

## **Estado del arte del proyecto: “GESTIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA – Caños Burro, Salado y Clarín Viejo”**

**Autores: NADIA OLAYA CORONADO - HENRY MAURY ARDILA - DORIAN RODRIGUEZ GONZALEZ.**

### **Resumen:**

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es un sistema lagunar estuarino léntico, cuyas principales fuentes de agua dulce provienen y la constituyen el río Magdalena (el más grande de Colombia) desde el oeste y varios ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) desde el este. La CGSM, es considerada como la más importante de todas las Ciénagas del Departamento y uno de los seis humedales de importancia mundial del País, por su extensión, su situación geográfica y por la riqueza ictiológica que contiene, cuyo valor económico es inestimable. Cuenta con un área de 4,280.00 km<sup>2</sup>, de los cuales 730 km<sup>2</sup> son espejos de agua. A partir de 1956 cuando se construyó la carretera Ciénaga – Barranquilla, se inició un proceso de degradación progresiva de la ecorregión, por la interrupción que hizo el terraplén de la vía. Esta situación fue agravada posteriormente por disminución de entrada de agua dulce al complejo proveniente del río Magdalena, bien por la excesiva sedimentación u obstrucción de canales debido a procesos naturales, aunado al incremento de acarreo de limos en suspensión por el caudal del río Magdalena, que evidencia procesos erosivos en su cuenca. Alta sedimentación de los ríos que nacen en la Sierra Nevada de Santa Marta. Fenómeno ENOS (El Niño - Oscilación del Sur), comúnmente conocido como el fenómeno del Niño – Fase Cálida - o de la Niña – Fase Fría y Acciones Antrópicas. Dado lo anterior hasta el momento se vienen desarrollando múltiples acciones por parte de la Autoridad Ambiental, sin embargo, no es suficiente y se ve como prioritaria la necesidad de trabajar en la construcción de un modelo conceptual que permita lograr el desarrollo sostenible de CGSM, teniendo en cuenta que el mal uso de estos cuerpos de agua por parte de la comunidad es uno de los factores principales que contribuyen a ahondar la crisis ambiental de estos humedales. Este modelo permitirá adicionalmente prevenir inundaciones en épocas de invierno en las poblaciones asentadas a lo largo de los caños Burro, Clarín Viejo y Salado (caso puntual de la investigación) y también recuperar la capacidad de transporte de flujo de agua dulce a estos cuerpos de agua que conforman el complejo lagunar de la CGSM. Lo anterior a través de identificar acciones que permita recuperar los cauces de las escorrentías principales de los canales, los cuales se encuentran altamente sedimentados, mejorar las conexiones hidráulicas existentes, mejorar la biofauna de la ecorregión en donde hacen su entrega cada uno de los caños, coadyuvar en la reducción de las temperaturas del entorno y recuperar la hidrodinámica del ecosistema de los canales objeto de la investigación.

### **Marco teórico:**

Se realizó una revisión de los textos de lagunas costeras, cuerpos de agua lénticos, sistemas deltáicos estuarinos, modelación numérica en cuerpos de aguas lénticos y torrenciales, artículos de investigación, trabajos de grado, proyectos de consultorías, publicaciones nacionales e internacionales referidas a investigaciones asociadas a los complejos lagunares

desarrolladas en Colombia y fuera de ellas; que estén disponibles en bibliotecas, bases de datos de consulta especializada e internet. Para lo cual, sólo dos estudios se han llevado a cabo, que se enmarcan en la recuperación del complejo lagunar CGSM: La firma Deeb&Sosa, empresa privada contratada por Pro-Ciénaga, desarrolló el modelo para la recuperación de los caños Clarín Nuevo, Torno, Alimentador, Almendros, Aguas Negras y Renegado a principio de la década de los años 90's; y, el INVEMAR en convenio con CORPAMAG y MADS, implementaron el modelo hidrosedimentológico entre los años 2016 y 2018; esta información fue desarrollada para ejecución de obras pero no para investigación. Por tanto, se requiere comparar y filtrar la información obtenida que permita evidenciar cada una de las tendencias con la aplicabilidad de los diferentes modelos matemáticos de uso libre y, de esta forma establecer pautas de desarrollo sostenible para enfrentar el cambio climático.

