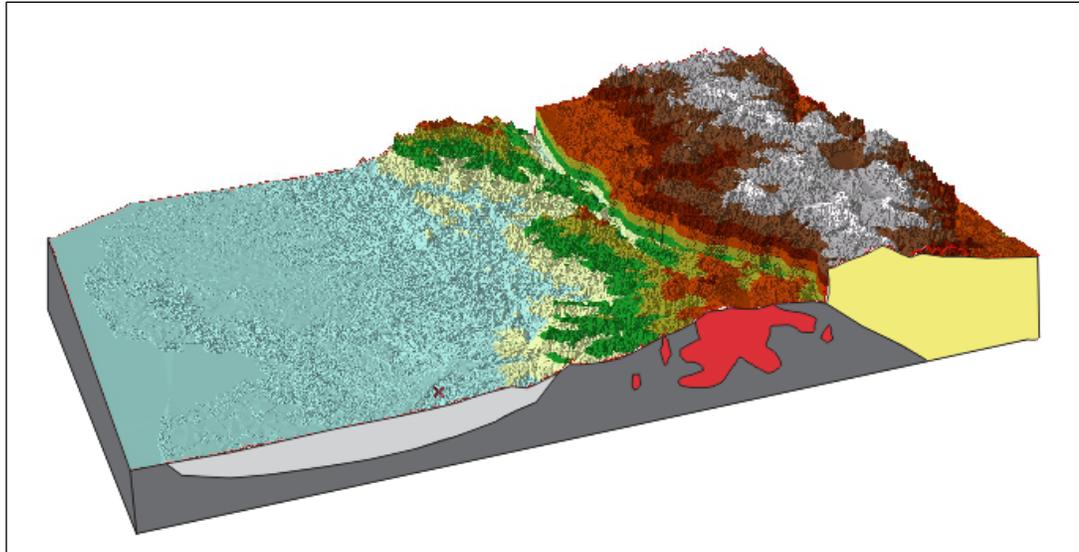


**Figura 4. Dem de la cuenca Tumaco onshore evento dos bloque dos.**



**Figura 5. Dem de sombra con superposición de la geología.**

Al tomar estudios anteriores de geología (geofísica, estructural y litológica) se buscó la elaboración de un modelo que permitiera entender lo que estaba ocurriendo en profundidad. Partiendo de lo anterior se obtuvo como resultado un bloque tridimensional donde se evidencia que la cordillera occidental presenta levantamiento gracias a un flujo térmico que termino en un volcán en erupción; lo que ayudo a que la cuenca Tumaco onshore presentara una asimetría en su geometría y continuara su apertura (Figura 6).

