
Estudio de la concentración de minerales pesados y su aplicación en la procedencia de sedimentos de la cuenca media del Río Guatapurí, Valledupar – Cesar.

Luis Miguel Gutiérrez^{1*}; Fernando Cormane^{1*}; Frank Lascarro^{1*}; Elías Rojas Martínez²;

Resumen.

Los sedimentos del Río Guatapurí proceden de áreas fuente determinadas los cuales poseen características físicas y químicas que representan una oportunidad para reconstruir el ambiente geológico y tectónico del área. Esto es posible mediante los análisis de procedencia de sedimentos y en este caso de estudio se realizará con base al análisis de la concentración de minerales pesados pertenecientes a la cuenca media del río Guatapurí, que permitirá correlacionar los sedimentos encontrados en esta cuenca con las posibles rocas fuentes o zonas de aporte. Se obtendrán muestras de sedimentos con fracciones > 1.18 mm (malla No. 16 clasificación ASTM) para posteriormente, separar los minerales que tienen una densidad mayor a 2,9 gr/cm³ mediante técnicas que incluyen magnetismo, tamizado y líquidos densos. Separados los minerales pesados se procede a su estudio que incluyen análisis sedimentológico y geoquímico. Una vez determinadas las características de una muestra de minerales pesados, se buscan cuerpos de roca similares en una región medianamente cercana y se identifica como área fuente. Las actividades que se adelantaron fueron reconocimientos generales del área de estudio por medio de fotointerpretación y visitas a campo donde se observaron rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias correlacionables con las formaciones Granulita de Los Mangos, Riolita de Golero y Formación Guatapurí, que posiblemente sean las potenciales rocas fuente y zonas de aporte de los sedimentos.

Palabras claves: Minerales pesados, procedencia, sedimentos, cuenca media Río Guatapurí

Heavy minerals concentration and its application in the provenance of sediments of the middle Guatapurí River basin, Valledupar – Cesar.

Abstract.

Sediments of the Guatapurí River come from certain source areas which have physical and chemical characteristics that represent an opportunity to reconstruct the geological and tectonic environment of the area. This is possible by provenance analysis of sediment and

¹ Estudiantes de Ingeniería Geológica, Fundación Universitaria del Área Andina, Facultad de Ingenierías, Semillero de investigación SIGEM. (*) lgutierrez50@areandina.edu.co; fcormane@areandina.edu.co; flascarro@areandina.edu.co

² Geólogo UIS, Docente Universitario Fundación Universitaria del Área Andina. erojas@areandina.edu.co

in this study case it will be made based on the analysis of the concentration of heavy minerals belonging to the middle Guatapurí river basin, which will allow to correlate the sediments found in this basin with the possible rocks sources or areas of contribution. Sediment samples with fractions > 1.18 mm (No. 16 mesh ASTM classification) will be obtained for later, to separate the minerals that have a density greater than 2.9 gr / cm³ by techniques that include magnetism, sieving and dense liquids. Separated heavy minerals are studied which include sedimentological and geochemical analysis. Once the characteristics of a sample of heavy minerals have been determined, similar rock bodies are sought in a region that is close and identifies as a source area. The activities that were carried out were general surveys of the study area through photointerpretation and field visits where metamorphic, volcanic and sedimentary rocks were correlated with the formations Granulita de Los Mangos, Riolita de Golero and Formation Guatapurí, which are possibly the potential Source rocks and sediment contribution areas.

Keywords: Heavy minerals, provenance, sediments, middle Guatapurí River basin

1. INTRODUCCIÓN

El uso de minerales pesados en sucesiones siliciclásticas ha demostrado ser una poderosa herramienta para determinar la roca fuente de dichos detritos, además de ser ampliamente utilizada en la correlación estratigráfica de sucesiones con ausencia de registro bioestratigráfico (Lamus et al., 2012). Las pioneras en emplear esa técnica fueron las empresas mineras, que se dieron cuenta de que para localizar un depósito mineral podían muestrear los sedimentos —minerales pesados en distintos puntos en un sistema de drenaje— e ir localizando la fuente aguas arriba.

