

**INFORME TÉCNICO FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Estudio de la relación entre la dinámica oceanográfica del Golfo de Urabá, y la dispersión de contaminantes orgánicos y de sedimentos y el planteamiento de posibles acciones de manejo.**

**Código Colciencias: 111809-17737  
Número del Contrato: RC No. 323-2005**

**Entidades Ejecutoras  
Universidad Nacional de Colombia sede Medellín  
Universidad de Antioquia  
Universidad Medellín**

**Investigador principal  
Francisco Mauricio Toro Botero.**

**Coinvestigadores  
Gladys Bernal  
Alvaro Wills Toro  
Nestor Jaime Aguirre Ramirez  
Judith Betancur Urán  
Carlos Palacio Tobón  
Luis Javier Montoya Jaramillo  
Paola Andrea Roldán Vàsquez  
Alexandra Alvarez Laines  
Felipe Gomez  
Rubén Darío Montoya Ramirez  
Jaime Ignacio Vélez Upegui  
Evelio Andrés Gómez Giraldo (recibió direcciones de tesis durante Sabático del profesor Mauricio Toro)**

**Grupos de investigación  
-Grupo Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos - PARH  
-Grupo de investigación en Oceanografía e Ingeniería Costera de la Universidad Nacional – OCEANICOS  
-Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental-GAIA. Universidad de Antioquia.  
-Grupo de Microbiología Ambiental Aplicada-MAPLA. Universidad de Antioquia.  
-Grupo Grupo de Investigación en Ingeniería Civil – GICI. Universidad de Medellín.**

**Medellín, Mayo de 2008**

## SIPNOSIS

Se realizó un estudio en el golfo de Urabá sobre la hidrodinámica marina, los contaminantes orgánicos y los sedimentos. Para ello se realizaron cuatro campañas de campo en las que se midieron perfiles de parámetros fisicoquímicos como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto y pH, para relacionarlos con diferentes variables microbiológicas como coliformes fecales (e injuriadas), coliformes totales (e injuriadas), bacterias heterótrofas, enterococos, *Vibrio sp.*, *Salmonella sp.*, entre otros; también se realizaron mediciones de sedimentos en suspensión y se analizaron muestras de sedimentos de las capas superficiales del lecho del golfo de Urabá. Con la información recolectada se calibró y validó el modelo hidrodinámico ELCOM para inferir y predecir la hidrodinámica en la zona. Se realizaron modelaciones para reproducir las condiciones de las campañas, también se simuló las condiciones medias para las dos principales épocas climáticas en la zona, se encontró que cuando los vientos soplan del suroeste, la circulación de la pluma del río Atrato es hacia el noreste, saliendo del golfo por el flanco oriental y dejando las zonas sur y noroeste con salinidades altas y que cuando los vientos soplan del noroeste o no se presenta viento, se observa que la pluma alcanza a gran parte de la bahía Colombia. En bahía Colombia se encontró la circulación se caracteriza por la presencia de dos vórtices, uno que gira en sentido horario en la zona occidental y otro que gira en sentido antihorario en la zona oriental. Se encontró que los ríos cumplen un papel fundamental la dinámica oceánica de la zona y en la dispersión de sedimentos y contaminantes biológicos. En el golfo existe una fuerte estratificación por la diferencia de salinidades entre las aguas del golfo y la de los ríos que hace que se forme una capa superficial dulce de no más de 2 m. Se pudo observar una asociación muy fuerte entre los patrones de dispersión de sedimentos y la circulación de las capas superficiales, un fenómeno similar se encontró con la dispersión de indicadores biológicos, los cuales decaen fuertemente con la salinidad.

Se establecieron tres zonas de transporte de sedimentos: la primera localizada en el noroeste del golfo, que va de norte a sur y se relaciona con los aportes oceánicos, la segunda localizada en la parte media del golfo; condicionada por los aportes del río Atrato, y la tercera en bahía Colombia; se relaciona con la hidrodinámica impuesta por los aportes de los ríos Atrato y León. En bahía Colombia se definieron campos de transporte neto de sedimentos. Las direcciones encontradas presentan un patrón que integra la circulación superficial a lo largo del ciclo anual encontrado en la simulación hidrodinámica.

