

Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)



Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entre ciencia e ingenieria 4 / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0586-3
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.863221910>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 501

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Entre Ciencia e Ingenieria 4” é uma obra que compreende os processos sob os quais se desenvolve, aplica e divulga a ciência, tecnologia e a inovação. Seu objetivo consiste em difundir trabalhos científicos que abrange diversos campos da Ciência e Engenharia que compõem os capítulos.

O volume abordará de forma categorizada e clara pesquisas e publicações com o objetivo central de analisar processos que possam ser utilizáveis em projetos e/ou trabalhos futuros. Além disso, apresenta uma análise ao desenvolvimento de temáticas que envolvem a saúde pública e coletiva, área das engenharias e ciência.

Desta forma, esse material se torna bem interessante por constituir temas, conhecimentos acadêmicos desenvolvidos e discutidos por diversas instituições de ensino e pesquisa do país e fora do país. Por isso, para necessária compreensão comum e explicitar trabalhos de forma altamente eficaz, a Atena Editora é capaz de oferecer e difundir a transferência de conhecimento com os mais debates centrados da liderança da ciência e engenharia com esta mais nova coleção.

Amanda Fernandes Pereira da Silva


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ACTIVIDAD ANTI-CHIKUNGUNYA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE PLANTAS PERTENECIENTES A LAS FAMILIAS VERBENACEAE, PIPERACEAE, POACEAE, LAMIACEAE, LAURACEAE Y MYRTACEAE: ESTUDIOS DE DOCKING MOLECULAR

Liliana Amparo Betancur-Galvis

Orlando José Jiménez Jarava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219101>

CAPÍTULO 2..... 24

CATALYTIC PYROLYSIS OF WASTE EXPANDED POLYSTYRENE TO OBTAIN STYRENE

Gerardo Pérez-Bravo


José Luis Contreras Larios

Jorge Francisco Rodríguez

Beatriz Zeifert

Tamara Vázquez Rodríguez

Jesús Eduardo Estrada Pérez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219102>

CAPÍTULO 3..... 37

EL GÉNERO Y SU IMPACTO EN EL NIVEL DE BURNOUT DE LOS DIRECTIVOS DE MIPYMES DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN EL ESTADO DE SONORA

Jesús Martín Cadena Badilla

Arturo Vega-Robles

Agustín Mejías Acosta

Joaquín Vásquez Quiroga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219103>

CAPÍTULO 4..... 53

ESTUDIO SOBRE LA APLICABILIDAD DE LOS RESIDUOS EN LA PRODUCCIÓN DE GEOPOLÍMEROS PARA USO EM HORMIGÓN

Laryssa Oliveira Bento

Thamila Barroso de Moura Alves

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Crisnam Kariny da Silva Veloso

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219104>

CAPÍTULO 5..... 62

ANÁLISIS MORFODINÁMICO DEL RÍO SINÚ ANTES Y DESPUES DE LA OPERACIÓN DE URRÁ I

Germán Vargas Cuervo


David Leonardo Valbuena Gaviria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219105>

CAPÍTULO 6..... 80

MEJORA DE PROCESO APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA


Esteban Rubio Ochoa
Laura Isela Padilla Iracheta
Jaime Eduardo Trejo Aguirre
Irving Torres Quezada
Jesús Eduardo Ramírez Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219106>

CAPÍTULO 7..... 92

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA MÓVIL ENFOCADA A UN ROBOT DE RESCATE


Martha Isabel Aguilera Hernández
Juan Antonio Algarín Pinto
Daniel Medina Romero
Manuel Ortiz Salazar
José Luis Ortiz Simón
Raúl Francisco Aguilera Hernández
Gustavo Rojo Velázquez
Daniel Olivares Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219107>

CAPÍTULO 8..... 110

PROYECTO MERCURIO CERO. REMOCIÓN DE MERCURIO MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN, EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO ARZOBISPO CUENCA MEDIA

Luis Eduardo Peña Prieto
Adriana Alméciga Gómez
Rafael Meza Benitez
Xiomara Jiménez Muñoz
Johanna Bonilla

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219108>

CAPÍTULO 9..... 123

REDUCTION OF WORKPLACE ACCIDENT RATES USING MATHEMATICAL STATISTICAL MODELS


Ramón A. Pons Murguía
Eulalia M. Villa González Del Pino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219109>

CAPÍTULO 10..... 130

SYSTEM MODELING RESEARCH PROJECT OF STUDENT'S GRADE POINT AVERAGE

Juan Carlos González-Castolo
Silvia Ramos-Cabral
Sara Catalina Hernández-Gallardo
Manuel Prieto-Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.86322191010>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	145
ÍNDICE REMISSIVO.....	146

ANÁLISIS MORFODINÁMICO DEL RÍO SINÚ ANTES Y DESPUES DE LA OPERACIÓN DE URRÁ I

Data de aceite: 03/10/2022

Germán Vargas Cuervo

Profesor Universidad Nacional de Colombia

David Leonardo Valbuena Gaviria

Universidad Nacional de Colombia

RESUMEN: Los sistemas fluviales de ríos tropicales de llanura, como el río Sinú presentan características geomorfológicas y morfodinámicas particularmente por su alta movilidad natural. La intervención antrópica de estos cauces por diferentes procesos urbanísticos, agropecuarios, o hidroeléctricos, afectan positiva o negativamente su sistema natural. La operación de embalses y presas localizados en los límites de las cuencas altas y medias causan diferentes efectos e impactos de las condiciones naturales de sedimentación, hidrología, hidráulica que se manifiestan en la movilidad de los sistemas fluviales sinuosos o meándricos. El río Sinú, localizado en las llanuras del Caribe colombiano, fue intervenido desde el año 1999 por la operación de Urrá I. De los resultados del comportamiento morfodinámico de la movilidad natural del río Sinú en su escenario natural (1968-1999) y controlado por el sistema Urrá (1999-2019), se puede establecer notables patrones de comportamiento diferencial. En el primer escenario natural el río Sinú se ha registrado una mayor movilidad del su cauce activo sobre el lecho mayor que en el escenario post Urrá, determinado por las diferencias de su canal de movilidad y la superficie del “cauce

permanente” como indicadores morfodinámicos. La definición de estos cauces permanentes en los análisis y mapas de frecuencias no solamente aportan información sobre la dinámica sino sobre su lineamiento y la estabilidad del cauce en un espacio y periodo de tiempo determinado. Se evidencia con el estudio una reducción del 28% de la movilidad del río Sinú luego de la operación de Urrá I. En este trabajo se presentan los resultados de las condiciones geomorfológicas, los comportamientos morfodinámicos, procesos erosivos y de sedimentación natural y activa (sobre el lecho mayor) del río Sinú antes y después de la operación de esta presa de Urra I. **PALABRAS CLAVE:** Río Sinú, Geología, Geomorfología, Morfodinámica.