De la cuenca media del Río Guatapurí se sabe que los sedimentos fueron desprendidos de una roca parental los cuales fueron transportados y depositados mediante sistemas fluviales, y que, además, poseen características físicas y químicas que representan una oportunidad para reconstruir el ambiente geológico y tectónico del área. Esto es posible mediante los análisis de procedencia de sedimentos y en este caso de estudio se realizará

con base al análisis de la concentración de minerales pesados pertenecientes a la cuenca media del Río Guatapurí, que permitirá correlacionar los sedimentos encontrados en esta cuenca con las posibles rocas fuentes o zonas de aporte.

En consecuencia, es de esperar resultados de los ambientes de depositación y sus condiciones con base a la concentración de minerales pesados, y con éstos conocer las variables que presentan los sedimentos y su comportamiento en el área de estudio; es decir, la variación de las características químicas de los sedimentos depende de la ubicación geográfica y el transporte a la cual han sido sometidas.

2. LOCALIZACIÓN

La zona estudiada se ubica en la región planicie del Cesar, esta limita al norte con el departamento de la Guajira, al NW con la Sierra Nevada de Santa Marta y al E con la Serranía del Perijá. Con base al reconocimiento general de campo a través de las planchas topográficas 23 III-D y aerofotografías, la zona de estudio se localiza al

norte del municipio de Valledupar, Cesar. (Ver Figura 1)

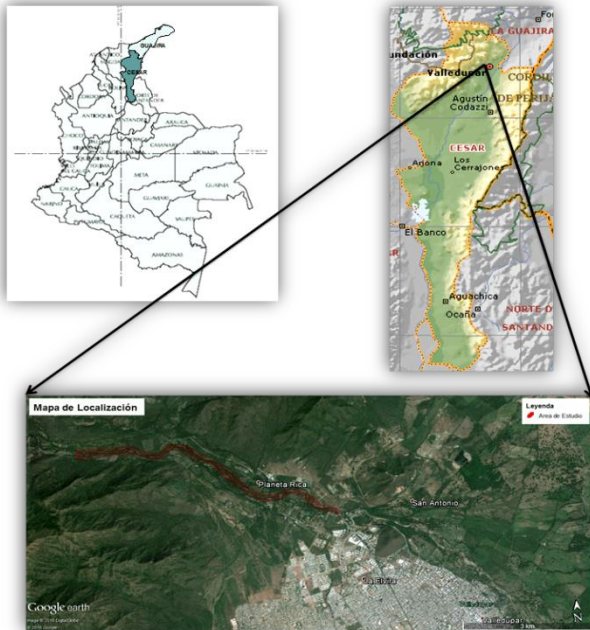


Figura 1. Localización del área de estudio;
Fuente: Google Earth (2016)

4. REFERENTES TEÓRICOS.

Dentro de los referentes teóricos se mencionarán las posturas de diferentes autores que han llevado a cabo análisis de procedencia a sedimentos o rocas siliciclásticas, y la implementación de los minerales pesados en el análisis; posturas que han fundamentado la realización de este trabajo:

- El análisis composicional de detritos sinorogénicos es el procedimiento más utilizado para identificar la composición del área fuente y permite postular posibles zonas de aporte (Dickinson, 1985).

- Los minerales pesados son aquellos que presentan una densidad mayor a 2.9 g/cc (Mange & Wright, 1992).

- La rápida destrucción de fragmentos químicamente inestables en climas tropicales permite inferir una distancia a dichas áreas de aporte (Johnsson, 1993)

- El estudio detallado de la composición química y mineralógica de los sedimentos terrígenos y de sus rasgos texturales, así como el análisis estadístico de sus diversos componentes, se lleva a cabo actualmente a través de nuevas técnicas petrográficas y geoquímicas. Esto hace de la petrografía y la geoquímica las herramientas más importantes en el análisis de procedencia de sedimentos. (Zavala et al, 2005).

- Los análisis de procedencia integran métodos (1) petrográficos, (2) identificación y caracterización química de los minerales individuales en la fracción tamaño arena, (3) análisis geoquímicos de roca total o en fracción lodosa, y (4) la asociación de dataciones geocronológicas, que pueden incluir circones o micas (Bayona et al, 2007)

- El análisis de minerales pesados, apoyado de la petrografía, permite identificar las composiciones de las áreas fuente de las rocas, así como indicar la distancia relativa de estas al sitio de depósito (Montenegro, 2008).