Los resultados microbiológicos indican que las aguas residuales que llegan al Golfo de Urabá generan un impacto sobre la calidad ambiental y sanitaria de las aguas del mismo. Bacterias Heterótrofas totales y *Vibrio spp.* se constituyen en mejores indicadores de calidad microbiológica en las aguas del Golfo por su representatividad, tolerancia a la salinidad y otras condiciones ambientales.

## TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	3
2. CUADRO DE RESULTADOS DE CONOCIMIENTO	9
3. CUADRO DE OTROS RESULTADOS	16
4. IMPACTO ACTUAL O POTENCIAL DE LOS RESULTADOS	22
ANEXO 1. PUBLICACIONES (digital)	24
ANEXO 2. PONENCIAS EN EVENTOS CIENTÍFICOS (con información complementaria en digital)	25
ANEXO 3. MATERIAL DE DIVULGACIÓN (digital)	31
ANEXO 4. RESÚMENES DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO (versiones completas en digital)	32
ANEXO 5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (con complemento digital)	44
ANEXO 6. INFORME AUGURA (digital)	47
ANEXO 7. INFORME FINANCIERO	48

## 1. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

### Dinámica oceanográfica

El golfo de Urabá es un cuerpo de agua semi-cerrado en la costa Caribe Colombiana en cercanías a la frontera entre Colombia y Panamá. En este proyecto se realizó una descripción general de los patrones de circulación en el golfo de Urabá y los factores que afectan su circulación, también se aportó en la explicación de los patrones de variabilidad de la pluma del río Atrato. Con el proyecto se buscó, evaluar los patrones de dispersión de contaminación al interior del golfo de Urabá, para lo cual se debió explicar el patrón de circulación oceánico del golfo de Urabá mediante la utilización de modelos numéricos. Se realizó la calibración y validación de un modelo numérico con los datos obtenidos de seis campañas de medición en las que se realizaron perfiles de salinidad y temperatura. Como resultado del proyecto se identificaron los patrones de circulación de sedimentos suspendidos y coliformes al interior del golfo, especialmente en la zona central del mismo.

Para las simulaciones se utilizó el modelo hidrodinámico ELCOM desarrollado por el *Centre for Water Research (CWR)* de la Universidad de *Western Australia*. Para la calibración del modelo se prestó especial atención a su capacidad para representar adecuadamente la estratificación encontrada en gran parte de la zona de estudio. Se utilizaron datos oceanográficos recolectados en seis campañas de medición. Se utilizaron datos de campo de tres campañas a bordo del BI/Ancón del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis (INVEMAR), las dos primeras campañas fueron realizadas en proyectos previos, en los meses de octubre de 2004 y junio de 2005; en este proyecto se realizó una campaña oceánica en junio de 2006; se utilizaron mediciones de un total de 117 estaciones generales en el golfo de Urabá, en las que se tomaron perfiles de salinidad, temperatura y oxígeno disuelto utilizando un CDT (Sea Bird) y se tomaron muestras de 3 litros agua a diferentes profundidades mediante una botella tipo Nansen para la medición de la concentración de sólidos suspendidos mayores a 6 micras mediante filtración y peso del material retenido en filtros 595, y para la medición de la turbidez con un turbidímetro HACH 2100A. Se realizaron además, tres campañas en lancha al interior de Bahía Colombia y en la zona sur y central del golfo, en agosto de 2006, noviembre de 2006 y junio de 2007; en estas campañas al sur del golfo se realizaron un total de 134 mediciones de salinidad y temperatura en diferentes profundidades hasta máximo 10 m de profundidad, utilizando un IQ net system 2020 XT marca WTW.