ABSTRACT: The fluvial system of the tropical rivers of flood-plane, the Sinú River study identifies characteristics of geomorphology and macrodynamic in particular because of the high natural mobility. The river causes affected due to anthropic intervention as urbanistic, agriculture or hydroelectric process. The natural fluvial system could be affected assertively or negatively. The reservoirs and dam's operation occupy the location near the borders from the upper and middle basin, achieving different affections and impacts of the natural condition, respect to sedimentation, hydrology, and hydraulic, appear at the mobility of the fluvial system such as sinuous or meandric forms. The Sinú river passes through from the Colombian Caribbean Plain. Urrá I operation since 1999 affecting to the Sinú river cause. The morphodynamical behavior results from the natural mobility of the Sinú river

under natural scenery (1968 to 1999 period), and then Urrá System takes control (1999 to 2019). The comparison between both periods is the feasibility to identify differential behavior patrons. The Sinú River has the active cause running over the principal riverbed as the first natural setting, which signed more mobility. The Urrá scenery regulates the differences of its mobility channel and the “fixed cause” on the surface, which are macrodynamic indicators. The frequencies analysis and maps should define the “fixed causes” that are not alone given information concerning the dynamic, besides its lineally and stability of the cause occupying the space and period time specifically. The study shows evidence that Sinú River its mobility decreased by 28% after the Urrá operation started. This paper shows the geomorphological conditions, the morphodynamical behavior, erosive process, and natural and active sedimentation process (over mayor bedrive) from the Sinú River. Both sceneries: before and after of the Urrá’s dam operation.

KEYWORDS: Sinú River, geology, geomorphology, morphodynamic.

INTRODUCCIÓN

Cuando se abordada la dinámica fluvial en su contexto de estructura morfométrica, evidenciando la posición, forma y elementos de composición de los sistemas fluviales, se debe hacer referencia a uno de los mayores tratados de alto impacto en este tema, en el cual se reúnen los trabajos realizados durante los años anteriores a su aparición, *Fluvial Processes in Geomorphology* por Leopold et al (1964) donde se describe y compila con claridad los análisis del sistema fluvial que hasta el momento se llevaban desde un punto científico y cuantitativo. El progreso de las investigaciones y estudios sobre dinámica fluvial y formas resultantes, se evidencia sobre los sistemas fluviales plasmados por Schumm (1985) en su trabajo de *Patterns of Alluvial Rivers*, donde se describen con claridad las consideraciones para la clasificación y diferenciación de cauces activos, al igual que las premisas de cambio de escala tienen sobre las áreas de interés o de estudio. Para este mismo año el Instituto de Geografía de Bucharest (Rumania), en dirección del profesor Ion Zavoianu publicó: *Mophometry of Drainage Basins* (1985), un largo y preciso trabajo sobre los elementos cuantitativos y medibles sobre los sistemas de drenajes, incluyendo grandes sistemas fluviales. Esta muestra de desarrollos para la descripción y análisis de dinámica fluvial durante los años 80’s y 90’s es precisada y ahondada por Gutiérrez (2009) en su obra: *Geomorfología*, donde discrimina con claridad los aportes propios de cada década desde la Geología y Geografía a la dinámica fluvial.

Los cambios en ciencias de la computación marcaron avances muy importantes en los medios y formas de análisis sobre las Geociencias, permitiendo mayor procesamiento de información y visiones más complejas de los sistemas y procesos de la superficie terrestre (Delgado, 2003), en este contexto la hidrología (Rocha, 2010), la hidráulica y la dinámica fluvial han tenido beneficios y avances en el campo de la hidroinformática, llevando a cabo los análisis y procedimientos en estos campos a desarrollos más amplios

eficaces y rápidos (Olaya, 2004). Los trabajos de dinámica fluvial y la caracterización estructural de los hidrosistemas se han focalizado sobre los cambios temporales de forma, posición y movimientos de flujo y condiciones de sedimento (Freire & Siegle, 2010). Con ello se establecen trabajos que profundizan en el trazado cronológico y de formación de los hidrosistemas fluviales, como el trabajo presentado por Jáuregui et al (2016) sobre la dinámica fluvial en el Cuaternario sobre el Río Ebro, estableciendo los procesos y patrones de formación que dan forma al flujo actual, ayudando de esta manera a construir las tendencias que podrían desarrollar con los cambios futuros sobre el Hidrosistema, calculando impactos y cambios por las diferentes actividades antrópicas presentes. Trabajos de carácter similar con descripciones de los sistemas fluviales son presentados en la provincia de Córdoba Argentina (Degiovanni, Villegas, & Ulla, 2013), el Nor-Este de China (Yu et al, 2016), Oeste de China (Gao, Zongmeng, Pan, Liu, & Liu, 2016). Resaltando el trabajo de Ghinassi M, Lelpi A, Aldinucci M & M Fustic (2016) llamado: "Downstream-migrating fluvial point bars in the rock record" con el cual detallan a gran precisión los cambios morfométricos de barras en grandes hidrosistemas fluviales a través de ejemplos en diferentes partes del mundo (USA, Europa, Canadá, Turquía, Bolivia, Argentina, Asia), reconociendo un proceso activo y dinámico en los sistemas.

Randes avances se han encontrado en la simulación de situaciones teóricas o eventos futuros de cambio climático (Autómatas Celulares), tendencias sobre los sistemas evaluados y patrones (Minería de Datos e inteligencia Artificial) antes no tenidos en cuenta (Coulthard & Van de Wiel, 2006). Inclusive a la creación de sistemas inteligentes a la dinámica propia de los sistemas (Obregón, N & F, Fragala 2002. Villegas et al 2009).

Algunos trabajos se enfocan sobre análisis morfométricos que explican el origen y tendencia de formación de los sistemas de corrientes y su estructura actual, para ello Valla, G; Van der Beek, P & D, Lague (2010) realizan una simulación numérica del estado de formación e incisión del perfil longitudinal del lecho de varias corrientes, con el fin de calibrar y demostrar las tasas de erosión e incisión que tuvieron que sufrir en el tiempo para su desarrollo actual.

Para Colombia se distinguen trabajos detallados en el desarrollo y explicación de los hidrosistemas fluviales. Como los presentados por Vargas, (2008a y 2008b) "Dinámica de Cuerpos de Agua y Zonas Inundables" y "Geología y Geomorfología Aplicada a Ríos" respectivamente, enfocados sobre el Río Magdalena su navegabilidad marítima y fluvial. En la misma línea Ordoñez, J (2010) realiza un importante aporte con su trabajo: "El régimen del flujo y la morfología de los cauces aluviales", describiendo el comportamiento de los grandes afluentes en nuestro territorio a partir del número de Froude. En este mismo contexto Vargas, (2012) presenta un primer trabajo sobre la relación de la Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial aplicada en la Hidráulica de Ríos.

En el contexto del área de aplicación, Florez & Suavita (1997) en su trabajo: "Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia" establecen con claridad la

posición, desarrollo y comportamiento de los principales hidrosistemas fluviales, realizando una aproximación muy clara sobre el Río Sinú en su condición de desbordamiento de valle aluvial, partida fundamental en el caso de aplicación de la presente investigación. En esta misma publicación se esboza los primeros escenarios de amenaza sobre el Río Sinú que años anteriores fueron trabajados por Robertson (1984), y enfocados sobre la Avulsión de esta misma corriente en la formación de su delta (1987).

La dinámica fluvial y susceptibilidad a la erosión del Río Sinú fue abordada por Vargas, G (2005) en su trabajo: “Geología, Geomorfología, Zonificación de la Resistencia de los Materiales a la Erosión Fluvial Dinámica Fluvial y Zonificación de la Susceptibilidad a La erosión, Río Sinú, Sector Presa de Urrá – Tierralta, Córdoba”, para el estudio y diseños de obra de ingeniería para la protección contra la erosión lateral. En este estudio se destaca el alto movimiento lateral y frontal del cauce activo del Río Sinú en el sector de Tierralta.

