

# ANÁLISIS NEOTECTÓNICO DE LA FALLA RIO SECO PARA DETERMINAR SU ACTIVIDAD SÍSMICA RECIENTE EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR.

## Neotectonic analysis of the Rio Seco fault to determine its recent seismic activity in the city of Valledupar.

Kandy Manuela Teheran Ochoa<sup>1</sup> Luis Carlos Tapia Vela<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Geológica, Fundación Universitaria del Área Andina, Grupo inv. GIMA, kateheran@areandina.edu.co,<sup>1</sup>

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Geológica, Grupo inv GIMA, Fundación Universitaria Del Área Andina, ltapia2@areandina.edu.co,<sup>2</sup>

### Resumen

Una de los eventos que amenaza la población de la ciudad de Valledupar es la posible actividad reciente de la Falla Rio Seco (Colmenares et al, 2007), la cual está ubicada al norte de la ciudad. Para determinar si la actividad sísmica reciente está relacionada con la Falla Rio Seco, se realizó una identificación, clasificación y análisis de rasgos morfotectónicos del trazo la Falla Rio Seco en depósitos recientes. Haciendo uso de fotografías aéreas e imágenes satelitales se realizó un análisis de las diferentes expresiones morfotectónicas en los depósitos recientes, lo que permitió plantear el trazo de la falla sobre el cuaternario, y en la fase de campo se determinó algunas características cinemáticas de la Falla Rio Seco, comprobando los cambios morfológicos producidos por la falla, tales como ríos deflectados, laguna de inundación, manantiales y discontinuidades como diaclasas. Cambios que indicaron que la Falla Rio Seco tiene actividad reciente y está afectando los depósitos cuaternarios. Se pudo establecer que la falla continúa con su orientación NEE hasta la cuenca Cesar-Ranchería. Una vez realizado el estudio, se determina que tiene actividad reciente y constituye una amenaza significativa para la ciudad.

**Palabras Clave:** Amenaza Sísmica, Falla Rio Seco, Neotectónica.

### Abstract

One of the events that threatens the Valledupar population is the possible recent activity of Rio Seco Fault (Colmenares et al, 2007), which is located north of the city. To determine if the recent seismic activity is related to Rio Seco Fault, was realized an identification, classification and analysis of morphotectonic features of trace Rio Seco Fault in recent deposits. Making use of aerial photographs and satellite images, analysis of the different morphotectonic expressions in recent deposit was made, which allowed to raise the trace of the fault on the Quaternary, and in the field phase, some kinematic characteristics of the Rio Fault was determined, checking the morphological changes caused by the fault, such as deflected rivers, flood lagoon, springs and discontinuities. Changes indicated that the Rio Seco Fault has recent activity and affecting the Quaternary deposits. It was established that the continuing fault with NEE orientation to Cesar-Rancheria basin. After the study, it is determined to have recent activity and constitutes a significant threat to the city.

**Key words:** Seismic Threat, Rio Seco Fault, Neotectonic.

### 1. INTRODUCCIÓN

La Neotectónica se basa principalmente en el estudio de fallas con actividad sísmica reciente, abarcando un tiempo desde el mioceno hasta la actualidad, cuyo fin es determinar la relación que existe entre los movimientos que han tenido las fallas y la actividad sísmica reciente del área. Su descripción y caracterización han servido para evaluar la peligrosidad sísmica de una región (SGC

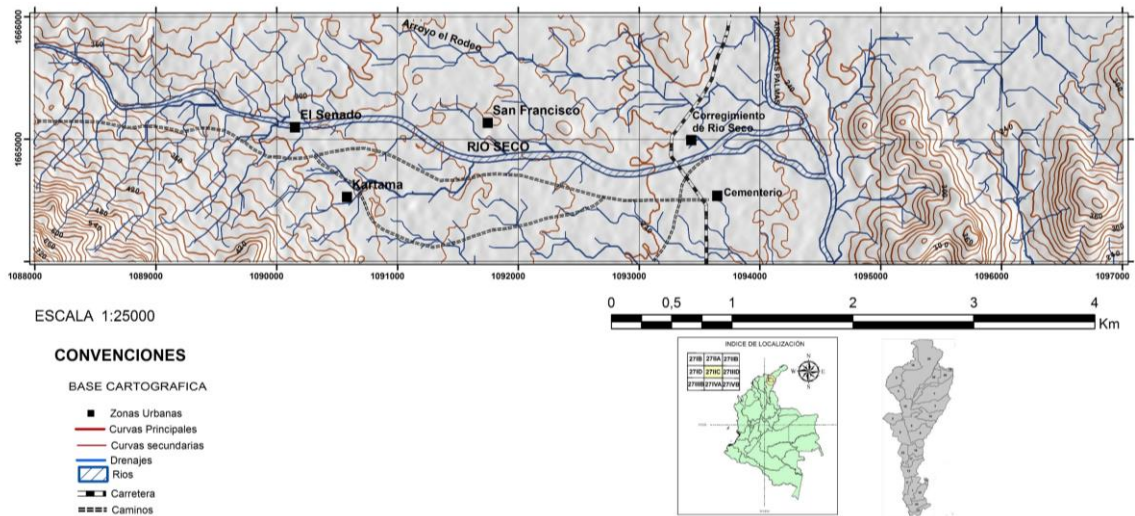
et al, 2009). La neotectonica suele tener expresión en la topografía moderna y el relieve actual, lo que permite conocer con cierta facilidad dichas estructuras recientes. Los terremotos a lo largo de la historia han producido daños inmensos, sobre todo en los bienes y construcciones humanas, tienden a ser inesperados y a su vez impredecible. Es por esto que se ha incrementado

el interés en las últimas décadas al estudio de las causas y fenomenología de estos eventos.