De la información recolectada se observa que el agua de los ríos queda atrapada en las capas superiores, con una tendencia de circulación hacia el noreste, saliendo del golfo por el flanco oriental, recostada a punta Arenas. De acuerdo con las mediciones de campo es posible determinar dos masas de aguas en el golfo de acuerdo con su origen: una proveniente de las descargas fluviales que producen una mezcla parcial con las aguas del golfo y otra masa oceánica. La distribución de dichas masas de agua, tiene variaciones

principalmente en el plano horizontal. Durante las campañas, los efectos de las plumas de los ríos se limitaron a las aguas superficiales (entre 2 y 4 metros), por lo que las mayores variaciones de temperatura y salinidad se producen en la superficie y las capas más profundas se ven poco afectadas por dichas variaciones, con lo que para profundidades mayores a 2 m las salinidades se homogenizan entre 34 y 36. También al comparar los perfiles de salinidad y temperatura fue posible identificar 4 zonas con características de estratificación bien definidas. Al noroeste, los perfiles son bastante homogéneos con salinidades entre 30 y 36, debido al ingreso de agua oceánica. Al noreste, la salinidad es cercana a 20 en la capa superficial y a 36 hacia el fondo, con una picnoclina abrupta ubicada hacia los 4 m de profundidad. En la zona central se encontraron las mayores variaciones verticales de salinidad, con valores entre 7 hacia la superficie y 36 hacia el fondo, y una picnoclina alrededor de los 2 m. Al sur, en bahía Colombia, la salinidad varió entre 15 y 36, con una intensidad de la estratificación que varía con la posición y la época del año. Se encontró que la circulación en el golfo es dominada por la descarga del río Atrato, que genera la fuerte estratificación salina. Las campañas de medición mostraron que la pluma superficial del río Atrato se distribuye por gran parte del golfo, con una tendencia de circulación hacia el noreste. Se produce una leve profundización de la haloclina en dirección noreste que puede deberse a la profundización de la capa superficial dulce generada por la pluma del río Atrato dirigiéndose hacia el exterior del golfo. También se observó variaciones los perfiles de salinidad y temperatura en una misma estación a lo largo del día, posiblemente debido a la circulación inducida por factores periódicos como las mareas y por los vientos y a cambios en la radiación solar a lo largo del día.

Los datos de la campaña fueron utilizados para la calibración del modelo de simulación hidrodinámico ELCOM. Se realizaron una serie de experimentos numéricos en los que se variaron diferentes parámetros numéricos y físicos en el modelo con el fin de encontrar un adecuado ajuste del modelo con las mediciones. Se utilizó una malla rectangular con celdas de 500 m x 500 m y un paso temporal de 112.5 segundos. Puesto que la descarga del río Atrato se produce por varias bocas, se realizó un proceso de calibración de los caudales por cada una de ellas. Se variaron también las salinidades de dichas descargas con el fin de simular el efecto de la fuerte mezcla que se produce en la cercanía de las bocas. Para la calibración se compararon los perfiles de salinidad y temperatura medidos con los modelados. También se realizaron modelaciones de la dispersión de coniformes y de sedimentos utilizando el modelo ELCOM acoplado al modelo CAEDYM y se verificaron los resultados con los medidos en algunas estaciones.

Las simulaciones realizadas mostraron que cuando los vientos soplan del suroeste, la circulación de dicha pluma es hacia el noreste, saliendo del golfo por el flanco oriental y dejando las zonas sur y noroeste con salinidades altas, tal como lo observado en las campañas de medición. Cuando los vientos soplan del noroeste o no se presenta viento, se observa que la pluma alcanza a gran parte de la bahía Colombia. Otros factores como las descargas de los ríos que intensifican o disminuyen la intrusión de la pluma y las mareas que afectan su estructura vertical también afectan la circulación, pero conservando la

dirección impuesta por el viento. Varios de estos efectos fueron corroborados por las mediciones. Los resultados de las simulaciones mostraron que la piroclina se movía horizontalmente forzada por las mareas, sugiriendo una relación entre dichas oscilaciones y la marea.