Cuando se abordan los hidrosistemas a partir de la hidráulica fluvial, se presentan estudios, investigaciones y aportes científicos sobre el flujo de cauce activo y sus propiedades. Para este tema no se puede dejar de lado el trabajo de Chow, V (1994) y su libro sobre “Hidráulica de Canales Abiertos”, traducido al español en Colombia y utilizado en la mayoría de clases en cuanto a esta materia se refiere. De igual forma se rescatan numerosos trabajos y acercamientos sobre este tema en diferentes centros investigativos de nuestro país, rescatando los aportes de Rodríguez, H (2010) en su trabajo de: “Hidráulica Fluvial, Fundamentos y Aplicaciones - Socavación” en los cuales se hace una referencia detallada de los análisis necesarios para entender, estudiar y aplicar los cálculos sobre flujos en río, haciendo aplicaciones específicas sobre los efectos que diferentes obras ejercen sobre el cauce activo. Los estudios en ingeniería para el desarrollo de diferentes actividades de control, mantenimiento, conectividad sobre el cauce activo y el sistema fluvial son las principales características de descripciones en el flujo natural (U.S. Army Corps of Engineers, 1993. Blade, E et al 2009. Ceballos, D. 2011. Valbuena, D 2015. Valbuena, D 2016), con ello también las propiedades del flujo para los análisis de amenaza por desbordamiento en diferentes periodo de retorno (AVR-CAR, 2015. Valbuena, D 2016.). Muchos de estos trabajos en hidráulica fluvial representan documentos técnicos privados en el desarrollo de las obras pertinentes a ser utilizados.

Sin embargo, los sistemas fluviales no solo se encuentran influenciados sobre su estructura morfométrica o propiedades de flujo, como respuesta a la variabilidad climática y diferentes alteraciones que se tengan sobre su sistema. Fuertes implicaciones ejercen las actividades locales a pequeña, mediana y gran escala asociada a los recursos de explotación que sobre sus cauces se puede producir, cambios en su velocidad comportamientos naturales y respuestas a las inundaciones son fuertes problemas que se presentan (Vericat et al, 2014), debido a ello también se evidencian modificaciones importantes sobre los ecosistemas, variabilidad en sus comunidades y poblaciones (Béjar et al, 2014), la influencia de los hidrosistemas sobre su dimensión horizontal (planicies de

inundación) y vertical (Niveles freáticos) con el cambio y desarrollo de ecosistemas riparios son esquemas estudiados y modelados en la actualidad por su importancia en el desarrollo de actividades ecológicas, recuperación y planificación de hidrosistemas. Camporeale, Perucca, Ridolfi, & Gurnell, (2013); (Henshaw, Gurnell, Bertoldi, & Drake, (2013) ; Corenblit et al, (2014). Estudios integrales relacionando la geomorfología y la hidráulica de ríos con inteligencia artificial, resaltan el trabajo en el Sinú de Valbuena, (2017).

MARCO GEOGRAFICO Y CLIMÁTICO

El Rio Sinú nace en el nudo de paramillo a una altura de 3400 m.s.n.m. en la cordillera occidental colombiana, con una longitud aproximada de 350 km (Acosta, 2013). La parte alta del río, anterior a la central hidroeléctrica de URRRA, se caracteriza por un régimen montañoso y de mayor pendiente, cobijado por el área protegida: Parque Nacional Natural Paramillo (Martínez et al, 2005) el cual permite una cuenca menos intervenida, y un cauce de aguas más claras y con menor contaminación a las encontradas aguas abajo por las actividades económicas de ganadería, agricultura y desechos urbanos (Acosta, 2013). La sección media del río Sinú se establece a partir de la central hidroeléctrica hasta mediados del centro poblado Nueva Colombia (K115+0.000), donde la dinámica horizontal del cauce activo es mayor y de menor profundidad media. Los centros poblados de mayor importancia, de la cuenca media son Pasacaballos, Tierralta Bellavista y Las Palomas y en la cuenca baja Montería como capital del departamento de Córdoba, San Pelayo, Loricá y San Bernardo del Viento. Figura 1.

El rango anual de precipitación se encuentra entre los 52mm y 3195mm. Las zonas de más baja precipitación se localizan sobre la transición entre las cuencas media y baja y en el sector noroccidental de la cuenca baja cerca de su divisoria de aguas. Las condiciones de mayor precipitación se localizan sobre los puntos más altos y montañoso en asociación con la central hidroeléctrica, sector sur oriental de la cuenca media. La precipitación mensual multianual promedio disminuye a medida que se avanza por el cauce activo en dirección a su desembocadura. De esta manera pasada la descarga por la central hidroeléctrica la tendencia monomodal disminuye en aproximadamente la mitad (200mm) con lo observado sobre la cuenca alta.

El rango de temperatura para el área de estudio oscila entre los 21.30 °C y 27.71°C. Donde las menores temperaturas se asocian a la formación montañoso de la cuenca alta he inicio de la cuenca media que hace parte del área de estudio. En la cuenca media se presenta una temperatura de 27.17 °C, con una tendencia hacia su cuenca baja en el sistema cenagoso, llegando a los niveles superiores con 27.29 °C. La condición tropical del territorio permite definir una muy baja variación en temperatura a través del régimen de todo el año no superando cambios entre los 1 y 2 °C.