- El uso de minerales pesados en sucesiones siliciclásticas ha demostrado ser una poderosa herramienta para determinar la roca fuente de dichos detritos. Múltiples factores pueden afectar las asociaciones de minerales pesados (efectos hidráulicos, diagenéticos, meteorización, etc.); es por ello que ésta técnica debe ser complementada con otras para obtener mejores resultados. (Lamus et al, 2012).

- A partir del análisis de minerales pesados es posible proponer hipótesis paleogeográficas que expliquen la distribución de continentes y la geomorfología dentro de los mismos a lo largo del tiempo. Estos estudios tienen implicaciones en el

entendimiento del levantamiento de montañas, la formación de cuencas sedimentarias y de sistemas fluviales en el pasado (Pérez-Consuegra, 2015).

3. METODOLOGÍA

La investigación cuenta con un enfoque mixto.

Población: Sedimentos de la cuenca media del Río Guatapurí.

Muestra: Fracción arenosa (1.18 mm – 0.054 mm) para petrografía; Fracción limosa (> 0.054 mm) para separación de minerales pesados

Muestreo: Se determinaron 27 puntos de muestreo teniendo en cuenta las cuencas de drenaje sean de orden 1, 2 o máximo 3 (de acuerdo a la jerarquía de drenajes de Strahler (1952), que la densidad de una (1) muestra es tomada por cada 50 a 200m sobre drenajes con corriente activa o sobre afluentes con lecho seco. (Ver Figura 2)

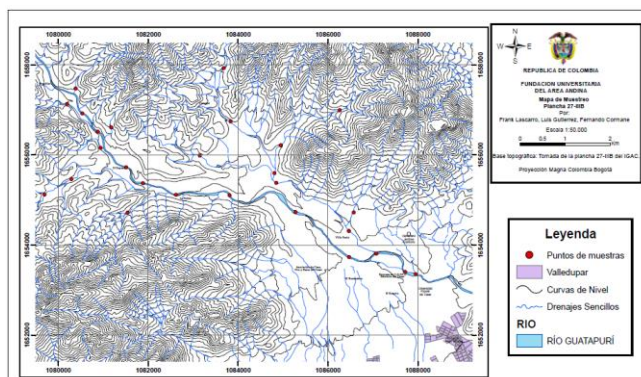


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo; Fuente: Modificado de la Plancha 27 IIIB del IGAC (2008).

El siguiente orden es la metodología necesaria para desarrollar el proyecto:

- Recolección bibliográfica: análisis de las características geológicas e

hidrogeológicas del Río Guatapurí en su cuenca media.

- Reconocimiento general de campo a través de las planchas topográficas 23 III-D y aerofotografías.
- La recolección de la muestra: se realizará teniendo en cuenta documentos técnicos del SGC, esta se debe hacer con una densidad de una (1) muestra por cada 50 a 200m, las cuales deben tener un peso no menor de 2,5 a 3 Kg. Posteriormente se realiza un tamizado para obtener todo el material que pasa (hacia la batea) la malla No. 16 (clasificación ASTM) que debe tener un peso de 300 gr. Luego la muestra se describe y se empaca debidamente, preferiblemente en bolsas nuevas de polietileno, se rotula (tinta indeleble) la bolsa con un código, el mismo que va en la libreta de campo, mapas y ficha técnica respectiva.
- Para la separación de los minerales pesados, se emplean técnicas que incluyen magnetismo, tamizado y líquidos densos, entre otros. De esta manera se obtiene una muestra compuesta únicamente por minerales pesados y se puede proceder a su estudio.
- Análisis sedimentológico: creación de tablas en Excel para caracterización física, (granulometría, color, morfología de los granos). Interpretación de su procedencia y ambiente tectónico mediante el diagrama QFL de Dickinson (1986).
- Análisis geoquímico por difracción de rayos X, medido cuantitativa y cualitativamente a las muestras recolectadas.
- Reconocer los minerales pesados y su concentración en las muestras recolectadas para su asociación con las posibles rocas fuentes y zonas de aporte.

- Integración de estos niveles en mapas de anomalías geoquímicas, de acuerdo a su grado de concentración.
- Elaboración del informe científico.

4. GEOLOGÍA

Litológicamente el área de estudio se encuentra compuesta por depósitos de Llanura Aluvial (Qlla), rodeada por unidades metamórficas, vulcano-sedimentarias y sedimentarias cenozoicas como Granulita de los Mangos (PEm), Riolita de Golero (Jg) y Formación Guatapurí (TJg). La nomenclatura usada para describir las unidades de la Sierra Nevada de Santa Marta será la propuesta por Colmenares (2007).

