

Evolución y comportamiento del meandro “*curva el conejo*” del río Magdalena en el sector de la Dorada-Caldas

Evolution and conduct of the meander “*curva el conejo*” of Magdalena river in the Dorada-Caldas zone

Evolution and behavior of the meander the rabbit curve of the Magdalena River in the sector of the Dorada-Caldas

Evolução e comportamento do meandro “*curva el conejo*” do rio Magdalena no sector Dorada-Caldas

Jorge Abel Castañeda¹, Henry Osorio¹, Fernando Mesa²

¹*Departamento de Física, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.*

²*Departamento de Matemáticas, de la Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*

jorge.castaneda_s@ucaldas.edu.co

jose.osorio_o@ucaldas.edu.co

Resumen. — Se Realizó un análisis multitemporal del río Magdalena en el Municipio de La Dorada-Caldas, para obtener un modelo básico de la evolución del canal de este drenaje en la curva El Conejo. Se realizó un recuento histórico entre los años 1924 y 2016, mediante el uso de herramientas S.I.G. El río Magdalena en la curva El Conejo de dicha localidad, ha sufrido un comportamiento brusco de aproximadamente 1540 metros; atípico en la evolución de su canal, evidenciado principalmente en un periodo comprendido entre los años 1952 y 1962.

Palabras clave— Fluvial, meandro, caudal, dinámica, geomorfología.

Abstract- A multitemporal analysis of the Magdalena River was carried out in the Municipality from La Dorada-Caldas, to obtain a basic model of the evolution of the channel of this drainage in the El Conejo curve. A historical count was made between the years 1924 and 2016, using tools S.I.G. The Magdalena River in the curve El Conejo of this locality, has undergone an abrupt behavior of approximately 1540 meters; Atypical in the evolution of its channel, evidenced mainly in a period between the years 1952 and 1962.

Key Word — River, meander, flow, dynamics, geomorphology.

Resumo—Uma análise multitemporal do rio Magdalena no município de La Dorada-Caldas foi realizada para se obter um modelo básico da evolução desta drenagem curva de canal do coelho. um relato histórico entre 1924 e 2016 foi realizado usando

ferramentas S.I.G. O rio Magdalena na curva do coelho cidade sofreu um comportamento abrupta de aproximadamente 1.540 metros; atípica na evolução do seu canal, evidenciada principalmente no período entre 1952 e 1962.

Palavras-chave: Rio, a dinâmica do fluxo sinuosos, eomorfologia.

I. INTRODUCCIÓN

Los ríos se clasifican generalmente según sus características geomorfológicas; entre ellas se encuentran la pendiente del cauce que se puede clasificar cuantitativa o cualitativamente; el método cuantitativo permite caracterizar la pendiente mediante valores porcentuales en los que se hace referencia al ángulo de inclinación, y el cualitativo desde intervalos muy altos a muy bajos de pendiente (Rosgen, 1996); la geomorfología del valle, como parámetro cualitativo, consiste en clasificarlo mediante su forma geométrica, para ello Rosgen (1996) los reúne en tres grupos que son abiertos (valle extenso o relativamente plano con presencia de terrazas), encajados (llanuras de inundación más reducidas lo cual no permite al cauce expandirse a su máximo lateralmente) y cerrados (carente de llanura de inundación debido a que las paredes que controlan el canal son rectas y estrechas). Estos parámetros geomorfológicos nos brindan información de la progresión lateral del cauce, la extensión de su llanura de inundación, la generación de terrazas y del tipo de control estructural o

litológico presente en el cauce de un drenaje (Díaz & Ollero, 2005).

El curso fluvial o cauce de un río/drenaje es el trayecto que recorre el agua desde su nacimiento hasta su desembocadura (Knighton, 1984) (Rosgen, 1996). Para este trayecto Thorne (1998) los agrupa en 4 sistemas principales así: ríos rectos, ríos trezados, ríos anastomosados y ríos meándricos. Los meandros son ríos con un solo canal, que se conectan continuamente mediante cortos trechos lineales, seguidos de una serie de curvas contrarias entre sí, lo que define una alta sinuosidad; caracterizados a su vez por estar en zonas con poca pendiente, generando un río con baja energía (Leopold, 1957). Muchos de los ríos que corren sobre la superficie de la tierra, sin importar sus dimensiones ni su caudal, en algún momento transcurren a través de una gran llanura de inundación, comportándose, así como un río meándrico, de baja energía; el cual es considerado inestable, debido a su gran dinamismo, y constante evolución al pasar del tiempo (Dijk, Lageweg & Kleinhaus, 2012). La construcción de grandes obras de ingeniería, con miras a la expansión socioeconómica, ha llevado a la utilización, de manera intensiva, del subsuelo y de las cuencas hídricas, para fines agrícolas y urbanísticos; así como para garantizar la seguridad de las poblaciones aledañas a los ríos. En este estudio en particular, se evidenció la ruptura del equilibrio dinámico del curso fluvial en la curva El Conejo; debido a factores geológicos y/o a la construcción de gaviones y muros de contención, generando un antropismo, como parte del plan de ordenamiento territorial (POT), al tratar de evitar el riesgo de inundación por desbordamiento del río Magdalena, en la Municipalidad de La Dorada-Caldas.