El objetivo principal de este trabajo es realizar un análisis neotectónico de la Falla Rio Seco para la modificación del mapa de amenaza del municipio de Valledupar. La Falla Rio Seco, ubicada al noroccidente del municipio de Valledupar, departamento del Cesar, con dirección EW a N70E, se extiende por 70 km, siguiendo en parte los ríos Rio Seco, Los Mangos y San Sebastián (Colmenares et al, 2007). Resulta necesario el estudio de la Falla Rio Seco, con el fin de analizar el potencial de esta, como generadora de sismos y así mismo tener un registro bibliográfico que contribuya en la modificación del mapa de amenazas de Valledupar.

## 2. LOCALIZACIÓN

La falla Rio Seco está ubicada en el extremo noroccidental del municipio Valledupar en el departamento del Cesar, en el sector suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta. El área del proyecto corresponde a 14 kilómetros cuadrados, con coordenadas al noroccidente 1088000 y 1666000 y al suroriente 1097000 y 1664000. Ver Figura 1.



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio  
Fuente: Autores.

## 3. METODOLOGÍA

En la actualidad se han realizado diversos estudios sobre tectónica activa de fallas en todo el planeta. Uno de ellos fue el estudio de la tectónica activa y paleosismicidad de la Falla Conclud ubicada en el margen oriental de la fosa del Jiloca, en la Cordillera Ibérica central (Gómez, et al. 2011). En este, se realizaron estudios estructurales, paleosismológicos y morfotectónicos, y otro registro en el cual se realiza un estudio similar denominado Estudio de microzonificación sísmica en Santiago de Cali Colombia (SGC, 2005). Estos dos estudios cuentan con un procedimiento o metodología que busca un objetivo en común enfocado en determinar la actividad sísmica en sus respectivas zonas. En base a esta información obtenida se ha creado la metodología para este trabajo. Sin embargo, es de resaltar que no se utilizan estas

metodologías en toda su extensión, más bien se ha extraído parte de ambas y se ha adecuado a las condiciones reales que presente la Falla Rio Seco.

Inicialmente se colecta información disponible en lo que refiera a cartografía geológica (plancha 26 y 27 del estado de la Cartografía Geológica de Colombia del SGC), geomorfología, e imágenes de satélite (Landsat 8). La información tomada de estas fuentes es comprobada en campo. Se hace necesario el estudio de fotografías aéreas, la cual permite conocer información, tal como, vías de acceso, drenajes, litologías, geomorfología y estructuras. El estudio fotogeológico tiene como fin último la creación de un mapa fotogeológico en el que se evidencien las características relacionadas anteriormente. Posteriormente se hace necesario un estudio en campo de las geofomas presentes en la zona,

debido a que estas sirven como indicador de los movimientos que ha tenido el subsuelo a lo largo del tiempo geológico, en este caso, un tiempo geológico reciente.

Muchas de las fallas activas poseen registro sismológico de focos asociados a esta, como es el caso de la Falla Rio Seco la cual presenta una actividad moderada (SGC, 2015). Tal razón hace necesario la realización de un estudio Neotectónico con el cual podemos conocer movimientos relativamente recientes.

Dentro de los criterios estructurales, se estudia la geometría de la falla determinando así, la longitud, orientación, buzamiento. La toma de estos datos estructurales se realiza por tramo debido a que estos pueden cambiar a lo largo de toda la falla, influyendo en esto también que la falla presente una forma diferente a línea recta, pudiendo tener curvatura, lo cual también se requerirá estudiarlo.

Todo lo anterior se realiza para tener como producto la caracterización de la geometría cinemática y dinámica de la falla. Y poder establecer y determinar las zonas de amenaza respecto a la falla.

Se realiza un mapa neotectónico en el cual se evidencien las diferentes geoformas que son producidas por el movimiento de La Falla Rio Seco y sobre todo la afectación que ha tenido sobre los depósitos cuaternarios como lo son las terrazas aluviales y los abanicos y gravas, comprobando así su actividad reciente.

#### 4. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

En el Cesar, departamento de Colombia localizado en la parte nororiental del país, se presentan los tres tipos de rocas existentes; las ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se ha logrado distinguir tres regiones con características geológicas diferentes, otorgándole gran diversidad geológica al departamento. En área sur del departamento se encuentra **La región norte de la Cordillera Oriental**, comprendida por rocas de composición metamórficas, sedimentarias e ígneas, siendo estas últimas las de predominancia a nivel de cobertura, con la presencia de cuerpos tanto intrusivos como volcánicos, seguidas por las metamórficas y por último se ubican las rocas sedimentarias que conforman principalmente la parte plana del departamento (Caballero, 2010). Ubicada al norte del departamento del Cesar se localiza **La región de la Sierra Nevada de Santa Marta**, comprendida exactamente por la parte sur de este particular relieve montañoso de base más o menos triangular. En esta región afloran rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, las más abundantes son las primeras con la presencia de Pórfidos keratofidicos