También se realizaron simulaciones numéricas del patrón de circulación en detalle para la bahía Colombia, para las dos épocas climáticas. Utilizando el modelo numérico ELCOM calibrado y validado con perfiles de temperatura y salinidad en dos de las mencionadas campañas oceanográficas (realizadas en agosto y noviembre de 2006). Los resultados de la simulación muestran que el patrón de circulación para la época húmeda es dominado por las corrientes superficiales generadas por la acción combinada de los vientos y el caudal de los ríos, y se caracteriza por la presencia de dos vórtices que nacen en la boca Leoncito del río Atrato. El vórtice más occidental gira en sentido horario, mientras que el más oriental gira en sentido antihorario y produce una corriente en sentido sur-norte relativamente fuerte a unos 2 km de la margen suroriental de la bahía. Esta corriente confina y dirige, junto con los vientos dominantes, la pluma del río León hacia norte. Este patrón general de circulación se mantiene, con algunos cambios en magnitud hasta la terminación de la picnoclina (aproximadamente a los 4 m), lo que indica que la circulación dominante es de tipo barotrópica. Para la época de verano el patrón de circulación es dominado por las corrientes superficiales en dirección norte generadas por la acción del viento fuerte y persistente desde el norte. Aparecen entonces tres grandes corrientes sobre la bahía, una que se dirige paralela a la costa en el costado occidental, otra en el zona media del dominio y una tercera bordeando la costa oriental de la Bahía. Esta última corriente es formada por las aguas de las bocas del río Atrato que al salir atraviesan el Golfo y giran hacia el sur bordeando la costa oriental. Las aguas confinadas al sur de la bahía, se profundizan para volver a aparecer a los 4 m en profundidad con dirección norte con velocidades más bajas que las de la superficie.

#### Aspectos sedimentológicos.

En dos campañas de campo se recolectaron muestras 71 estaciones en las que se recolectó sedimentos de lecho del golfo utilizando una draga tipo Ekman de acero inoxidable, con medidas de 0.15 m x 0.15 m x 0.15 m. Del sedimento recogido por la draga se tomaron los dos primeros centímetros. En laboratorio, se determinaron por calcinación los porcentajes de materia orgánica y de carbonato de calcio. Asimismo, se identificaron dos provincias mineralógicas al aplicar estadística multivariada a los minerales densos y a la relación Q/F de las muestras. Se establecieron cualitativamente minerales de caolinita y de illita en la fracción de arcillas, por medio de difracción de rayos X (DRX).

Se determinó la media, la selección y la asimetría de la granulometría y se implementó el método de Le Roux (1994 a,b), que integra estos parámetros en grupos de cinco estaciones, para calcular el azimuth medio y una magnitud relativa del vector de transporte neto. De acuerdo con la metodología empleada fue posible obtener las distribuciones de los parámetros del tamaño del grano. La media establece que se encuentran tres zonas de depositación de arenas,

en los frentes de las bocas del río Atrato, del río León y en la zona sur-occidental de bahía Colombia. Los finos dominan principalmente en la zona central demarcada por Triganá, punta Tarena, Turbo y Necoclí y en la región más profunda de bahía Colombia. La selección se reduce en estas zonas de depositación de las arenas, y la asimetría se hace más positiva en las zonas de arenas y más negativa en las zonas de finos.

En el golfo existe un dominio importante de los granos más finos, debido a la presencia de éstos en casi toda el área. Los casos de sedimentos más gruesos se componen sólo de arenas finas, las cuales se encuentran en las márgenes y las bocas de algunas fuentes hidrográficas. Las asociaciones mineralógicas en el interior del golfo indicaron la presencia de dos grupos principales. El primero, caracterizado por presentar las mayores cantidades de minerales densos, se localizó en zonas de acumulación de arenas. El segundo, presentó los mayores valores de Q/F, y coincidió con zonas menos arenosas, lo cual se debe a que los minerales más livianos se comportan hidrodinámicamente igual que los granos finos. La distribución de los minerales densos en las arenas del golfo se relacionó con la geología de los flancos del mismo.