II. METODOLOGÍA

El Municipio de La Dorada en Caldas, Colombia, se encuentra ubicado a 5°28'55" N y 74°40'05" W. Posee una elevación de 180 m.s.n.m aproximadamente; sobre el piedemonte de la cordillera central, a nivel de la llanura aluvial del río Magdalena; la Curva El Conejo se encuentra ubicada hacia el sureste de dicho Municipio.

El área de estudio (fig 1) se encuentra conformada por 3 unidades litológicas principales así: El Grupo Honda, conformado principalmente por capas gruesas de gravas,

arenas, gravas arenosas, y lutitas con pequeños porcentajes de rocas volcánicas de edad Mioceno (Guerrero, 1993); la Formación Mesa, constituida por arenitas tobáceas, conglomerados volcánicos y lodolitas (Guzmán, 2012); a la cual se le asignó una edad Plioceno temprano (Dueñas & Castro, 1981); Y los Depósitos Cuaternarios compuestos de arenas poco consolidadas. En cuanto a las geoformas presentes en los depósitos cuaternarios se hallan una serie de terrazas escalonadas.

Se ubicaron los registros de interpretaciones fotogeológicas que van desde el año 1924 hasta el 1987 mediante registros proporcionados por la entidad Departamental Corpocaldas. En los cuales se enfatizaron los estudios al canal del río Magdalena en la Curva El Conejo. Luego de ello se realizó una búsqueda, mediante la herramienta google utilizando la frase "evolución de río meándrico", en la base de datos Dialnet. Se obtuvieron 10 publicaciones en español, los cuales se revisaron, y se utilizaron para la localización de otras 8 fuentes de referencia. SE GENERARON los mapas temáticos; (FIGURAS 16, 17, 20, 21, 22), utilizando un escáner de la serie EPSON L210. Luego se limpiaron las imágenes de cualquier contenido digital que no fuese de interés para su parcial tratamiento, utilizando el software de escaneo (EPSON L210 3,7,9,3ES) generando archivos de imagen de formato (JPG).

Los archivos generados luego de la limpieza fueron posteriormente tratados con el Programa de manipulación de imágenes GNU (Gimp 2,8,16), generando nuevos archivos (JPG) para su posterior georeferenciación en programa SIG (QGIS).

En el programa SIG (QGIS) se usó la herramienta raster del mismo; denominada georreferenciador; se dispuso a tomar 17 puntos utilizando como capas bases y gracias al complemento openlayer los servicios web de open street map y google earth, de esta manera se generó la georeferenciación a partir del lienzo del mapa bajo el código geográfico WGS84.

El resultado final FUERON mapas temáticos de las figuras (16,17,20,21,22), superpuestas a la imagen satélite de Google earth hybrid escala 1: 28,000.