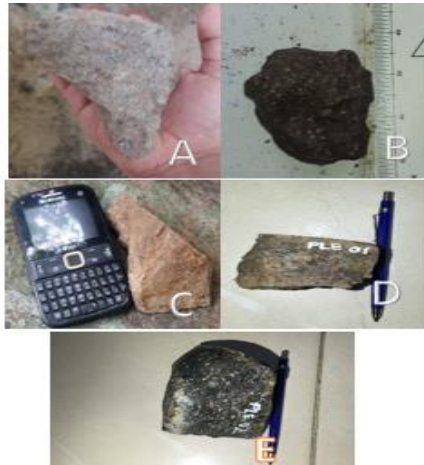
Verdes, Espilitas y otras rocas volcánicas o hipoabisales, Granitoides de la Sierra Nevada de Santa Marta, Batolito de Atanquez,, Volcánico Ignimbrítico, Plutón de Nueva Lucha, Volcánico Riolfítico, Pórfidos cretácicos, Lacolito de Atanquez. Entre las rocas metamórficas afloran la Granulita de los Mangos y el Neis de Los Muchachitos (Tschanz, et al. 1969). Y en cuanto a las rocas sedimentarias se encuentran la Secuencia de la Cuchilla Carbona, Formaciones Corual y Los Indios, Formación Guatapurí, Grupo Cogollo, Formación Zambrano (Colmenares et al, 2007).

#### 5. MARCO GEOLOGICO LOCAL

Dentro del marco local se definen tres unidades litológicas. La primera es la unidad Ignimbrita de los clavos, compuesta por cantos de diferentes tamaños desde guijos guijarros y gravas con composición félsica a intermedia, predominando las Ignimbritas (Tschanz, et al. 1969). En la Figura 2A se observa una Arenisca Tobacea cristalina, intermedia con un índice de color de 35%, textura porfidoclástica, pórfidos de fragmentos líticos (autolitos), tiene vacuolas producto de la desgasificación al momento de su enfriamiento rápido, minerales como cuarzo, feldespato y plagioclasas. Se encuentra también tobas andesitas como se observa en la Figura 2B con tonalidad gris violáceo, intermedia, textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasas, y presenta grietas de desgasificación. Encontrándose también rocas de composición félsica, como traquitas. En la Figura 2C se observa una traquita, color rosado pálido, con un índice de color bajo alrededor de 3 %, encontrándose levemente meteorizada, textura afanítica, presenta grietas de desgasificación, los minerales encontrados son feldespatos en su mayoría, plagioclasas, y en menor cantidad cuarzo.

Una segunda unidad denominada Riolita de Golero, correspondiente a rocas ígneas de tipo volcánico de composición ácida (Tschanz, et al. 1969). Presentando alta meteorización producto de los flujos de agua proveniente de los abanicos aluviales y de otros agentes erosivos como el viento. Al este de la zona se encuentran cantos de composición Riolfítica (Figura 2D), color gris claro y textura porfirítica con fenocristales de feldespato en forma subhedral, contiene cristales de plagioclasa y gran cantidad de cuarzo. Por Ultimo, Dacita (Figura 2E), color gris oscuro, textura afanítica, presentan anfíboles representados en biotitas y horblendas con alteración hidrotermal de clorita. Estos cantos rodados han sido producto de la dinámica fluvial, transportados a través del curso del río. Paralelos a este se define la tercera unidad compuesta por Terrazas Aluviales con una edad

geológica reciente (Ortega, 2014); estas geoformas se encuentran en ambos costados del cauce del río Seco en su parte baja. Se trata de una zona con sedimentos suaves, ligeramente inclinada. Estos depósitos no consolidados y con alta permeabilidad están constituidos por bloques, cantos, guijos y gravas redondeadas de composición ígneas principalmente. Estos fueron encontrados en los cursos del arroyo las palmas.



**Figura 2.** Muestras de mano. (A) Arenisca Tobacea Cristalina, (B) Toba Andesita (C) Traquita (D) Riolita (E) Dacita.

Fuente: Autores.

## 6. MARCO TECTONICO REGIONAL

En el departamento del Cesar enmarca un sector del sistema montañoso de la Sierra Nevada de Santa Marta y parte de la Serranía del Perijá. Estas comprenden la parte norte del departamento e inciden en la tectónica de la región debido a su amplia formación tectónica (Chicangana, et al. 2011).

Se ha considerado a La Sierra Nevada de Santa Marta como una entidad geológica independiente. La cual, sufrió una rotación en sentido horario durante el periodo cenozoico, esto anterior produjo una fragmentación del basamento que se encontraba adyacente al occidente. Este movimiento de rotación se presentó en toda la parte noroccidental de Sudamérica por lo que se puede concluir que también La Serranía del Perijá fue producto de este movimiento y debido a esto, estas conforman una sola entidad geotectónica con una evolución común y única (Forero, 1972). Las fallas principales que limitan esta provincia geotectónica son la Falla de Occa limitando la parte norte con tendencia dextral, la Falla Santa Marta- Bucaramanga al oeste y suroeste con tendencia sinistral. Sin embargo estas dos fallas aparte del movimiento horizontal están tienen tendencia

vertical inversa, y por último la Falla Perijá- el tigre al sureste (Montes, et al. 2010).