### **Estado del arte:**

Se realizó una revisión de los textos de lagunas costeras, cuerpos de agua lénticos, sistemas deltáicos estuarinos, modelación numérica en cuerpos de aguas lénticos y torrenciales, artículos de investigación, trabajos de grado, proyectos de consultorías, publicaciones nacionales e internacionales referidas a investigaciones asociadas a los complejos lagunares desarrolladas en Colombia y fuera de ellas; que estén disponibles en bibliotecas, bases de datos de consulta especializada e internet. Para lo cual, sólo dos estudios se han llevado a cabo, que se enmarcan en la recuperación del complejo lagunar CGSM: La firma Deeb&Sosa, empresa privada contratada por Pro-Ciénaga, desarrolló el modelo para la recuperación de los caños Clarín Nuevo, Torno, Alimentador, Almendros, Aguas Negras y Renegado a principio de la década de los años 90's; y, el INVEMAR en convenio con CORPAMAG y MADS, implementaron el modelo hidrosedimentológico entre los años 2016 y 2018; esta información fue desarrollada para ejecución de obras pero no para investigación. Por tanto, se requiere comparar y filtrar la información obtenida que permita evidenciar cada una de las tendencias con la aplicabilidad de los diferentes modelos matemáticos de uso libre y, de esta forma establecer pautas de desarrollo sostenible para enfrentar el cambio climático. (De la Peña, Y., Bordeth, G., Campo, H., & Murillo, U., 2018; Caro Moreno, 2016; Reales Utria, A. 2016, Meléndez Monroy, Paternina Sierra & Velásquez Martínez, 2018; Trejos Rosero, Badillo Sarmiento & Irreño Quijano, 2019; Pérez, 2019; Nuñez, M., ET AL, 2018).

### **Bibliografía:**

Caro Moreno, J. (2016). Funding of technological innovation in the services sector in Colombia. *ECONÓMICAS CUC*, 37(2), 89-114. <https://doi.org/10.17981/econcuc.37.2.2016.05>

De la Peña, Y., Bordeth, G., Campo, H., & Murillo, U. (2018). Clean Energies: An Opportunity to save the Planet. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 21-25. Retrieved from <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/91>

Virginia Ruiz-Villanueva, Ernest Bladé, Martí Sánchez-Juny, Belén Martí-Cardona, Andrés Díez-Herrero, José María Bodoque; Modelado numérico bidimensional del transporte de madera. *Journal of Hydroinformatics* 1 de septiembre de 2014; 16 (5):1077-1096. doi: <https://doi.org/10.2166/hydro.2014.026>

Bermúdez, M. , Neal, JC , Bates, PD , Coxon, G. , Freer, JE , Cea, L. y Puertas, J. ( 2017 ), Cuantificación de la dinámica local de las precipitaciones y condiciones de límites inciertas en un regional-local anidado sistema de modelado de inundaciones , *Water Resour. Res.* , 53 , 2770 - 2785 , doi: 10.1002 /2016WR019903 .

Álvarez, M .; Puertas, J .; Peña, E .; Bermúdez, M. Análisis de inundaciones bidimensionales de ruptura de presas en regiones con escasez de datos: el estudio de caso de la presa de Chipembe, Mozambique. *Agua* 2017 , 9 , 432.

Meléndez Monroy, Y., Paternina Sierra, J., & Velásquez Martínez, D. (2018). Procesos de paz en Colombia: derechos humanos y familias víctimas del conflicto armado./ Peace processes in Colombia: human rights and victim families of the armed conflict. *JURÍDICAS CUC*, 14(1), 55-74.  
<https://doi.org/10.17981/juriduc.14.1.2018.03>

Øyvind Pedersen , Nils Rütther . (2019) Modelado CFD como parte de un estudio de caso de modelado híbrido para una estación de medición con hidráulica desafiante . *Aplicaciones de ingeniería de mecánica de fluidos computacional* 13: 1, páginas 265-278.

Roman Gabl , Maurizio Righetti . (2018) Criterios de diseño para un tipo de orificio asimétrico en un tanque de compensación utilizando CFD . *Aplicaciones de ingeniería de mecánica de fluidos computacional* 12: 1, páginas 397-410.

García-Feal, O .; González-Cao, J .; Gómez-Gesteira, M .; Cea, L .; Domínguez, JM; Formella, A. Una herramienta acelerada para el modelado de inundaciones basada en Iber. *Agua* 2018 , 10 , 1459.

Núñez, M., Correa, J., Herrera, G., Gómez, P., Morón, S., & Fonseca, N. (2018). Estudio de percepción sobre energía limpia y auto sostenible. *IJMSOR: International Journal of Management Science & Operation Research*, 3(1), 11-15. Recuperado a partir de <http://ijmsoridi.com/index.php/ijmsor/article/view/89>

Pérez, C. (2019). Business innovation at the service of the micro and small business of North-Santander: for regional competitiveness. *ECONÓMICAS CUC*, 40(1), 91-104.  
<https://doi.org/10.17981/econcuc.40.1.2019.06>

Josep Lluís Ruiz-Bellet, Xavier Castellort, J. Carles Balasch, Jordi Tuset, Uncertainty of the peak flow reconstruction of the 1907 flood in the Ebro River in Xerta (NE Iberian Peninsula), *Journal of Hydrology*, Volume 545, 2017, Pages 339-354, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.12.041>.

Victor R Baker, Geomorphological understanding of floods, *Geomorphology*, Volume 10, Issues 1–4, 1994, Pages 139-156, ISSN 0169-555X, [https://doi.org/10.1016/0169-555X\(94\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0169-555X(94)90013-2).