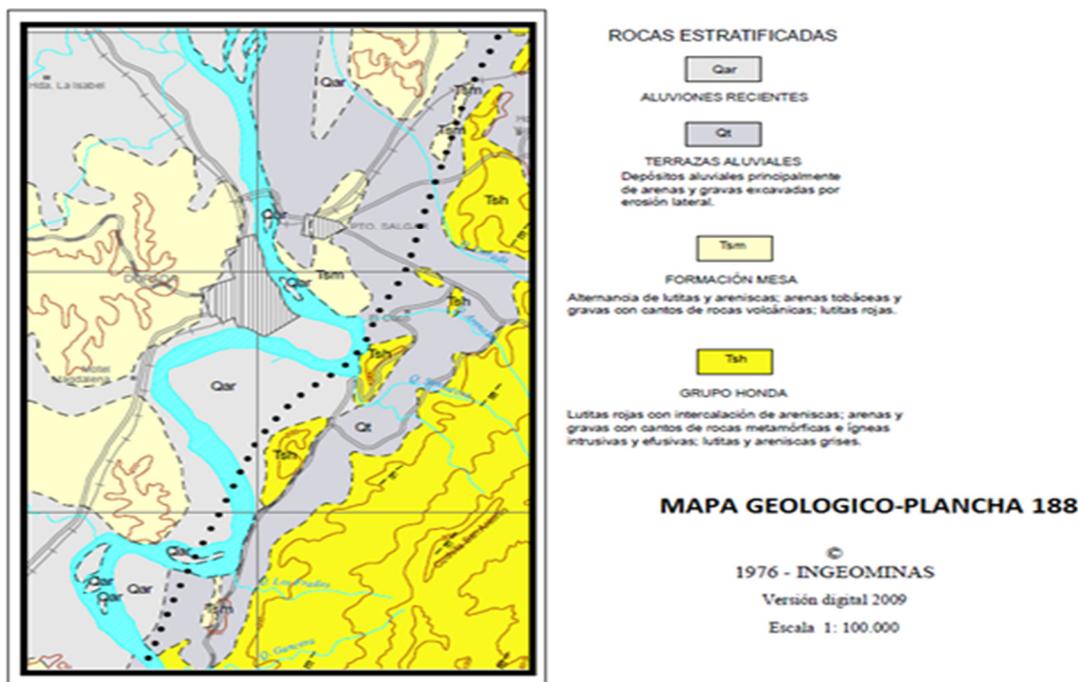


Figura 1: Mapa geológico (tomado del SGC, 2009)¹

Se realizó el monitoreo de la zona estudiada mediante interpretaciones fotogeológicas a partir del año 1924, hasta el año 2016, siguiendo su orden cronológico.

La variación en el cauce del meandro en la curva El Conejo, en el periodo comprendido entre 1924 y 1943, en vista de planta sufrió un desplazamiento aproximado de 56.588 metros (Fig. 2). en el periodo comprendido entre 1943 a 1952; la variación es de 149.1335 metros en una vista de elevación (Fig. 3). El dinamismo del meandro en la Curva El Conejo reflejado en un periodo que va desde el año 1952 al 1962 muestra un desplazamiento total de 809.334 metros (Fig. 4) lo cual comprende el tiempo de evolución más fuerte en un intervalo DE TIEMPO muy corto, lo que se interpreta como un comportamiento atípico respecto a los intervalos de desplazamiento anteriores. Durante el período comprendido entre 1962 y 1974, se observó cierta evolución en el ángulo de torsión del eje del río respecto a los periodos anteriores, observándose un desplazamiento de 347,591 metros, sobre

una vista de elevación, EL CUAL es demasiado fuerte, evidenciando un comportamiento anormal este sistema de drenaje (Fig. 4). PARA EL periodo comprendido entre el año 1974 al 1987; se observa un desplazamiento DE 219.170 metros (Fig. 5). Entre el año 1987 al 2016 se observa una relativa estabilidad en el canal del río ya que este presenta un desplazamiento casi imperceptible que comprende unos escasos decímetros.

El desplazamiento total del canal de este río meandriforme para un periodo total comprendido entre 1924 a 2016 fue de aproximadamente 1540 metros, dejando a su paso un gran depósito de sedimentos a manera de una extensa terraza entre los altos topográficos de la Formación Mesa; lo cual relaciona varios periodos de comportamiento normal y un gran salto generado por un comportamiento atípico (Fig. 6). Además según estos registros se puede analizar que actualmente se encuentra aún bajo una ligera evolución que es casi imperceptible en la actualidad (Fig. 6).

¹ Mapa geológico (tomado del SGC, 2009) que muestra: El Grupo Honda (Tsh), conformado principalmente por capas gruesas de gravas, arenas, gravas arenosas, y lutitas con pequeños porcentajes de rocas volcánicas (Porta,1965); la Formación Mesa (Tsm), constituida por arenitas tobáceas, conglomerados volcánicos y lodolitas (Guzmán,2012); a la cual se le asignó una edad Plioceno temprano (Dueñas & Castro, 1981); las terrazas aluviales (Qt) y los aluviones recientes (Qar) conformados por arena y grava.