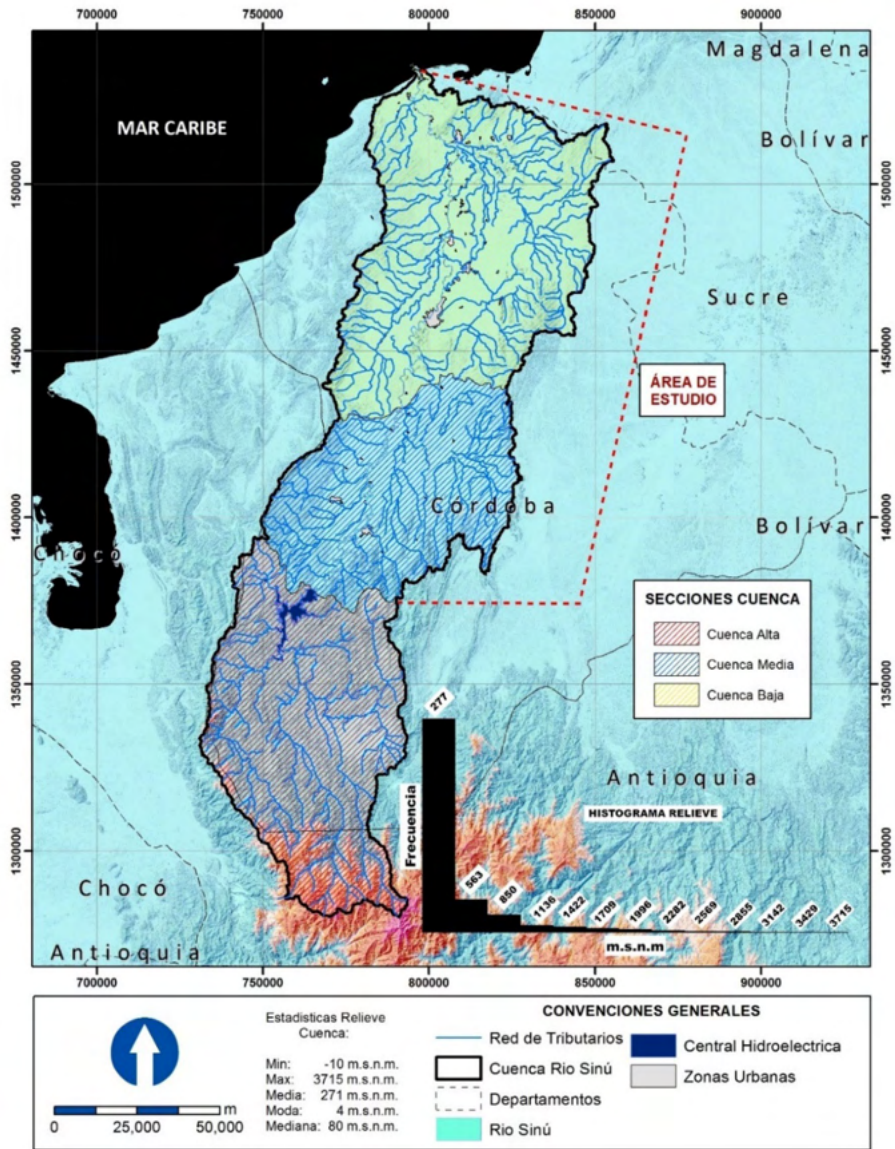


Figura 1. Marco geográfico y subcuencas del río Sinú.

GEOLOGÍA

Geológicamente, el área de influencia del cauce del río Sinú aguas abajo de la presa de Urrá, está compuesta por materiales de origen sedimentario que se distribuyen en depósitos inconsolidados del Cuaternario en un 80%, rocas del Terciario en 14.42% y el Cretáceo 5.58%. Las unidades de mayor distribución sobre el área de estudio se encuentran influenciadas por los procesos aluviales o fluviales en el Río Sinú.

Las condiciones geológicas que condicionan el cauce del río Sinú, se relacionan principalmente con la presencia de formaciones geológicas rocosas que ofrecen una resistencia muy alta a los procesos de erosión fluvial, a partir de las cuales se pueden identificar tres sectores: el sector Sur. Sitio de Presa – Tierralta (K0+000 a K41+000), está limitado en sus dos costados por rocas sedimentarias de edad Cretácico de la Formación Geológica denominada como Formación Cansona (Kscm) y la Formación San Cayetano de edad Terciario Paleoceno; el Sector central. Montería (K125+700 – K165+000) con la presencia de rocas sedimentarias de las formaciones San Cayetano (Pgsc) de edad Terciario Paleoceno, Ciénaga de Oro (Pgoco) de edad Terciario Oligoceno y Maralú (Pgom) de edad Oligoceno. Estas formaciones en general se componen de areniscas, conglomerados, arcillolitas, sales, limolitas y capas locales de calizas y el sector norte. Lorica (K238+500 – K253+400), controlado litológicamente en su margen derecha por un cerro rocoso compuesto por rocas sedimentarias del cretácico de la Formación Cansona (Ksc), rocas de la formación San Cayetano (Pgsc) y terrazas aluviales del Cuaternario. Las rocas son de tipo chert, limolitas silíceas, arcillolitas, areniscas conglomeráticas, y conglomerados. Geotec, 2003, Vargas 2008 y 2019). Figura 2.

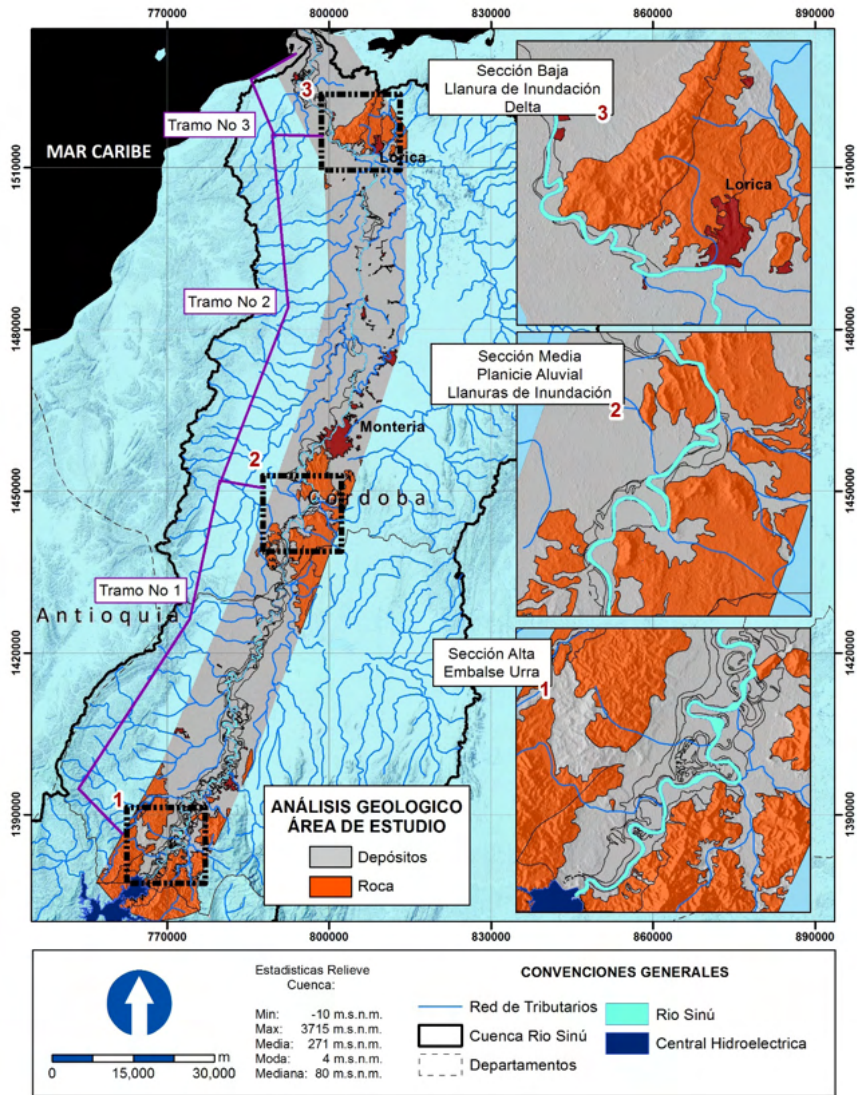


Figura 2. Mapa de unidades de roca y depósitos inconsolidados en la zona de influencia del río Sinú

GEOMORFOLOGÍA

Las formas naturales de origen fluvial asociadas al río Sinú son: cauce activo, lecho mayor, llanuras de inundación, meandros abandonados y delta fluvial. El Cauce activo del río Sinú presenta formas como rectilíneas, sinuosas, bifurcadas, y trenzadas. Figura 3.