Las fallas localizadas en este sector son continuas, y hacen parte de extensos sistemas interconectados entre sí. En el área estudiada se presentan numerosos lineamientos, que en términos generales se pueden agrupar en dos familias, las cuales presentan dos tendencias en diferentes direcciones. La primera es el lineamiento NE-SW de mayor longitud, y la segunda familia que corta a la anterior lo conforma el lineamiento NW-SE (Castro, 2009). El lineamiento NE-SW es más extenso, por esto se evidencia a escala regional a diferencia del anterior. Este lineamiento se encuentra atravesando el macizo rocoso de la SNSM y en La Serranía del Perijá.

(Castro, 2009) describe fallas pertenecientes a este lineamiento en la zona de la SNSM, como Atiquimaqueo, Curiba, Mamancana, Tierra Nueva, Rio Seco, Ariguanicito, Las Minas, Maízmorochó, El Golero y otras sin denominación en la parte sur. Y en la parte de la Serranía del Perijá e incluye la Falla Arenas Blancas, San José de Oriente y Media Luna. Este lineamiento ejerce un control en gran parte del drenaje y en el desarrollo geomorfológico del departamento del Cesar.

Dentro de las fallas principales que conforman la SNSM, la que obedece a este lineamiento es la Falla de Oca, de esto se deduce que las fallas con menor longitud en esta dirección fueron producidas por esta falla principal, incluyendo aquí la Falla Rio Seco (Ortega, 2010).

En cuanto al lineamiento NW-SE se observa cortando el lineamiento anterior. Este es más corto y puede observarse a menor escala. Este sistema es de mayor densidad debido a que presenta mayor número de fallas. El lineamiento NE-SW no estaba presente el sistema de fallas NW-SE por lo tanto, la falla se ha considerado posterior a esta (Castro, 2009).

## 7. ACTIVIDAD SISMICA

En torno a la falla se han presentado series de focos sísmicos datados desde junio de 1993 a septiembre de 2015, con magnitudes variables entre 1.3 y 4.4 en la escala de Richter y profundidades entre 0 y 94 km, (ver tabla 1). Esta información da cuenta de la constante amenaza, que constituye para Valledupar la cercanía a esta falla moderada (SGC, 2015).

**Tabla 1.** Sismos asociados a la falla Rio Seco, desde 2001

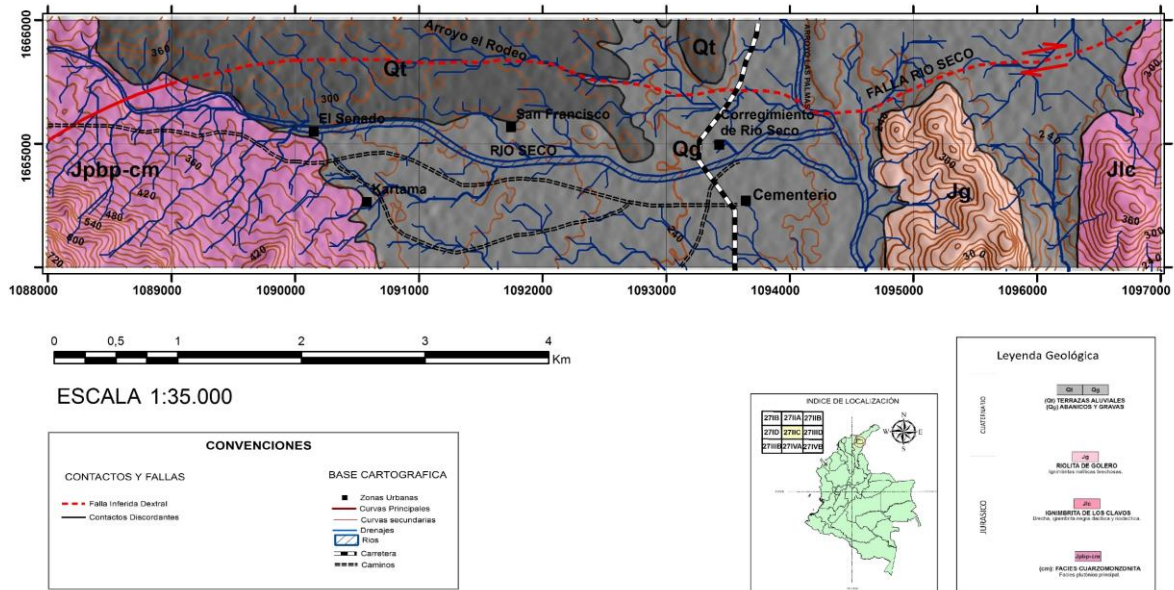
Fecha	Magnitud	Longitud	Latitud	Profundidad (km)
28/09/2001	3.3	-73.175	10.579	40
16/07/2010	2.5	-73.224	10.598	0
06/11/2011	1.5	-73.420	10.571	90.5
20/04/2012	2.4	-73.312	10.648	70
16/07/2012	2	-73.478	10.569	20.4
13/12/2011	2.4	-73.338	10.649	0
25/08/2013	3.9	-73.306	10.594	89.3
29/08/2013	1.7	-73.248	10.572	83.1
14/01/2014	1.3	-73.261	10.597	89.3
16/01/2014	1.3	-73.425	10.602	71.3
27/02/2014	1.9	-73.431	10.609	77.1
16/03/2014	1.7	-73.216	10.664	14.4
23/03/2014	4.4	-73.404	10.639	8
21/09/2014	2.1	-73.231	10.562	33.6
01/11/2014	1.3	-73.358	10.639	83.9
02/05/2015	1.4	-73.181	10.582	89.2
15/06/2015	2.3	-73.221	10.634	94