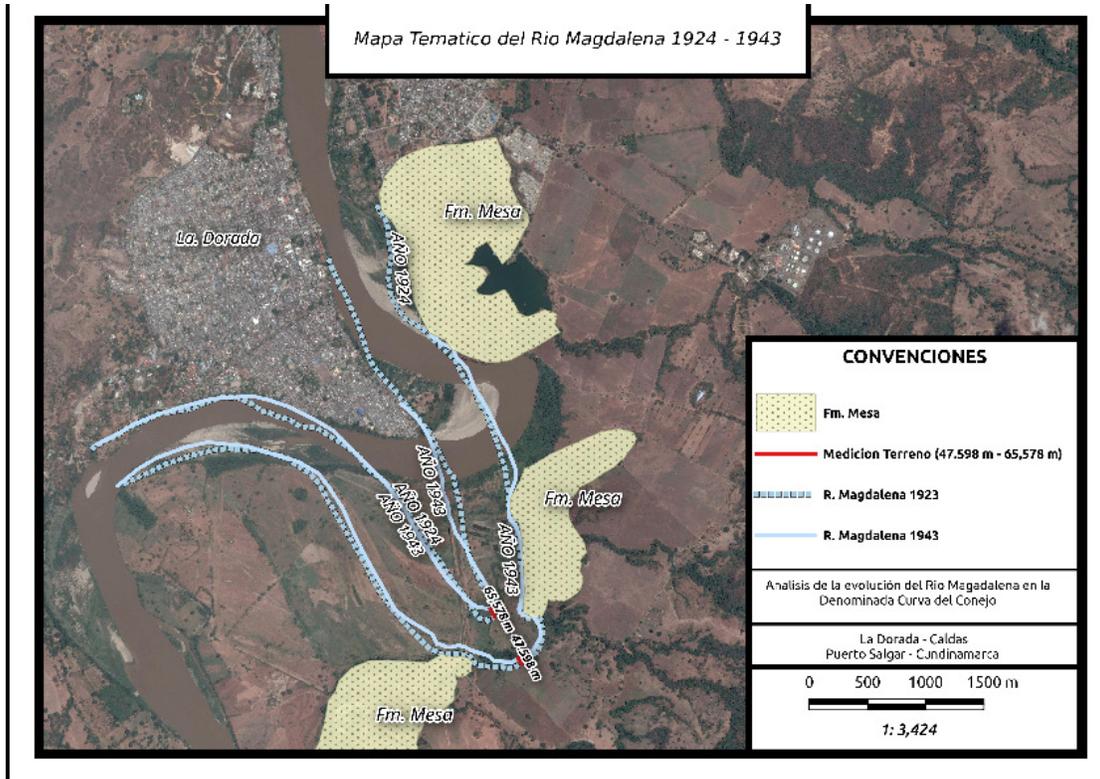


Figura 2.: Se observan 3 altos topográficos pertenecientes al Fm Mesa, funcionando como barreras naturales que controlan el drenaje.