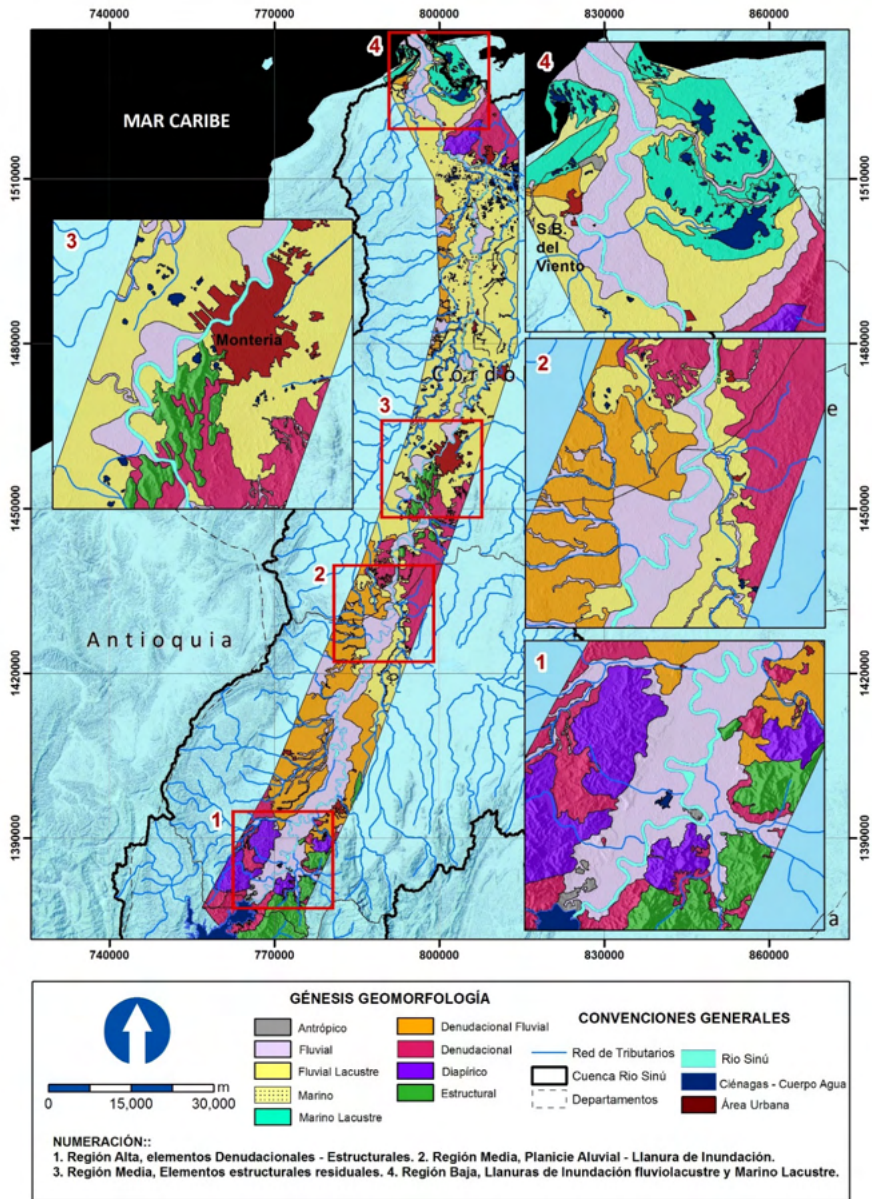


Figura 3. Mapa geomorfológico

La geometría del lecho mayor del río Sinú es variable, presenta cambios de su geometría con un ancho entre unos 150 metros a 5,7 km y cubre una superficie total de 312,1 km² sin contemplar el delta. En el interior del lecho mayor se presenta el cauce activo y su dinámica permite distinguir otras geoformas como las vegas de divagación. Para el Sinú se registran actualmente 135 zonas de meandros abandonados con sus formas

características de media lunas que cubren una superficie total de 21,49 km².

Dada su extensión, el río Sinú presenta pocas llanuras de inundación, solo se presentan en su cauce bajo en el sector de Lorica y hace parte del sistema de ciénagas de Lorica. Estas llanuras presentan cubetas convexas y planoconvexas que son ocupadas por cuerpos de agua de las ciénagas y planicies o llanuras potencialmente inundables. En estas zonas se presentan un gran número de caños que sirven como conectores entre las ciénagas, las llanuras y el río.

Estas geofomas se asocian al denominado Delta del río Sinú que comprende en su parte costera barras de arenas o playas, el lóbulo del delta activo, los canales fluviales y las llanuras fluvio marinas o comúnmente denominadas como marismas. Se componen de sedimentos de arenas y limos con niveles arcillosos y fragmentos de conchas calcáreas.

MORFODINÁMICA DEL RÍO SINÚ EN EL ESCENARIO NATURAL ANTES DE LA PRESA DE URRÁ (1968-1999) Y DESPUES DE LA OPERACIÓN DE URRÁ (1999-2019)

En un escenario natural. mediante un análisis multitemporal por diferentes tipos de sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes de satélite), del cauce activo del río Sinú se estableció el comportamiento de su movilidad sobre el lecho mayor. Tabla 1.

Año	Área cauce activo (km²)	Longitud del canal (km)	longitud del valle (km)	Índice de Sinuosidad
1999	30,98	276,10	203,51	1,36
1997	35,63	277,60	203,51	1,36
1990	32,66	281,51	203,51	1,38
1986	24,71	284,49	203,51	1,40
1973	35,91	279,75	203,51	1,37
1968	37,48	290,95	203,51	1,43

Tabla 1. Relación estadística de la morfodinámica multitemporal del río Sinú entre 1968 y 1999. Fuente: Vargas, 2019.

De estas estadísticas se puede resaltar las variaciones del espejo o cuerpo de agua del río Sinú en este periodo, presentando superficies valores máximos en el año 1968 con 37,48 km² y valores mínimos de 24.71 km² en 1986 y una tendencia más al descenso entre 1968 y 1999.

La longitud del canal o cauce activo muestra también una ligera tendencia a la disminución en este periodo pasando de 290,95 km en 1968 a 276.1 km en 1999 lo que indica que el río se ha hecho más rectilíneo hacia el final de este periodo. Los índices de sinuosidad del cauce río Sinú presentan valores entre 1,43 y 1,36 indicando el carácter de sinuosidad media a alta del río y que esta sinuosidad ha ido disminuyendo hacia el final

de este periodo. De un análisis de la presencia de islas y barras de arena del río Sinú se puede destacar la variabilidad de estos elementos morfológicos variando en número entre 1 (1973) y 25 (1990) cuerpos, con superficies que oscilan entre 5,1 km² (1968) el cual aparentemente es un valor anómalo y 0,05 km² (1973), sin embargo, se considera que en estos cambios también se relacionan con el ciclo hidrológico anual que se analizará posteriormente.

Del análisis de frecuencias del cauce activo en este periodo (1968 – 1999), se puede establecer que la zona de movilidad presenta una superficie total de 75,96 km² superando casi el doble del cauce activo de 1968 (39 km²) y del 1999 (31 km²), lo cual denota una alta movilidad del cauce. Tabla 2.

Valor	Frecuencia (%)	Área (km ²)
0	0	4,20
1	16	24,84
2	33	13,31
3	50	7,75
4	66	8,53
5	83	8,81
6	100	8,49

Tabla 2. Relación estadística de la frecuencia del río Sinú entre 1968 y 1999.