Fuente: SGC, (2015)

## 8. ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO

Para la realización del mapa fotogeológico se toma de base el mapa topográfico. Se cartografían drenajes, curvas de nivel, caminos, carreteras, casas, y se delimitan las diferentes litologías diferenciadas en las fotografías aéreas. En el mapa también se refleja exactamente el trazo de la Falla Rio Seco el cual va en dirección EW, atravesando la unidad ignimbrita de los clavos, y en la zona de las terrazas y abanicos aluviales y gravas se encuentra inferida. Ver Figura 3.

# MAPA FOTOGEOLÓGICO



**Figura 3.** Mapa Fotogeológico. Fuente: Autores.

## 9. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente el área de estudio se encuentra enmarcada en relieves con pendientes suaves en forma de flancos semi-alargados y sub-redondeados cubiertos por depósitos de escombros y depósitos aluviales matriz soportado de arena fina y sus clastos de forma angulosa que van desde guijos, guijarros y bloques de composición ignimbrita provenientes del curso de la quebrada, ubicados al piedemonte de la colina, ver Figura 4. Al este, se encuentra una penillanura compuesta por terrazas y abanicos aluviales provenientes del piedemonte. Los cursos fluviales han sido afectados por procesos fluviales manifestados en incisión tanto vertical como lateral. Cantos rodados producto del transporte en el canal fluvial, como se observa en la Figura 5, transportados por las corrientes de los diferentes arroyos del área como el Arroyo Medio la Vega que va en sentido W-E y El Arroyo Las Palmas con sentido N-S. Todos estos, junto con las quebradas confluyen en el arroyo principal de Río Seco.



**Figura 4.** Geomorfología. Se observan guijos, guijarros y Bloques matriz soportado de arena fina.  
Fuente: Autores.



**Figura 5.** Geomorfología. Se observa cantos de diversos tamaños transportados por procesos fluviales.  
Fuente: Autores.

## 10. ANALISIS TECTONICO DE LA FALLA RIO SECO

La falla Río Seco a lo largo de su evolución tectónica ha estado en constante movimiento (Tschanz, et al. 1969). Estos movimientos se reflejan en la superficie por medio de indicadores geomorfológicos característicos de las fallas, evidenciadas en las diferentes unidades cronoestratigráficas, lo que ayuda a determinar la evolución que ha tenido con respecto al tiempo. En la zona estudiada, la falla se encuentra afectando la formación Ignimbrita de los Clavos, Riolita de Goleros y abanicos recientes. En dirección W-E se presentan geoformas generadas por la falla. Empezando con la unidad cronoestratigráfica Ignimbrita de los Clavos siendo está afectada por el trazo de la falla. En la Figura 6, se aprecian tres colinas consecutivas las cuales son afectadas por el trazo de la falla, formando tres silletas con niveles diferentes, la primera con gran altura y pendientes altas, la segunda con altura moderada y la tercera con pendiente baja, todas estas alineadas en dirección al trazo de la Falla NEE.



**Figura 6.** Tres silletas de falla alineadas al trazo de la Falla Río Seco. Fuente: Autores.

Alineada al trazo de la falla en dirección WE, se encuentra una fuente de agua aflorando del subsuelo formando un pequeño manantial, Normalmente en las zonas de falla las cavidades permiten la ascensión de aguas con mayor facilidad que en los sectores circundantes. El manantial fluye de las rocas de la Formación Ignimbrita de los Clavos, y está rodeado por coluviones. El curso del agua el cual confluye en la quebrada que va en dirección SN. En la Figura 7, se observa más detalladamente la fuente de agua rodeada por los coluviones.



**Figura 7.** Manantial producido por la falla Rio Seco.

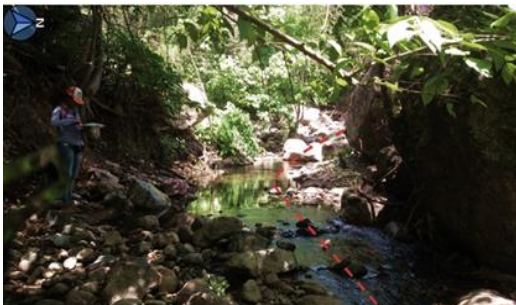
Fuente: Autores.

En dirección al este, el curso fluvial ha sido afectado por el trazo de la falla. En la Figura 8 se observa el curso del río en dirección EW. Se presentan cantos rodados en el lecho del curso que han sido afectados por procesos de erosión fluvial y transporte. El curso fluvial es interrumpido en la superficie y se filtra al subsuelo. El nivel base del río es inferior al de la falla es por esto que el curso se filtra y continua su cauce en la superficie a aproximadamente 50 metros.



**Figura 8.** Curso fluvial filtrado en el trazo de la falla Rio Seco. Fuente: Autores.

Siguiendo el curso fluvial en dirección NE. En la Figura 9, se observa que el lecho de este cauce ha sido afectado por procesos de erosión fluvial y transporte lo que ha originado el redondeamiento de las rocas. El curso que viene en dirección NW se deflecta en dirección NE en dirección al trazo de la falla dextral de Rio Seco.