4.1. Granulita de Los Mangos (PEm)

Los resultados petrográficos realizados por Colmenares (2007) permiten caracterizar esta unidad como una secuencia metamórfica de alto grado compuesta predominantemente por granulitas e interposiciones de neises piroxénicos y granatíferos y anfibolitas. Los afloramientos del Río Guatapurí muestran rocas metamórficas con textura néisica, dada por bandas medianas a gruesas, melanocráticas (neises anfibolíticos y anfibolitas) y bandas muy gruesas leucocráticas (neis cuarzo feldespático)

4.2. Riolita de Golero (Jg)

Corresponde a una sucesión de rocas volcánicas de composición ácida (Tschanz et al., 1969), en el sector de los ríos Guatapurí y Capitanejo se encuentra descansando discordantemente sobre la Formación Guatapurí (TJg) y sobre la “Ignimbrita de Los Clavos” (Jlc) (Colmenares, 2007)

4.3. Formación Guatapurí (TJg)

Los afloramientos estudiados en campo en el carretable que conduce de Valledupar a Sabanas

de Crespo nos muestran que la unidad está conformada por una espesa secuencia más de 2000 m (Colmenares, 2007) de interposiciones de rocas volcánicas (flujos lávicos), vulcano-clásticas (tobas e ignimbritas) y sedimentarias (limolitas y arenitas), de colores rojizos y violáceos.

4.4. Depósitos de Llanura Aluvial (Qlla)

Estos depósitos en la zona de estudio corresponden a los depósitos más recientes acumulados por las corrientes del Río Guatapurí y arroyos como el Capitanejo, el Mamón y Agua Blanca en las zonas planas y semiplanas; su expresión morfológica es una superficie plana observable en los cortes de ríos y arroyos. Estos sedimentos, se caracterizan por una granulometría fina, compuesta por arenas, limos y arcillas que generalmente están cubiertas por un delgado nivel de gravas finas de algunos centímetros de espesor, su composición se deriva de la meteorización de rocas intrusivas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias. (Ver Figura 3 y Figura 4).



Figura 3. Depósitos cuaternarios compuesto por limos (lm) y arcillas (ar) de coloración naranja; Fuente: Autores



Figura 4. Llanura Aluvial;
Fuente: Autores

5. HIDROGEOLOGÍA

La cuenca media del Río Guatapurí se encuentra en la Subprovincia Hidrogeológica Planicie del Cesar, específicamente cercano al límite de los bloques tectónico del Río Cesar y Sierra Nevada de Santa Marta, el primero caracterizado por presentar un relieve plano a semiplano con algunas colinas de pocos metros, se encuentra influenciada por los ríos Ariguaní, Magdalena y Cesar; el segundo caracterizado por presentar mayoritariamente rocas cristalinas (ígneo – metamórfico) que datan de más de 160 millones de años, en el bloque Sierra Nevada de Santa Marta nacen importantes ríos de la región caribe colombiana, como son el río Cesar, el Ranchería, el Palomino, el Don Diego, Aracataca, el Fundación y el Guatapurí. Específicamente en la zona de trabajo es influenciado por el río Guatapurí, y afluentes menores donde afloran rocas del Devónico, Triásico y Jurásico, y depósitos aluviales compuestos de sedimentos.

6. GEOMORFOLOGÍA

La cuenca media del río Guatapurí se diferencian seis unidades geomorfológicas clasificadas teniendo como base la propuesta de estandarización de la Cartografía Geomorfológica de Carvajal (2011); las cuales se identificaron Terraza de acumulación, Sierra, Cerro estructural,

Terraza de acumulación antigua, Abanico aluvial antiguo, Abanico aluvial sub-reciente. (Ver Figura 3)

6.1 Sierra. (Ss)

Prominencia topográfica de morfología montañosa, de laderas largas a extremadamente largas, cóncavas, convexas o rectas, con pendientes muy inclinadas a escarpadas. Su origen está relacionado con procesos de fallamiento intenso en macizos rocosos ígneos, metamórficos y sedimentarios.