Trejos Rosero, L., Badillo Sarmiento, R., & Irreño Quijano, Y. (2019). El caribe colombiano: entre la construcción de paz y la persistencia del conflicto. Colombian Caribbean Region: between peacebuilding and the persistence of conflict. *JURÍDICAS CUC*, 15(1), 9-46. <https://doi.org/10.17981/juridcuc.15.1.2019.01>

Amponsah, W., Marchi, L., Zoccatelli, D., Boni, G., Cavalli, M., Comiti, F., Crema, S., Lucía, A., Marra, F., Borga, M. Caracterización hidrometeorológica de una inundación repentina asociada con efectos geomórficos importantes: evaluación de las incertidumbres de descarga máxima y análisis de la respuesta de escorrentía (2016) *Journal of Hydrometeorology*, 17 (12), págs. 3063-3077. Citado 15 veces. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85007151968&doi=10.1175%2fJHM-D-160081.1&partnerID=40&md5=2ab1190cb7bda386595d01688caef578> DOI: 10.1175 / JHM-D-16-0081.1

Strahler, ; Análisis cuantitativo de la geomorfología de cuenca (1957) *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), págs. 913-920. Citado 2538 veces. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84975030700&doi=10.1029%2fTR038i006p00913&partnerID=40&md5=a67333ba7940fabfd57b2b90f53c5f38> DOI: 10.1029 / TR038i006p00913

Ballesteros Cánovas, J.A., Eguibar, M., Bodoque, J.M., Díez-Herrero, A., Stoffel, M., Gutiérrez-Pérez, ; Estimating flash flood discharge in ungauged mountain catchment with 2D hydraulic models and dendrogeomorphic palaeostage indicators (2011) *Hydrological Processes*, 25 (6), pp. 970-979. Cited 74 times. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952093944&doi=10.1002%2fhyp.7888&partnerID=40&md5=8e81d55ac273f5e958d4535c90db23f9>

Reales Utria, A. (2016). La democracia representativa en el marco de los derechos humanos en Colombia. / Representative democracy in the framework of human rights in Colombia. *JURÍDICAS CUC*, 12(1), 9-16. Recuperado a partir de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/juridicascuc/article/view/1112>

Castelltort, F.X., Bladé, E., Balasch, J.C., Ribé, M. 57214591572;24464391700;36020112200;55369152700; The backwater effect as a tool to assess formative long-term flood regimes (2020) *Quaternary International*, . Cited 1 time. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078821034&doi=10.1016%2fj.quaint.2020.01.012&partnerID=40&md5=381cef6e749742133b2758e826933b71>

Prado-Hernández, J.V., Pascual-Ramírez, F., Cristóbal-Acevedo, D., Valentín-Paz, Ó.G., Carrillo-García, M., Martínez-Ruiz, A., Sánchez-Morales, J.J.F. 26025250100;23985783300;6508050207;57211621562;56896157600;57194182941;57215664393; Application of HEC-HMS and IBER in the numeric modeling of floods in the Rio San Sebastian of the municipality of Totolapan, Morelos, Mexico (2019) *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 239, pp. 263-274. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85081605830&doi=10.2495%2fWS190231&partnerID=40&md5=c35b5e29670a6533fd8d3b2a07bf8188> DOI: 10.2495/WS190231

Naiji, Z., Mostafa, O., Amarjoun, N., Rezqi, H. 57209363765;57209361460; 57190275488; 6506017124; Aplicación de modelado hidráulico bidimensional en el mapeo de riesgo de inundación. Un caso del área urbana de Zaio, Marruecos (2019) *Geocarto Internacional*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85067558045&doi=10.1080%2f10106049.2019.1597389&partnerID=40&md5=d98dde82df9539a32410c4fc27fd807c> DOI: 10.1080 / 10106049.2019.1597389

Vargas, J., Rivera, L., Salazar, A., Robledo, V., Chang, P., Temgoua, AGT 57195724367; 57211563154; 57197843133; 57215428612; 57212647040; 56971554300; Estudio comparativo de los softwares HEC-RaS, IBER y flow 3D en el estudio de las características de flujo através de un meandro dinámico en Colombia (2019) Actas, Conferencia Anual - Sociedad Canadiense de Ingeniería Civil, 2019-junio, <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85080866125&partnerID=40&md5=fb133179a36c0fc136c519ab204382b6>

García-Feal, O., González-Cao, J., Gómez-Gesteira, M., Cea, L., Domínguez, JM, Formella, A. 56458801700; 55341979800; 7003669251; 15829133400; 55696865500; 57202520194; Una herramienta acelerada para el modelado de inundaciones basada en Iber (2018) Agua (Suiza), 10 (10), art. No. 1459, Citado 12 veces. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85055002628&doi=10.3390%2fw10101459&partnerID=40&md5=71fe5d1a2c568688e34eb41747aade38>  
DOI: 10.3390 / w10101459

PEREZ, Jhonny I .; ESCOBAR, Jairo R. y FRAGOZO, Jose M ..Modelado hidráulico de inundaciones 2D en regiones con escasez de datos El caso del delta del río Ranchería, Riohacha-