**Figura 9.** Curso fluvial deflectado. Fuente: Autores.

Las fallas geológicas por lo general presentan espejos característicos de sus movimientos. Sin embargo, los movimientos de estas fallas pueden tener replicas en las diaclasas paralelas a esta. En la Figura 10, se observa diaclasas presentando movimiento extensional producto del movimiento de la falla dextral.



**Figura 10.** Diaclasa W-E asociadas al movimiento de la Falla Rio Seco. Fuente: Autores.

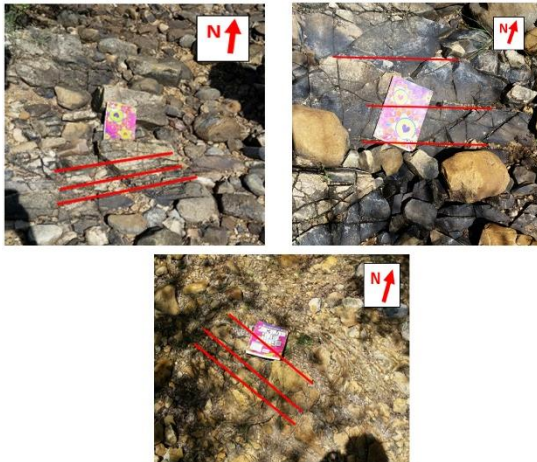


**Figura 11.** Arroyo Las Palmas controlado por el trazo de la Falla Rio Seco. Fuente: Autores.

Paralelo al Arroyo Las Palmas se encuentra otro arroyo presentado una dirección predominante N-S perpendicular a la Falla Rio Seco. En el bloque norte de la falla el arroyo presenta una pequeña desviación en dirección predominante E-W en un tramo de alrededor de 12 metros, lo cual es una clara evidencia que el arroyo

ha sido afectado por la falla en esta dirección. En su continuación el arroyo tiende a seguir N-S. Figura 11.

Otro indicador importante del movimiento de la falla son las fracturas, ubicadas en lugares poco distantes tanto del arroyo mencionado anteriormente como del trazo de la falla, de las cuales se tomaron los respectivos datos estructurales, Rumbo y Buzamiento. Ver Figura 12. El primer conjunto de diaclasas está ubicado en el lecho arroyo, al norte de la falla, con orientación preferencial de N60E/20NW. El segundo conjunto de diaclasas está ubicado en el río principal Río seco, en la parte sur de la falla con una orientación preferencial N67E/23NW, y por último en el mismo tramo del río orientación de N74E/19NW. Tomando como base los datos estructurales de las diaclasas y la orientación preferencial de la Falla E-W, se determinó que están dispuestas en forma paralela a la Falla Río Seco, demostrando que corresponden a fracturas asociadas al esfuerzo principal que esta presenta.



**Figura 12.** Familias de diaclasas cuya orientación preferencial es EW.  
Fuente: Autores.

En la parte al SW de la zona en dirección a un curso fluvial NE-SW se ubica un afloramiento de ignimbrita, pequeña falla local con dirección N46E/87NW, su componente es dextro lateral, Ver Figura 13. Paralelo a esta, el macizo también se encuentra altamente fracturado, las diaclasas presentan movimientos, evidenciados por estrías que van en dirección horizontal, esto indica que el movimiento de la falla es dextral y es reproducido en las diaclasas paralelas a esta. Ver Figura 14.

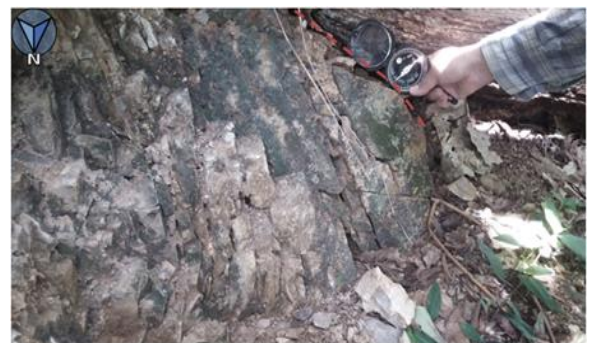


**Figura 13.** Falla dextralateral. Se observa el dato de rumbo del plano de la falla.  
Fuente: Autores.



**Figura 14.** Estrías de la falla dextral en dirección WE, reflejadas en una diaclasa. Fuente: Autores.

Se puede apreciar un plano de falla con orientación N80E, esta falla permite el fracturamiento intenso del macizo. En la parte izquierda se observan diaclasas con orientación preferencial NEE y en la parte derecha las diaclasas cambian su orientación a NS. Ver Figura 15.



**Figura 15.** Plano de falla. Se observan diaclasas asociadas con la falla.  
Fuente: Autores.





**Figura 16.** Curso fluvial que va en dirección NW-SE es deflectado por la Falla Rio Seco en dirección WE.  
Fuente: Autores.

Otros indicadores estructurales se ven reflejados en el curso del Rio Badillo, el cual viene en dirección NW-SE y es deflectado por la falla en dirección WE, como se observa en la Figura 16.