6.2 Cerro estructural. (Sce)

Prominencia topográfica aislada de morfología montañosa a colinada, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, cóncavas a irregulares, poco disectadas. La unidad presenta pendientes muy abruptas a escarpadas, las cuales han sido parcialmente aisladas de las zonas montañosas por fallamiento.

6.3 Terraza de acumulación (Fta).

Superficie alongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un río. Su origen es relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. Su formación incluye fases de acumulación, incisión y erosión vertical. Estas terrazas pueden ser parte de cauces rectos a meándricos. Su depósito está constituido por gravas arenas, limos y arcillas, con disminución del tamaño a medida que se aleja del cauce del río.

6.4 Terraza de acumulación antigua (Ftan).

Superficie alomada en forma de abanico de extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes

altas, limitadas por escarpes de disección en forma de “V” que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas.

6.5 Abanico aluvial antiguo (Faaa)

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas a convexas de morfología plana, aterrazada. Su origen es relacionado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial donde una corriente desemboca en una zona plana. Los canales fluyen cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar varios kilómetros de largo y de ancho. Este término se aplica para describir el abanico de mayor edad relativa, cuando se presentan dos o más abanicos juntos que se pueden separar como unidades geomorfológicas. Normalmente por ser de mayor edad están más incisados.

6.6 Abanico aluvial sub-reciente (Faas)

Superficie en forma de cono, de laderas cóncavas o convexas, de morfología plana, aterrazada. Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial donde una corriente desemboca en una zona plana. Los canales fluyen radialmente, cortando el abanico, siendo más profundos en el ápice del abanico y más someros al alejarse de él. Su tamaño puede alcanzar kilómetros de largo y ancho. Este término se aplica para describir el abanico con una edad relativa intermedia, cuando se presentan dos o más abanicos juntos que se pueden separar como unidades geomorfológicas. Normalmente esta unidad tiene algo de incisión ya desarrollada, pero aún se puede reconocer con claridad la superficie superior. Puede o no haber generado las mesas del abanico.



Figura 5: Unidades Geomorfológicas;
Fuente: Servicio Geológico Colombiano. (2016).

CONCLUSIONES

La cuenca media del río Guatapurí se encuentra compuesta por depósitos de Llanura Aluvial (Qlla) que van entre sedimentos de tamaño gravas, arenas y finos, rodeada por unidades adyacentes al curso de éste con rocas de composición metamórfica, vulcano-sedimentarias y sedimentarias cenozoicas tales como Granulita de los Mangos, Riolita de Golero y Formación Guatapurí.

Se diferenciaron seis unidades geomorfológicas clasificadas teniendo como base la propuesta de estandarización de la Cartografía Geomorfológica de Carvajal (2011); las cuales se identificaron Terraza de acumulación, Sierra, Cerro estructural, Terraza de acumulación antigua, Abanico aluvial antiguo, Abanico aluvial sub-reciente.

Los depósitos del cuaternario en la zona de estudio corresponden a los depósitos más recientes acumulados por las corrientes del Río Guatapurí y arroyos como el Capitanejo, se caracterizan por una granulometría fina, compuesta por arenas, limos y arcillas que generalmente están cubiertas por un delgado nivel de gravas finas de algunos centímetros de espesor, su composición se deriva de la meteorización de

rocas intrusivas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias

RECOMENDACIONES

Estudios como este demuestran que a partir del análisis de minerales pesados es posible proponer hipótesis paleogeográficas que expliquen la distribución de continentes y la geomorfología dentro de los mismos a lo largo del tiempo, los cuales tienen implicaciones en el entendimiento del levantamiento de montañas, la formación de cuencas sedimentarias y de sistemas fluviales en el pasado (Pérez-Consuegra, 2015). Un ejemplo de ello es en un estudio reciente, donde Montes et al., (2015) estudiaron rocas en Panamá para entender cómo estaban distribuidas, cuál era su edad y en qué condiciones se formaron, con el fin de incrementar el conocimiento sobre la fecha del cierre del istmo de Panamá y el momento en el que se conectaron Norte y Suramérica. Estos llegaron a la conclusión de que la conexión entre ambos terrenos se estableció en el intervalo de tiempo entre diez a doce millones de años, lo cual contrasta con las hipótesis anteriores, que proponían que el cierre ocurrió hace tres o cuatro millones de años (Coates et al., 2004; Duque-Caro, 2004).