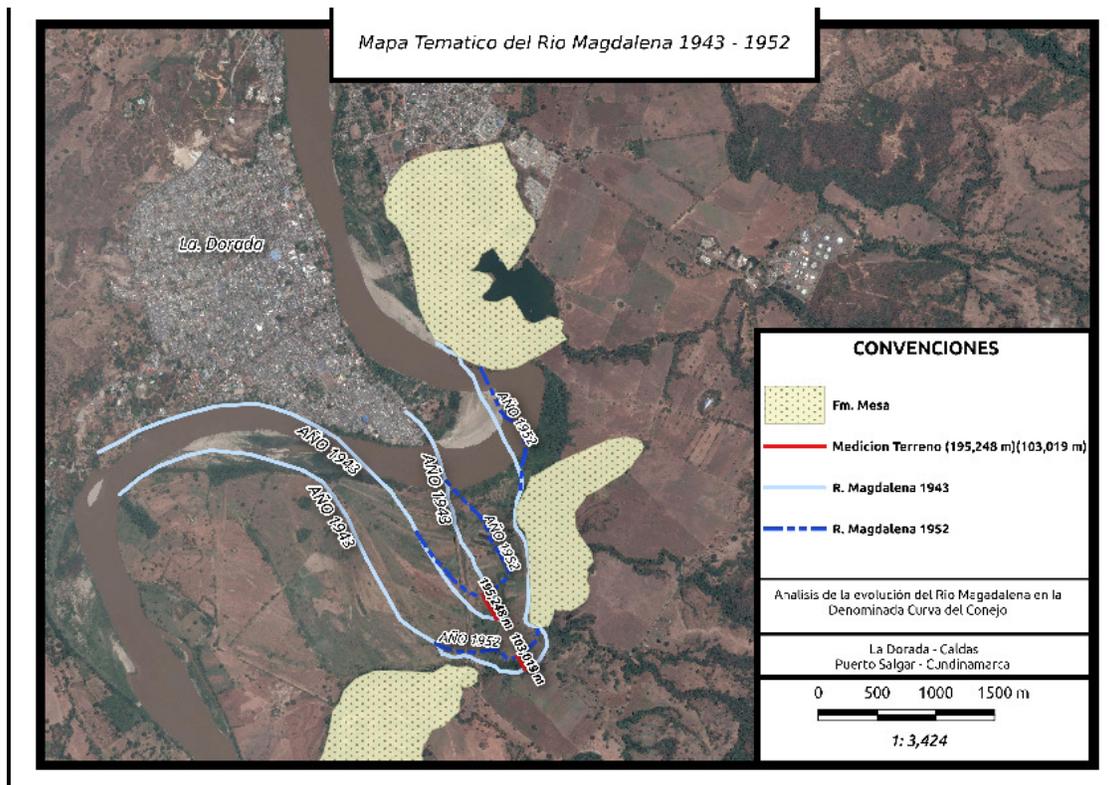


Figura 3. Se observa un equilibrio dinámico en sistema de drenaje meándrico; drenaje aún controlado por la Fm Mesa.

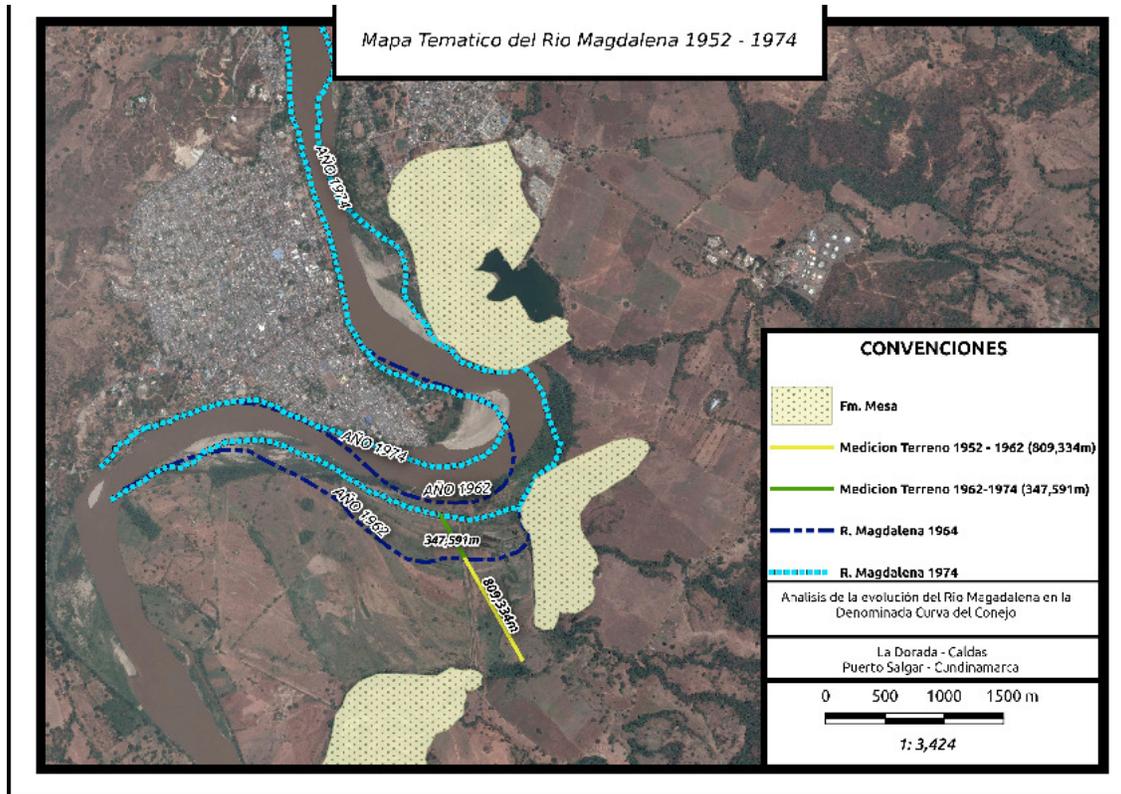


Figura 4. Comportamiento atípico debido a un aumento de la tasa de desplazamiento horizontal del canal de río.