Aunque La Falla Rio Seco, es descrita como una falla dextro lateral (Tschanz, et al. 1969), un componente vertical es evidenciado en algunas geoformas observadas en el área. En La Figura 17, se observa un escarpe de falla que va en dirección EW, el cual coincide con el trazo de la falla, el escarpe es reciente ya que no ha sido desmantelado por la erosión. Otro indicador del movimiento vertical de la falla es un SagPond ubicado en el bloque norte de la falla, Ver Figura 18. El cual indica que este bloque se encuentra en un nivel inferior al bloque sur.



**Figura 17.** Escarpe producto del movimiento vertical de la Falla Rio Seco.  
Fuente: Autores



**Figura 18.** Laguna de subsidencia (sagpond). Fuente: Autores.

Estos datos estructurales presentan un acercamiento cualitativo a la evaluación de los esfuerzos en el área, con el fin de comprender la evolución estructural de esta. En la tabla 2, se relacionan los datos estructurales tomados en las diferentes estructuras presentes, y direcciones de esfuerzos determinadas según las fallas mesoscópicas y las diaclasas.

**Tabla 2.** Datos estructurales tomados en campo

Dip	Dip Direction
20	330
23	337
19	344
87	316
88	334
76	297
89	311
49	320
86	199
63	84
31	55
52	308

Una vez relacionado estos datos estructurales, se realiza la representación en el diagrama de rosa, obteniendo como resultado la orientación preferencial de los esfuerzos. Se concluye que esta zona presenta un dominio estructural al NE. Y ha sido influenciado por el movimiento dextral de la falla Rio Seco. Figura 19.



**Figura 19.** Diagrama de rosa con intervalos de clase 40. La mayor concentración de datos estructurales tiene orientación al NE. Fuente: Autores.

### 11. ANÁLISIS NEOTECTÓNICO

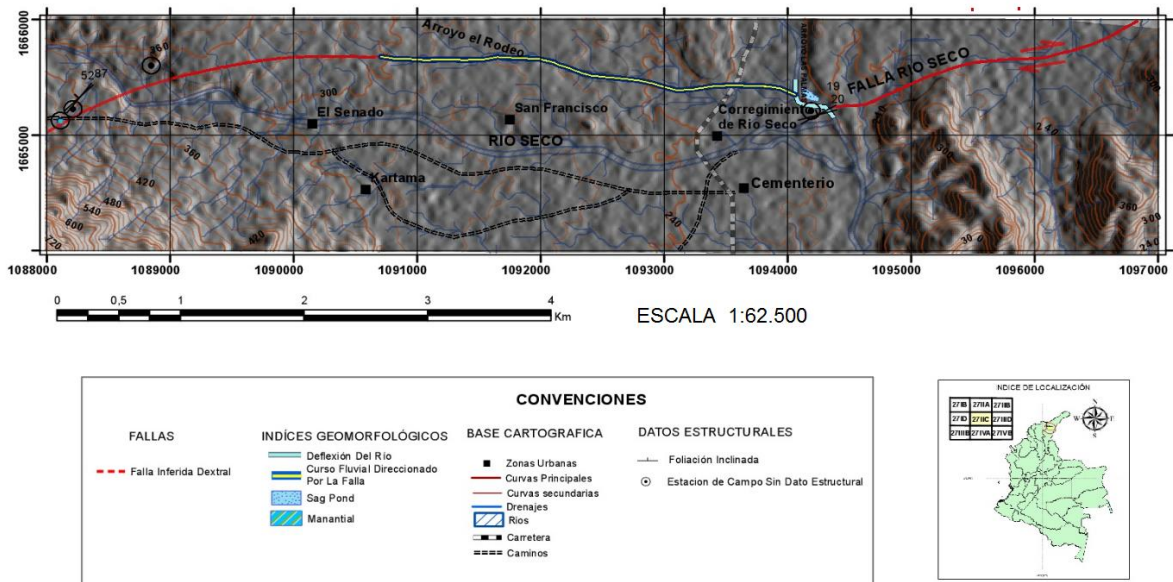
Para la realización de la cartografía neotectónica se parte de dos mapas base: el mapa geológico y el mapa

geomorfológico en que se ven presentadas todas aquellas unidades que han sido afectadas por la falla.

En este caso Se identifica, la alineación del Río Río Seco en dirección EW producido por el trazo de la falla, un manantial producto de la humedad característica de estos procesos tectónicos, un sagpond, cursos fluviales deflectados, estructuras, diaclasas con orientación afectada por La Falla, y fallas menores asociadas al trazo de la falla. Figura 20.

Debido a estos cambios tectónicos y morfotectónicos la Falla Río Seco efectivamente está cortando el cuaternario. Las geoformas presentes en el trazo de la falla están alineadas a esta, evidenciando su actividad tectónica reciente. Además se comprueba las actividades sísmicas históricas registradas anteriormente que están próximas a la falla y pueden estar relacionadas al movimiento de esta.

## MAPA NEOTECTÓNICO



**Figura 20.** Mapa Neotectónico. Fuente: Autores.

## 12. CONCLUSIONES

Los indicadores geomorfológicos son una evidencia de la actividad y trazo de una falla. La deflexión del arroyo las Palmas, la presencia de un sagpond, geofomas tectónicas como manantial, río deflectado, silletas de falla., además de un cambio de escasa a abundante vegetación fueron criterios neotectónico que reflejaron el estado activo de la Falla Río Seco.