En el escenario intervenido después de la puesta en marcha de la presa de Urrá (1999-2019), las variaciones del área del espejo de agua del río Sinú en este periodo presentó máximos de 36,01 km² en el 2010 y mínimos de 27,40 km² y un promedio de 32,48 km². La longitud de la canal asociada a la morfodinámica fluvial y los periodos hidroclimáticos, presentó en este periodo valores de longitud medidos con los centroides de los cauces activos sin contemplar el área del delta con máximos de 282,08 km en 2002 y mínimos de 275,93 en el 2015. La longitud del valle es medida por el centroide del lecho mayor y es de 203,51 km. Respecto a la sinuosidad los cauces se presenta una homogeneidad con pocas variaciones entre 1,39 (2002) y 1,36 en el 2012, para un promedio multianual de 1,37. Del análisis de islas y barras de arenas y gravas el número de cuerpos registrados en la cartografía presenta valores máximos de 323 en el 2015 y mínimos de 14 en 1999.

Año	Área cauce activo (km2)	Longitud del canal (km)	longitud del valle (km)	Índice de Sinuosidad
2019	28,62	280,70	203,51	1,38
2018	34,24	280,22	203,51	1,38
2017	27,40	280,22	203,51	1,38
2015	33,09	276,44	203,51	1,36
2013	34,43	279,10	203,51	1,37
2012	36,47	275,93	203,51	1,36
2010	36,01	279,51	203,51	1,37
2007	31,59	280,47	203,51	1,38
2002	32,00	282,08	203,51	1,39
1999	30,98	276,10	203,51	1,36

Tabla 3. Relación estadística de la morfodinámica multitemporal del río Sinú entre 1999 y 2019. Fuente: elaboración propia.

Del análisis morfodinámico de frecuencias en el periodo 1999 – 2019, se determinó que el cauce activo ha permanecido constante en una superficie de 14,40 km², que representa el 26,71% del canal de movilidad y el 73% de este canal ha mostrado movilidad. Figura 4.

valor	Frecuencia (%)	Área (km2)
0	0	2,25
1	10	6,90
2	20	3,84
3	30	2,62
4	40	2,62
5	50	3,20
6	60	3,32
7	70	3,93
8	80	4,5
9	90	6,32
10	100	14,40

Tabla 4. Registros estadísticos de la frecuencia del cauce activo entre 1999 y 2019. Fuente elaboración propia.

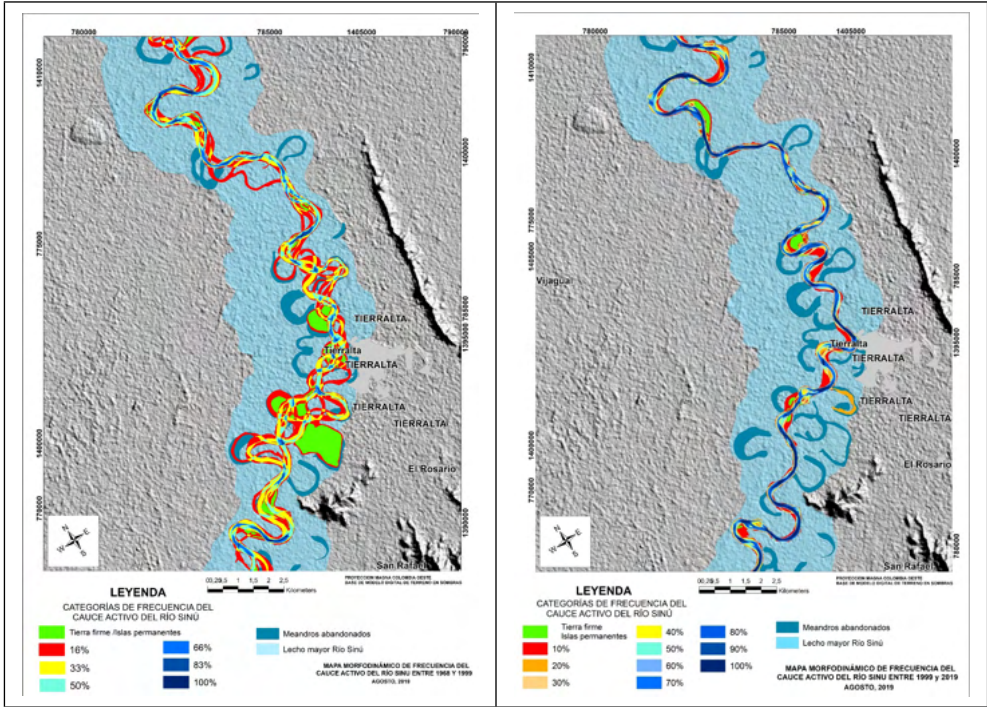


Figura 4. Ejemplo de mapas morfodinámicos de frecuencias de un sector del cauce del río Sinú en los dos escenarios 1968-1999 y 1999-2019. Nótese la alta dinámica del río en el primer escenario.

De los resultados de la movilidad del río Sinú en los dos escenarios antes y después de la Presa de Urrá, se evalúa su comportamiento morfodinámico estableciendo 33 zonas de comportamiento morfodinámico diferencial tomando como abscisado el centroide del lecho mayor que es constante y el canal de movilidad obtenido para los dos escenarios, es evidente la reducción de la movilidad del río Sinú en el escenario posterior a la presa, que se estima una reducción total del canal de movilidad en 20, 37 km que equivale a un 28%. Figura 5.

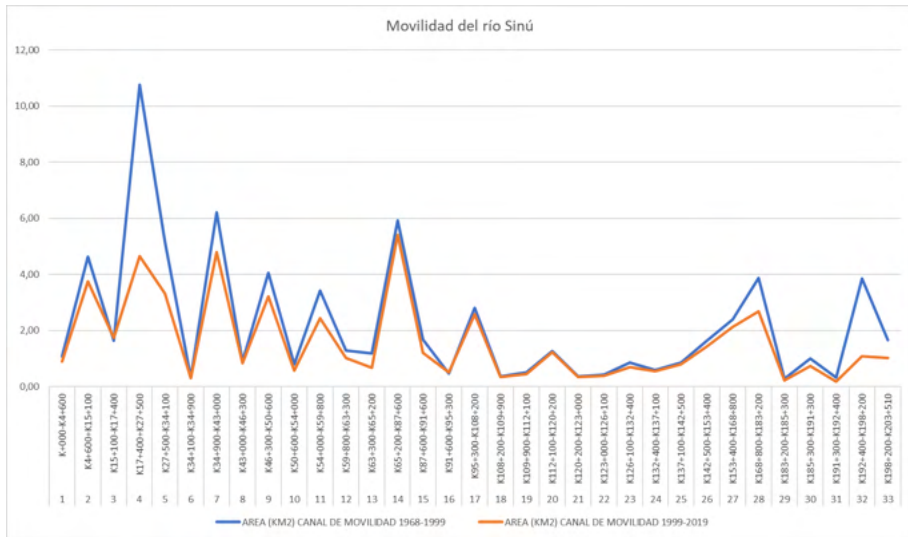


Figura 5. Gráfico del comportamiento morfodinámico del río Sinú en los escenarios antes y después de la Presa de Urrá.

PROCESOS NATURALES DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN FLUVIAL ASOCIADOS AL RÍO SINÚ

Para el escenario de cambio entre los ríos de 1968 y 1999, el cauce permanente cubre una superficie de 15,78 km², mostrando un alto porcentaje de sedimentación (38%) sobre el de erosión (27%). Esto se explica por qué el cauce de 1968 era de aguas más altas que la de 1999 y la movilidad del río entre estas dos fechas fue alta.