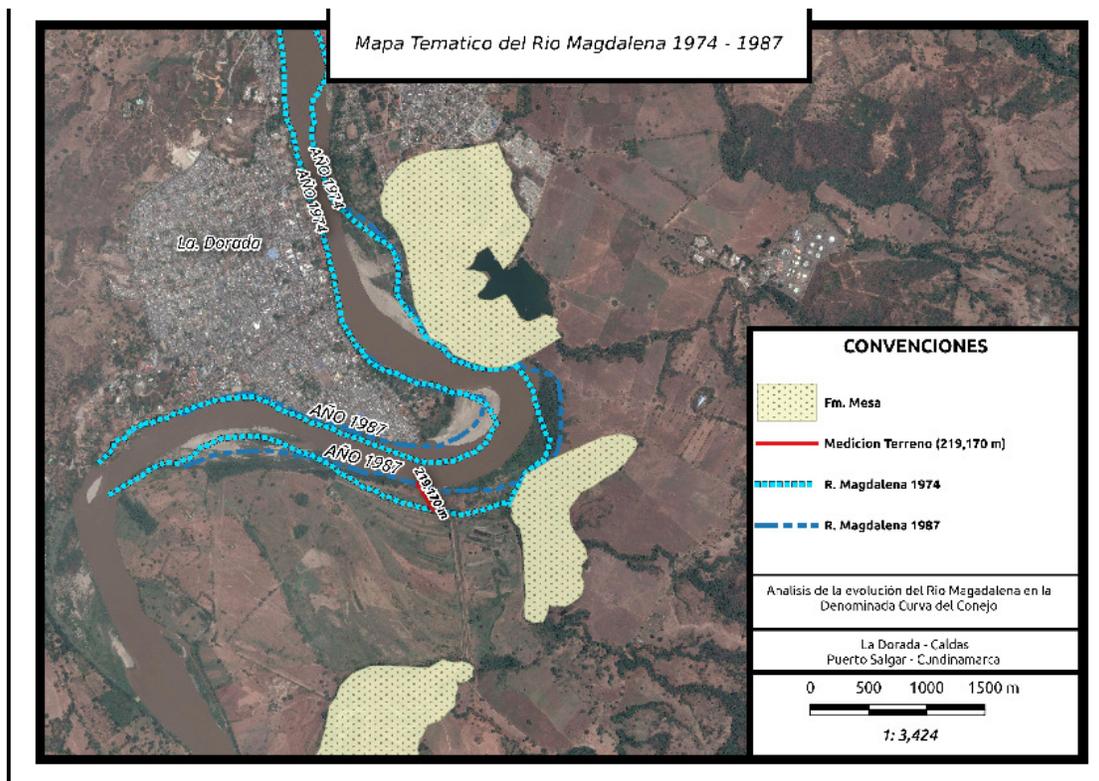


Figura 5. Estabilización de la evolución del canal, resultado de un contraste de anteriores multitemporalidades.