A partir de la medición de datos estructurales como rumbo y buzamiento a las familias de diaclasas presentes en los afloramientos se determinó que las orientaciones de las mismas están relacionadas con la orientación preferencial de la Falla Río Seco E-W, asociadas a su esfuerzo principal.

Es de resaltar que al mismo tiempo que actúa la tectónica de la Falla Río Seco como agente modelador de la superficie terrestre también se evidencia una serie de procesos de erosión y sedimentación, lo que no permite identificar todos los cambios generados por la acción de esta falla.

En el mapa neotectónico se obtienen los indicadores de la actividad de la falla, corroborando la dirección y extensión de la misma, de igual forma permitió evidenciar en dicho mapa el trazo de la falla Río Seco y las estructuras que ha dejado como rasgos a lo largo del tiempo geológico sobre el cual ha tenido actividad.

Teniendo en cuenta la información obtenida a partir del Servicio Geológico Colombiano, en la zona aledaña a la Falla Río Seco en los últimos años se ha evidenciado un aumento de la actividad sísmica, que si bien sabiendo que la falla se encuentra activa cabe destacar que dichos sismos se encuentran asociados a estos esfuerzos, por lo que es netamente indispensable modificar el mapa de amenazas y riesgos de la ciudad de Valledupar, para que se puedan implementar medidas de prevención y se establezcan zonas de riesgos y vulnerabilidad, antes de que ocurra un sismo de gran magnitud.

La evaluación de la amenaza sísmica en Colombia tiene limitaciones, es por esto que estudios neotectónicos como el realizado para la determinación del movimiento reciente que ha tenido la Falla Río Seco, sirve como base para la actualización

del mapa de amenaza sísmica del municipio de Valledupar. Así mismo ser piloto para que estudios similares se realicen para contribuir con la actualización del mapa de amenaza de la región estudiada.

## 13. REFERENCIAS

- [1] F. H. Colmenares et al. "Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 33 y 34. Evolución Geohistórica de las Sierra Nevada de Santa Marta". Ministerio de Minas y Energía, Instituto Colombiano de Geología. Bogotá. Contrato de prestación de servicios #025-06. 2007. [http://aplicaciones1.sgc.gov.co/Bodega/i\\_vector/230/08/0100/18162/documento/pdf/2105181621101000.pdf](http://aplicaciones1.sgc.gov.co/Bodega/i_vector/230/08/0100/18162/documento/pdf/2105181621101000.pdf)
- [2] Servicios geológicos de Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. "Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes". PGM. vol. 7. 2009. DOI: 10.13140/RG.2.1.1750.1283
- [3] S. Gómez S., et al. "Tectónica activa y paleosismicidad de la falla de Concud (Cordillera Ibérica central)". Universidad de Zaragoza. Zaragoza. T doc. España. 2011. <http://zaguan.unizar.es/record/7036/files/TESIS-2012-029.pdf>
- [4] Servicio Geológico Colombiano. "Estudio de microzonificación sísmica en Santiago de Cali Colombia". Informe No. 2-1. Proy. MZSCali. Bogotá. 2005. <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/CALI/InformePresentacionGeneral.pdf>
- [5] Servicio Geológico Colombiano. (2015, agosto). "Red sismológica nacional de Colombia".. <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/>
- [6] V. Caballero, et al. "Levantamiento de la cordillera oriental de Colombia durante el Eoceno tardío – Oligoceno Temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de nuevo mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena". Boletín de Geología. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2010. <http://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaboletidegeologia/article/viewFile/1008/1495>

- [7] C. M. Tschanz et al. "Mapa Geológico De Reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta". Institución Educativa de Investigaciones. Bogota. 1969. <http://koha.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=4438599>
- [8] C. Ortega. "Proyecto multipropósito los besotes". Instituto colombiano de geología y minería dirección del servicio geológico. Valledupar. 2014.
- [9] G Chicangana, et al. "*El posible origen de la sismicidad somera que se presenta en la región que corresponde a la Sierra Nevada de Santa Marta, la Serranía de Perijá y la Península de La Guajira, noreste de Colombia*". Cap&Cua. vol 6. pp. 1-33. 2011. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=3986304>
- [10] A. FORERO. "*Estratigrafía del Pre cretácico en el flanco occidental de la Serranía de Perijá*". Universidad Nacional de Colombia, RGC. vol. 7, pp. 7-78. Bogotá. 1972. <http://revistas.unal.edu.co/index.php/geocol/article/view/30383>
- [11] C. Montes, et al. "*Clockwise Rotation of the Santa Marta Massif and Simultaneous Paleogene to Neogene Deformation of the Plato-San Jorge and Cesar-Rancheria Basins*". Journal of South American Earth Sciences. pp. 832-848. 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2009-07-010>
- [12] E. Castro. "*Aspectos geológicos y principales consideraciones de la evaluación ambiental estratégica –EAE- Diagnostico ambiental del distrito minero La Jagua, Departamento Del Cesar*". Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. pp. 26-35. 2009. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7451/2/131405.pdf>
- [13] C. Ortega. "Evaluación tectónica y sísmológica y despliegue de la red sísmológica portátil en el área del proyecto multipropósito los besotes". Instituto colombiano de geología y minería. Dirección del servicio geológico. Valledupar. 2010.