Para el escenario después de la Presa los procesos naturales de erosión y sedimentación fluvial se evaluarán entre los cauces activos de 1999 y 2019. De estos análisis se puede establecer que el cauce permanente entre estas dos fechas permaneció constante en un 49% y un área de 20,87 km², las zonas de erosión cubren 20% con una superficie de 8,35%, las zonas de sedimentación representan el 26% con una superficie de 11,04 km².

Respecto al escenario anterior a la operación de la presa de Urrá, definido entre 1968 y 1999, los procesos de erosión en este periodo post-presa (1999-2019) presentó una reducción del 53%, los de sedimentación una reducción del 49% y el cauce activo aumento un 29%.

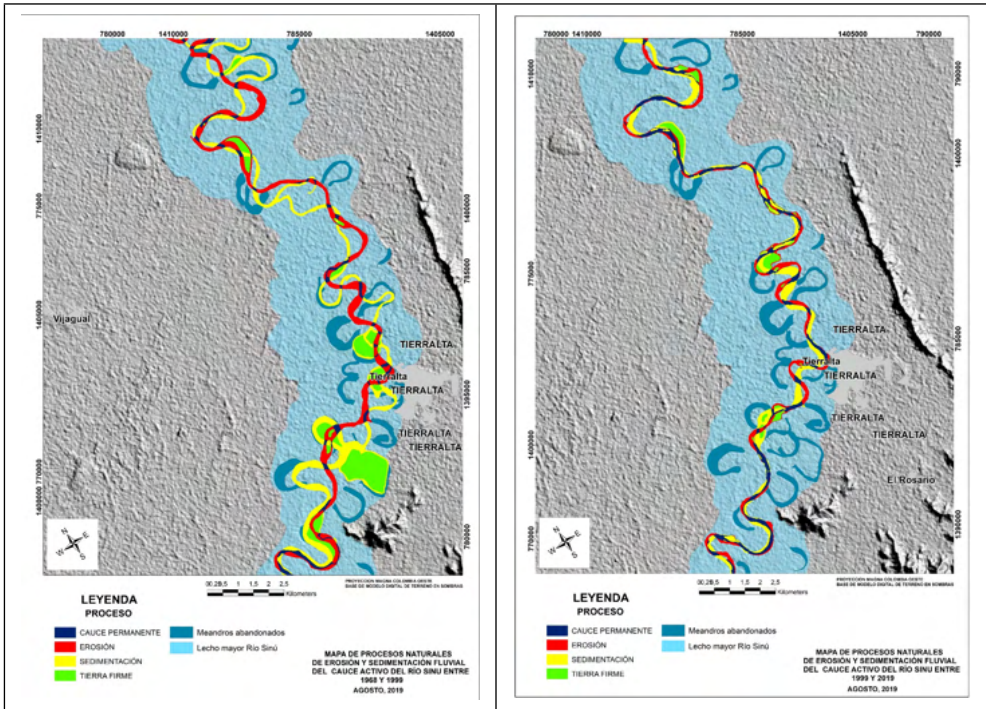


Figura 4. Ejemplo de mapas de procesos de erosión y sedimentación fluvial en el lecho mayor, de un sector del cauce del río Sinú en los dos escenarios 1968-1999 y 1999-2019.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a URRRA S.A. E.S.P. y en particular al Ingeniero Rafael Piedrahita y al Ingeniero Gutemberg José Gonzalez, por los aportes de información y la colaboración recibida para el desarrollo de varios estudios e investigaciones realizadas sobre el comportamiento morfodinámico del río Sinú y permitir su divulgación.

REFERENCIAS

Acosta, K. (2013). Documentos de trabajo sobre economía regional. La economía de las aguas del río Sinú. Cartagena, Colombia: Banco de la Republica. Centro de Estudios Económicos Regionales (CEER) - Cartagena.

Arnold Cathalifaud, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio.

Béjar, B., Gibbins, C., Vericat, D., Batalla, R., Buendía, C., & Lobera, G. (2014). Impact of gravel mining on benthic invertebrate communities in a highly dynamic gravel-bed river: an integrated methodology to link geomorphic disturbances and ecological status. Impact of gravel mining on benthic invertebrate communities in a highly dynamic gravel-bed river: an integrated methodology to link geomorphic disturbances and ecological status. Cinca, NE SPAIN, España: European Geosciences Union General Assembly.

Camporeale, C., Perucca, E., Ridolfi, L., & Gurnell, A. (2013). Modelling the Interactions Between River Morphodynamics and Riparian Vegetation. *Reviews of Geophysics*, 379-414.

Chow, V. T. (1994). *Hidraulica de Canales Abiertos*. Bogotá - Colombia: McGraw Hill. Colombia, C. d. (24 de Abril de 2012). Ley 1523 de 2012. Ley 1523 de 2012. Bogotá, DC, Colombia: Republica de Colombia.

Construcción & Consultoría Especializada I.t.d.a, & URRÁ. (2014). Informe Final de Monitoreo de Procesos Erosivos del Río Sinú. Montería - Córdoba: Empresa URRÁ S.A. E.S.P.

Consultoría B & G - URRÁ. (2016). Planes de Monitoreo Relacionados con los Componentes Hidrológicos e Hidráulicos contemplados en la Licencia Ambiental para la Central Hidroeléctrica URRÁ I. Montería - Córdoba: URRÁ S.A E.S.P.

Corenblit, D., Steiger, J., González, E., Gurnell, A., Charrier, G., Darrozes, J., . . . Voldoire, O. (2014). The biogeomorphological life cycle of poplars during the fluvial biogeomorphological succession: a special focus on *Populus nigra* L. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39, 546-563.

Coulthard, T., & Van de Wiel, M. (2006). A cellular model of river meandering. (E. S. Process, Ed.) *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 31, 123-132.

CRE. (1990). Control de Inundaciones, cuenca del Sinú. Montería - Córdoba: Comité Regional de Emergencias del Departamento de Córdoba.

CRE. (1991). Plan general para la prevención y atención de desastres en el Departamento de Córdoba. Montería - Córdoba: Comité Regional de Emergencias del Departamento de Córdoba.

CVS. (1983). Plan maestro de desarrollo integral de la cuenca hidrográfica del Río Sinú. Montería - Córdoba: Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y el San Jorge.

Degiovanni, S., Villegas, M., & Ulla, J. (2013). Análisis de la carga de fondo y dinámica de torte en el Río cuarto, provincia de Córdoba, como base para una minería de aridos sustentable. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Vol 70. No 2.

Freire, G., & Siegle, E. (2010). Migração lateral da desembocadura do Rio Itapocú, SC, Brasil: evolução morfológica e condicionantes físicas. *Revista Brasileira de Geofísica*, Vol 28, No 4.

Gao, H., Zongmeng, L., Pan, B., Liu, F., & Liu, X. (2016). Fluvial responses to late Quaternary climate change in the Shiyang River drainage system, western China. *Geomorphology*, 82-94.

GEOTEC (2003). Geología de los Cinturones Sinú San Jacinto. Escala: 1:100.000. Memoria Explicativa. Bogotá D.C. Colombia: Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero Ambiental y Nuclear - Ingeominas.

Ghinassi, M., Lelpi, A., Aldinucci, M., & Fustic, M. (2016). Downstream-migrating fluvial point bars in the rock record. *Sedimentary Geology* 334, 66-96.

Gutiérrez, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid - España: Pearson, Prentice Hall.