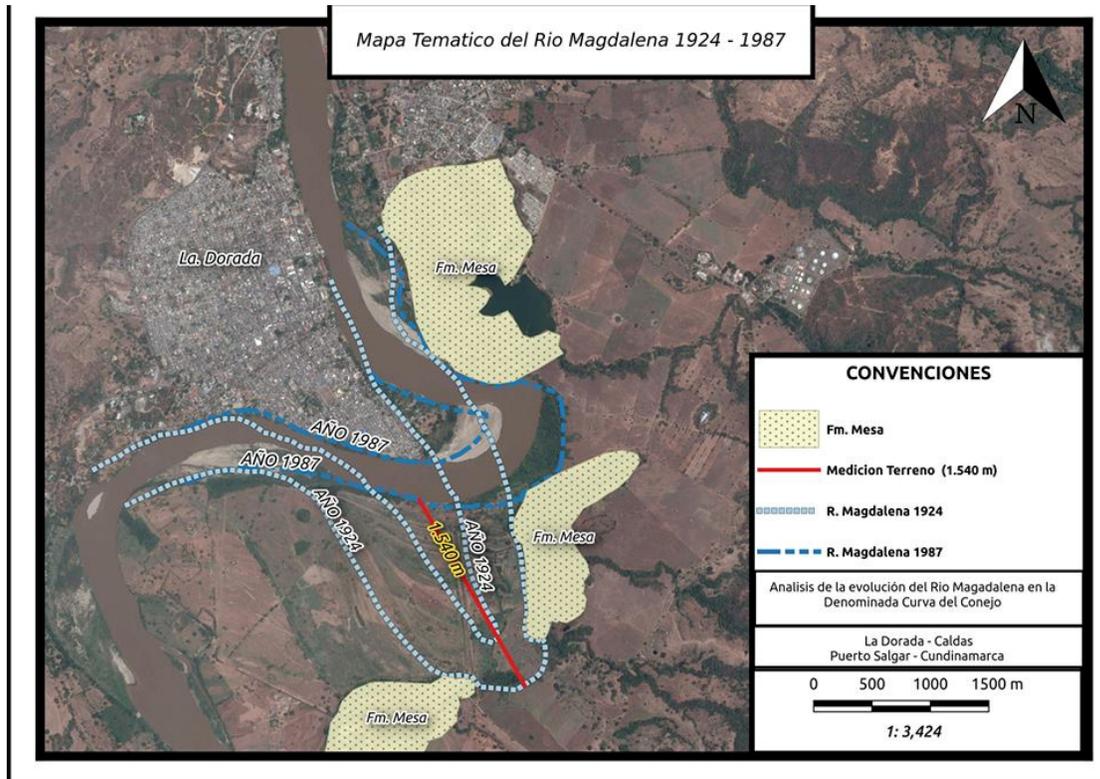


Figura 6. Desplazamiento total del canal en vista de elevación entre el periodo comprendido entre el año 1924, 1987 y 2016.

III. DISCUSIÓN

Según Chorley y Kennedy (1971) los sistemas de drenaje se ajustan y modelan constantemente. Ya que su naturaleza permanece en un equilibrio dinámico, esto se evidencia en las geoformas que evolucionan a través del tiempo (Olledo, Ballarín & Mora (2006); lo cual permite un desplazamiento vertical y lateral del cauce de los mismos (Werritty, 1997); para ello existen diferentes clasificaciones entre las cuales se encuentran: Brice (1981), Brookes (1987), Downs (1992), Hooke (1997) o Thorne (1998).

Dado que los ríos meándricos son sistemas en equilibrio dinámico, es decir, se encuentran en constante evolución de sus geoformas, del curso y trayecto de su canal, se puede inferir que hay ciertos comportamientos que se encuentran en los rangos normales de su dinamismo. Para este caso específico estudiado, el comportamiento se infiere como normal para periodos anteriores a año 1952 y posteriores al 1974.

El modelo de evolución del río Magdalena en la curva El Conejo, en el intervalo de 1952 a 1962, presenta un comportamiento atípico muy fuerte, evidenciado por un desplazamiento de 347,59 metros probablemente generado por factores geológicos y/o la realización de obras de ingeniería, que intentaron controlar la evolución normal del drenaje. Este a su vez se normaliza y permanece estable desde el año 1987 hasta la actualidad. Al realizar comparaciones con estudios hechos en otros sistemas de drenaje, podemos inferir:

Es aplicable el modelo de depositación de terrazas a lo largo del cauce del meandro según Olledo, Ballarín & Mora (2006); ya que su modelo realizado en el río Ebro (Aragón) por medio de herramientas SIG, muestra que el río se encuentra bajo un desequilibrio dinámico, evidenciado gracias a un repentino cambio en sus tramos rectos y de curvatura a través del tiempo. En el área de estudio de la

curva El Conejo hay un quiebre atípico similar y con una brusca evolución, en un periodo de tiempo muy corto comprendido entre los años 1952 hasta 1974

En un estudio realizado y propuesto por Segura (2014) Se usaron de modelos matemáticos para estimar el comportamiento de los drenajes, dependiendo de sus características de capacidad de carga, regímenes de flujo (caudal), y las diferentes unidades geomorfológicas presentes. En este caso no es aplicable a este río meandriforme ya que sus condiciones de evolución son anormales y aparentan no tener relación directa con su capacidad de carga ni su régimen de flujo.

Los trabajos realizados por Ollero (2011) contrastan con los realizados en el río Magdalena por componentes litológicos y del ángulo de las pendientes de las montañas, además de la gran diferencia en los valles de los ríos.

Estudios realizados por Conesa y col. (AÑO) coinciden con las razones del porqué los causes de los ríos pueden variar según de manera drástica según la actividad antrópica. Ya que en dichos estudios realizados mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica SIG se evidencian rupturas de los equilibrios normales de los drenajes a causa de la construcción de obras de ingeniería, en pro de las poblaciones aledañas a sistemas de drenaje.

Los trabajos realizados por Cerbuna, (AÑO) muestran el cambio en el trazo de cause en el río Ebro con análisis multitemporales como los realizados en este trabajo, ahora los cambios del río Magdalena son mucho más drásticos.

IV. CONCLUSIONES

El meandro CURVA EL CONEJO presenta cambios bruscos en el ángulo de torsión, generados a partir del año 1952 hasta el año 1962 lo que indica un comportamiento atípico.

El curso del canal durante este lapso de tiempo presentó una rápida evolución, generó así el aumento en la longitud de los tramos rectos del canal en sentido noroeste-sureste de la Municipalidad de La Dorada.

El desplazamiento del curso del canal del río Magdalena para un periodo comprendido entre el año 1924 al año 1987 es de aproximadamente de 1.540 metros observado desde una vista de elevación o de planta.