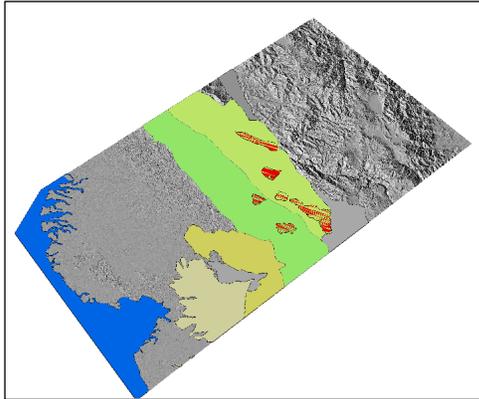


**Figura 6. Análisis evento dos.**

### 6.3. ANALISIS EVENTO TRES

- **ArcScene**

Se superpone la geología sobre el Dem de sombras (Figura 7)-

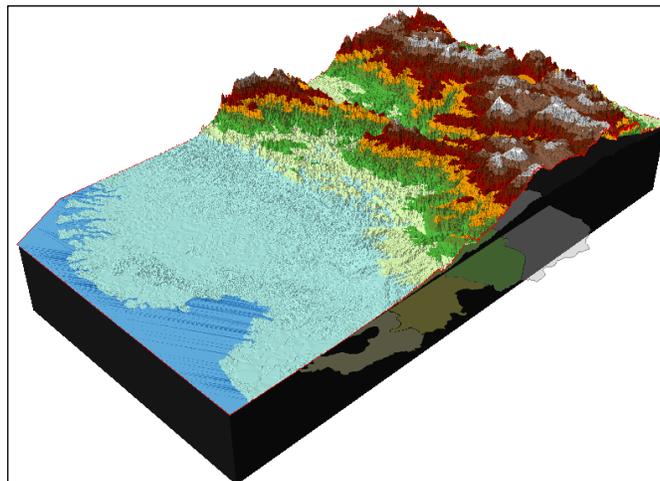


**Figura 7. Dem de sombra con superposición de la geología.**

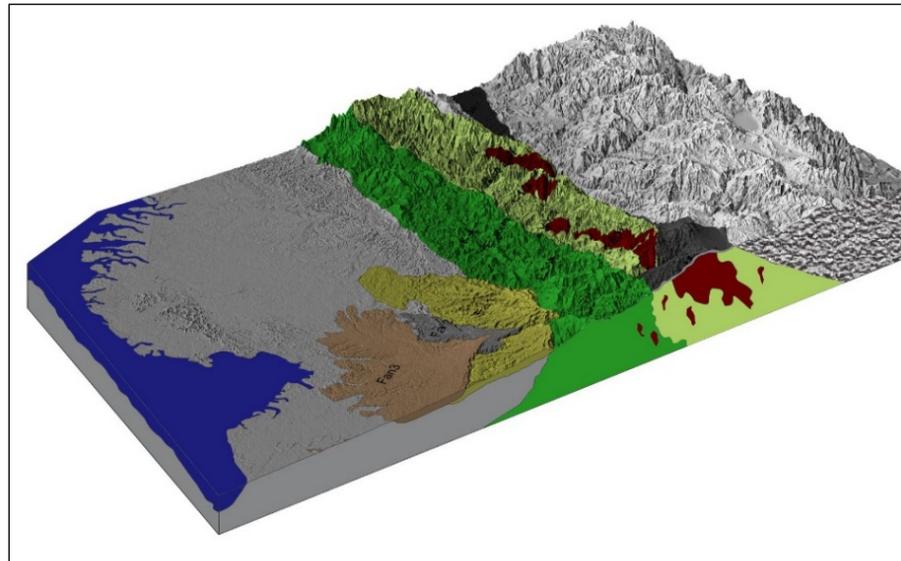
En el último evento la cordillera occidental está totalmente levantada no hay vulcanismo, el mar se encuentra en su posición actual y la cuenca Tumaco onshore se termina de rellenar con los sedimentos que bajan desde la cordillera occidental.

**Por esta bajo el mar tanto tiempo la cueca Tumaco Onshore se rellena de sedimentos y algas marinas y al estar tan cerca de un flujo térmico; siendo este un ambiente ideal para la formación de hidrocarburo; por lo tanto esta cuenca es un buen prospecto.(**

Figura 8)y(Figura 9)



**Figura 8. Bloque tridimensional elaborado en ArcScene; la superficie es el tin, la profundidad no se ha terminado de elaborar.**



**Figura 9. Análisis evento tres.**

#### **6.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El portal geográfico ArcGIS Online (Figura 10) permite la visualización de los modelos desde cualquier lugar y dispositivo, ya que es generado en la nube y es compartido mediante enlaces.



## 7. CONCLUSIONES

- ArcScene permitió desplegar las imágenes y datos vectoriales en superficies y extruirlos creando elementos solidos agregando realismo a la visualización.
- Las condiciones de la depositación de la cuenca, fueron reconstruidos a partir de un modelo en tres dimensiones (3D) modeladas en un sistemas de información geográfica (SIG).
- El modelo generado permitió concluir que el levantamiento de la cordillera occidental ocasiono una regresión en el mar.
- Las escenas en tercera dimensión proporcionaron una vista de la compresión de la cordillera central y posteriormente su extensión.
- La vista en 3D ofreció una perspectiva de la cordillera occidental, la cual mostro que se instaló una anomalía térmica reflejada en el granito de piedra ancha y en los depósitos de ceniza volcánica.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- ALEGSA. (s.f.). Obtenido de Diccionario de informatica y tecnologia:  
<http://www.alegsa.com.ar/Dic/3d.php>
- ANH - UNIVERSIDAD-CALDAS. (2011). Estudio geológico integrado en la Cuenca Tumaco Onshore. Síntesis cartográfica, sísmica y análisis bioestratigráfico, petrográfico, geocronológico, termocronológico y geoquímico de testigos de perforación. Manizales.
- ArcGIS Resources. (s.f.). Obtenido de  
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//00q8000000p000000>
- ArcGIS Resources. (s.f.). Obtenido de  
<http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#//00q80000012800000>
- BARBOSA, A. (2012). Historias térmicas de la cuenca Tumaco y sector sur de la Cordillera Occidental: implicaciones para la generación de hidrocarburos y evolución tectónica del noroccidente de Sur América. Manizales: Universidad de Caldas.
- FRANCO, G., & HENAO, C. C. (2011). Hypothetical model of a coal deposit using software. Medellín: Boletín de ciencias de la tierra.
- Garcia, O., & Guevara, A. (Enero de 2004). La Salle. Obtenido de Universitat Ramon Llull:  
<http://users.salleurl.edu/~oscarg/resources/openGLTutorialSpanish.pdf>
- LÓPEZ, E. (2009). Evolution tectono-stratigraphique du double bassin avant - arc de la marge convergente Sud Colombienne – Nord Equatorienne pendant le Cénozoïque. GeoAzur,, 349 pag.
- MARTÍNEZ, E., & CASTAÑÓN, J. (2004). Evolución del empleo de los bloques-diagrama en la representación gráfica del relieve. Madrid: Universidad de Oviedo.
- OSORIO, J. A., & QUINTERO, L. M. (2014). Mecanismo de apertura y secuencia del relleno de la cuenca Tumaco onshore. Buenos Aires, Argentina. 15.