A partir de los resultados positivos obtenidos en las fases anteriores se recomienda llevar a cabo la etapa de Exploración Geoquímica en semi-detalle para futuras investigaciones sobre el tema. El objetivo de esta etapa será corroborar de que las anomalías geoquímicas encontradas sean significativas, es decir relacionadas directamente con una mineralización, delimitarlas con mayor precisión, encerrarlas y caracterizarlas, asociándolas directamente con ambientes geológicos específicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bayona, G., Lamus-Ochoa, F., Cardona, A., Montes, C., Tchegliakova, N. (2007): Procesos orogénicos del Paleoceno para la cuenca de Ranchería (Guajira, Colombia) y áreas adyacentes definidos por análisis de procedencia. - *Geología Colombiana*, 32, pp. 21-46, 14 Figs., Bogotá.
- Carvajal, H., (2011). Propuesta de estandarización de la Cartografía Geomorfológica. República de Colombia. *Ministerio de Minas y Energía*. Ingeominas. 82p. Bogotá.
- Coates AG, Collins LS, Aubry MP, Berggren WA (2004). The geology of the Darién, Panama, and the late Miocene-Pliocene collision of the Panama arc with Northwestern South America. *The Geological Society of America Bulletin* 2004; 116(11-12): 1327- 1344.
- Colmenares, F., Mesa A., Roncancio J., Arciniegas E., Pedraza P., Cardona A., Romero A., Silva C., Alvarado S., Romero O. & Vargas A., (2007). Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto: “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta” *Contrato de prestación de servicios N.º: PS 025-06 Ingeominas*. 401 p. Bogotá.
- Dickinson, W.R. (1985): Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones- *Zuffa, G.G. Eds. Provenance of Arenites*, p 333-361.
- Duque-Caro H (1990). Neogene stratigraphy, paleoceanography and paleobiogeography in northwest South America and the evolution of the Panama Seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*; 77(3-3): 203-234.

- Google Earth (2016). Google Image. Digital Globe.
- IGAC (2008). Plancha 27 IIIB. Escala 1:25.000. *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*.
- Johnsson, M. J. (1993). The system controlling the composition of clastic sediments. *Geological Society of America Special Papers*, 284, 1-20.
- Lamus-Ochoa, F., Bayona, G. & Cardona, A. (2012): Uso de minerales pesados en análisis de procedencia sedimentaria (aproximación en Colombia). *Geología Colombiana. Edición X Semana Técnica de Geología e Ingeniería Geológica*. 37 (1), 11. Bogotá, Colombia.
- Mange, A. M., and W. H. Maurer, 1992, Heavy Minerals in colour, *Chapman a Hall*, 147.
- Montenegro, O., (2008): Análisis de petrografía y minerales pesados de la sucesión Paleógena en el Sinclinal de Usme y contribuciones a la evolución tectónica del área, *Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá.
- Montes C, Cardona A, Jaramillo C, Pardo A, Silva JC, Valencia V et al (2015). Middle Miocene closure of the Central American seaway. *Science* 2015; 348(6231): 226-229.
- Pérez-Consuegra, N., Cuervo-Gómez, A. (2015): Minerales pesados: una herramienta para reconstruir el pasado a partir de las rocas. *Revista Hipótesis* No. 19: Apuntes científicos uniandinos. Universidad de Los Andes. Pp. 4-7. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano (2016): Documento técnico para el muestreo geoquímico de sedimentos finos activos o de lecho seco, en zonas de interés en el Territorio Colombiano. Bogotá.
- Servicio Geológico Colombiano. (2016). Mapa de Unidades geomorfológicas de Colombia. *Dirección de Geoamenazas*. Bogotá.
- Strahler, A. N. (1952), "Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology", *Geological Society of America Bulletin* 63 (11): 1117–1142.
- Tschanz, Ch. M., Jimeno, A., Vesga, C., et al., 1969. Mapa Geológico de reconocimiento de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia, Instituto Nacional de *Investigaciones Geológicas y Mineras & U.S. Geol. Serv.*, 1 mapa a escala 1:200.000. Bogotá.
- Zavala, J. S., & García, E. C. Técnicas y aplicaciones del estudio de los sedimentos terrígenos de grano fino: procedencia y tectónica. *Instituto de Geología. Universidad Nacional de México*.