El rápido dinamismo del río también generó un aumento en la tasa de depositación entre los altos topográficos de la Fm.

Mesa, dejando como evidencia un área de baja altura topográfica, aproximadamente horizontal a manera de una amplia terraza que corresponde al paleojebe del meandro.

Actualmente el río se encuentra de nuevo bajo un equilibrio dinámico, es decir, se encuentra bajo parámetros de evolución normales del mismo.

RECOMENDACIONES

Sabiendo que los ríos meándricos son sistemas de drenajes de baja energía, caracterizados por una extensa llanura de inundación; se recalca que el Municipio de La Dorada-Caldas se encuentra cimentada sobre un área potencial de inundación; ya que está muy próxima al canal del río Magdalena. Se pretende que este estudio sirva de guía para la implementación de un Plan de Ordenamiento Territorial POT en esta localidad, disminuyendo así el potencial riesgo de una catástrofe posiblemente generada por una creciente en épocas de altas precipitaciones.

REFERENCIAS

- [1] Brice, J.C. (1981) Stability of relocated stream channels. Technical Report RD-80/158, Federal Highways Administration, 177 p., Washington, DC.
- [2] Brookes, A. (1987) The distribution and management of channelized streams in Denmark. Regulated rivers. Research and Management, 1, 3-16.
- [3] Carlos Alberto Guzmán-López (2012): Estructuras de deformación y génesis de sedimentos blandos en la Formación Mesa en el área de la Dorada (Caldas). GEOLOGÍA COLOMBIANA. Edición X Semana Técnica de Geología e Ingeniería Geológica. 37 (1), 10. Bogotá, Colombia.
- [4] Jorge Abel Castañeda & Fredy Matínez (1998). Evaluación preliminar de amenazas por inundación municipio de La Dorada. Corpocaldas- Alcaldía de La Dorada, Universidad de Caldas.
- [5] Chorley, R.J. y Kennedy, B.A, (1971). "Physical Geography: a systems approach". London Prentice Hall.
- [6] Díaz, E. & Ollero, O. (2005) Metodología para la clasificación geomorfológica de los cursos fluviales de la cuenca del Ebro.
- [7] Downs , P.W. (1992) Spatial variations in river channel adjustments: implications for channel management in south-east England unpublished PhD thesis, 340p., University of Southampton.

- [8] Dueñas, H. & Castro, G. (1981): Asociación palinológica de la Formación Mesa en la región de Falán, Tolima, Colombia. *Geología Norandina*. (3) 27-36.
- [9] GUERRERO, J., 1993. Magnetostragraphy of the upper part of the Honda Group and Neiva Formation. Miocene uplift of the Colombian Andes. An abstract of a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy in the Department of Geology in the Graduate School of Duke University.
- [10] Hooke, J.M. (1997) Styles of channel change, in Thorne, C.R.; *Applied fluvial geomorphology for river engineering and management*, 237-268, Chichester, Wiley.
- [11] KNIGHTON D. *Fluvial forms and processes*. Arnold Publi. & J. Wiley and sons, London, United Kingdom 1984.
- [12] Leopold, L., Wolman, G. and Miller, J. (1964). "Fluvial Process in Geomorphology". Dover Publication, Inc. New York.
- [13] Olledo, Ballarín & Mora (2006) Cambios en el cauce y el llano de inundación del río Ebro (Aragón) en los últimos 80 años, 12.50009 Zaragoza.
- [14] Porta, J. de, Colombia. *Léxico Estratigráfico Internacional*. Volumen V, Fascículo 4to, Paris. 1974.
- [15] Rosgen, D.L. (1994) *A classification of natural rivers*. Catena.
- [16] Rosgen, D.L. (1996) *Applied river morphology* Pagosa, Wildland Hydrology.
- [17] Segura-Serrano, L. Conocimiento de la dinámica fluvial como herramienta para la planificación territorial. Caso río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. VI Encuentro de Investigación y Extensión. Pág 12-21.
- [18] Thorne, C.R. (1998) *Stream reconnaissance bandhook: geomorphological investigation and analysis of river channels* Chichester, Wiley.
- [19] Van Dijk, W. M., W. I. van de Lageweg, and M. G. Kleinhans (2012), Experimental meandering river with chute cutoffs, *J. Geophys. Res.*, 117, F03023, doi:10.1029/2011JF002314.
- [20] Werritty, A. (1997) Short-term clianges in channel stability. In Thorne, C.R.; Hey, R.D. y Newson, M.D. (Eds.): *Applied, fluvial geomorphology ,for river engineering management*, 47-65, Chichester, Wiley