Henshaw, A., Gurnell, A., Bertoldi, W., & Drake, N. (2013). An assessment of the degree to which Landsat TM data can support the assessment of fluvial dynamics, as revealed by changes in vegetation extent and channel position, along a large river. *Geomorphology* 202, 74-85.

Jáuregui, Á., González, M., Mauz, B., & Lang, A. (2016). Dynamics of Mediterranean late Quaternary fluvial activity: An example from the River Ebro (North Iberian Peninsula). *Geomorphology* 268, 110-122.

Leopold, L. B., Wolman, M. G., & Miller, J. P. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology*. New York - USA: Dover Publications INC.

Martínez, A. J., Arboleda, G., Montalvo, E., Puche, M., Naranjo, L., Rodríguez, H., & Giraldo, A. (2005). Plan de manejo parque nacional natural Paramillo 2004 - 2011. Tierralta - Córdoba: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Dirección Territorial Noroccidental.

Newson, M. (2002). Geomorphological concepts and tools for sustainable river ecosystem management. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. Wiley InterScience. 12, 365-379.

Obregón Neira, N., & Fragala, F. (2002). Sistemas Inteligentes, ingeniería e informática. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 71-79.

Olaya, V. (2004). *Hidrología Computacional y Modelos Digitales de Terreno, Teoría, práctica y filosofía de una nueva forma de análisis hidrológico*. Madrid - España: Creative Commons Attribution Share-alike.

Robertson, K. (1984). *Geomorfología del Valle del Sinú. Dinámica Fluvial y Costera*. Mapas 1:100.000. Bogotá - Colombia: CIAF/CVS.

Robertson, K. (1987). Avulsión, cambio de curso y delta del Río Sinú. Bogotá: Memorias II simposio latinoamericano de sensores remotos.

Rocha, P. (2010). Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações humanas na dinâmica do ambiente fluvial. *Sociedade & Natureza*, Vol 22, No 1.

Rodríguez Díaz, H. A. (2010). *Hidráulica Fluvial, Fundamentos y Aplicaciones*. Socavación. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rodríguez, J. (2010). *Fundamentos de minería de datos*. Bogotá - Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Rodríguez, M. (2009). Lógica difusa como herramienta para interpretar datos de producción limpia en el sector agrícola. *IDESIA*, Vol 27, 101-105.

Schumm, S. (1977). *The Fluvial System*. New York: Wiley.

Valbuena Gaviria, D. L. (2015). Análisis de Hidráulica Fluvial (Modelo 2D) para el Río Guejar en el sector de Avulsión de su cauce, cerca a la localización del Pozo de perforación exploratoria Dumbo. Bogotá. D.C.: EIA TEC S.A.S.

Valla, P. G., Van de Beek, P. A., & Lague, D. (2010). Fluvial incision into bedrock: Insights from morphometric analysis and numerical modeling of gorges incising glacial hanging valleys (Western Alps, France). *Journal of Geophysical Research* Vol 115, 1-25.

Vargas, G. (2019). Análisis de la dinámica geomorfológica de los cauces mayor y menor del río Sinú antes y después de entrada en operación de la central hidroeléctrica Urrá I. Informe técnico.

Vargas, G. (2005). Geología, Geomorfología, Zonificación de Resistencia de Materiales a la Erosión Fluvial, Dinámica Fluvial y Zonificación de la Susceptibilidad a la Erosión, Río Sinú, sector presa de Urrá -Tierralta, Córdoba. Barranquilla: CVS, Universidad del Norte - IDEHA.

Vargas, G. (2008). Dinámica de Cuerpos de Agua y Zonas Inundables. En M. A. Ortega, Río Magdalena Navegación Marítima y Fluvial (1986 - 2008) (págs. 215 - 246). Barranquilla - Colombia: Ediciones Uninorte.

Vargas, G. (2008). Geología y Geomorfología Aplicada a Ríos. En M. A. Ortega, Río Magdalena Navegación Marítima y Fluvial (1986-2008) (págs. 183 - 214). Barranquilla - Colombia: Ediciones Uninorte.

Vargas, G. (2012). Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial aplicada a Hidráulica de Ríos. XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, -.

Vericat, D., Muñoz-Narciso, E., Béjar, M., Tena, A., Brasington, J., Gibbins, C., & Batalla, R. (2014). From the air to digital landscapes: generating reach-scale topographic models from aerial photography in gravel-bed rivers. From the air to digital landscapes: generating reach-scale topographic models from aerial photography in gravel-bed rivers. Cinca, NE España, España: European Geosciences Union General Assembly.

Valbuena, D., (2017). Geomorfología y condiciones hidráulicas del sistema fluvial del río Sinú. integración multiescalar 1945 – 1999 – 2016. Tesis de grado en geografía. Universidad Nacional de Colombia.

Villegas González, P. A., Obregón Neira, N., Lara Borrero, J. A., Méndez Fajardo, S., & Vargas Luna, A. (2009). Herramienta informática como apoyo en la toma de decisiones en proyectos de agua y saneamiento en comunidades indígenas. *Avances en Recursos Hidráulicos*, Numero 19. 39-55.

Zavoianu, I. (1985). *Morphometry of Drainage Basins*. Bucharest - Rumania: ELSEVIER.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Academic performance 130, 142, 143
Aceites esenciales 1, 2, 5, 7, 20, 21
Acoplamiento molecular 1, 4, 11
Activación alcalina 55
Agua residual 110, 111, 115, 117, 120, 121

C

Catalytic pyrolysis 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32
Chikungunya 1, 2, 3, 21, 22
Coagulación 110, 119
Compuestos cementosos 55
Concreto 53, 55, 61, 105, 145
Costos 80, 81, 82, 83, 117, 120, 121
Cultivo celular 3, 5, 6

E

Educational research 130
Eficiencia 51, 80, 81, 87, 88, 89
Electrocoagulación 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 121, 122
Estabilidad mecánica 92

F

Floculación 110, 119
Fundición 80, 81, 89, 90

G

Género 37, 38, 39, 40, 42, 44, 46, 48, 49, 52
Geología 62, 63, 64, 65, 67, 77, 79
Geomorfología 62, 63, 64, 65, 66, 69, 77, 78, 79
Geopolimerización 55, 56
Geopolímeros 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61
Grados de libertad 92, 94, 96, 100, 107, 108

I

Instrumento MBI 37, 45

L

Logistics models 123

M

Materiales alternativos 53

Mejora 80, 81, 89, 90, 130

Mercurio 110, 111, 115, 116, 117, 121, 122

MIPYMES 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 51, 52

Morfodinámica 62, 71, 72, 73

Multivariate statistics 123

N

Nivel de Burnout 37, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 48, 49

P

Performance improvement 123

Polymer 25, 26, 36

Polystyrene 24, 25, 26, 35, 36

Protocol formal description 130

R

Recycling 24, 25, 36

Reducción 4, 5, 6, 13, 62, 74, 75, 80, 81, 84, 112, 118

Regression models 123, 127, 131, 143

Rio Sinú 62, 65, 66, 67, 77, 78, 79

Robot de rescate 92, 93, 94, 96, 100, 101, 106, 108

S

Safety and Health Audits 123

Síndrome de Burnout 37, 39, 40, 42, 49

Sistemas mecánicos 92

Styrene 24, 25, 27, 30, 31, 35, 36

V

Virus 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22

W

Waste 24, 25, 35, 36, 54

Workplace accidents 123, 129




Entre
CIENCIA
e
INGENIERIA
4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 