Al estudiar los sedimentos superficiales del fondo marino con el objeto de establecer patrones de la dispersión, se establecieron tres zonas de transporte de sedimentos: la primera localizada en el noroeste del golfo, que va de norte a sur y se relaciona con los aportes oceánicos, la segunda localizada en la parte media del golfo; condicionada por los aportes del río Atrato, y la tercera en bahía Colombia; se relaciona con la hidrodinámica impuesta por los aportes de los ríos Atrato y León. Esta distribución sedimentológica apoya la definición del carácter estuarino del Golfo de Urabá. En bahía Colombia se implementó el modelo sedimentológico para definir los campos de transporte neto de sedimentos. Las direcciones encontradas presentan un patrón que integra la circulación superficial a lo largo del ciclo anual descrito y encontrado en la simulación hidrodinámica de Bahía Colombia. El hecho de encontrar resultados comparables con dos metodologías independientes (hidrodinámica y sedimentología) refuerza la validez de los mismos.

#### Aspectos microbiológicos.

Se encontró que el mayor número de bacterias heterótrofas se presentaron en las estaciones más alejadas a la desembocadura de los ríos Atrato y León, en contraste con las estaciones cercanas a la desembocadura de estos, donde la carga de heterótrofos fue mas baja, especialmente en superficie. Esto es coherente con los resultados obtenidos por KIRCHMAN et al., (1989), donde se reportó que la mayor cantidad de biomasa bacteriana se encuentra fuera de la pluma del dispersión del río Rhone, debido a la influencia de la salinidad y la disponibilidad de nutrientes.

La salinidad es un importante factor ambiental que controla el número de bacterias que pasan de biotopo de agua dulce a uno salobre, estadísticamente se verificó que el 85.14% de la variabilidad en el número de heterótrofos fue debida a la profundidad, concluyéndose que existe un efecto inhibitorio del agua de mar sobre las bacterias que están llegando de las fuentes de agua

dulce. Para el golfo de Urabá, se encontró valores de bacterias heterótrofas en promedio del orden de  $10^5$  bacterias por mililitro de agua indicando la alta carga de material orgánico que llega al golfo y es dispersado. El cambio de biotopo de agua dulce a agua salobre tuvo efectos marcados sobre los microorganismos y su composición. La salinidad provocó una disminución en la carga de bacterias heterótrofas que llegan al golfo, pero la dispersión de la materia orgánica favoreció el crecimiento de microorganismos autóctonos. En general el golfo de Urabá posee una carga alta de bacterias Heterótrofas.

Los resultados obtenidos muestran una amplia variación en los coliformes sin un patrón en las estaciones de muestreo presentándose en baja cantidad. Cuando entran al mar, las bacterias entéricas están sujetas a un inmediato choque osmótico (GAUTHIER et al., 1990). PIREZ et al., (1999) sugieren que los coliformes son microorganismos pobremente resistentes en los ambientes naturales, además que no sobreviven a altas salinidades. Ello se verificó con los resultados bajos de los coliformes totales y fecales / injuriados, donde el porcentaje de variación en las estaciones fue debido a la profundidad, sugiriendo que en este estudio la salinidad está jugando un papel importante en la baja concentración de estos indicadores.

A pesar de considerarse los enterococos como buenos indicadores (SIGNORETTO et al., 2005), los resultados obtenidos en el presente trabajo con éstos organismos, mostraron lo contrario ya que la carga de estos fue muy baja, adicionalmente la mayoría de estaciones en las cuatro campañas no evidenciaron la presencia de enterococos. La explicación plausible es debida al alto porcentaje de variabilidad explicada por la profundidad, 96.08 %, la cuál estuvo estrechamente ligada con la salinidad. Sin embargo, se presume que este indicador soporta condiciones de alta salinidad.

En el presente estudio, las metodologías aplicadas para determinar mohos y levaduras, y enterovirus no arrojaron resultados positivos para estos grupos de microorganismos. En esta investigación, la determinación de *Salmonella sp.*, fue baja para las campañas realizadas, sugiriendo que esta bacteria es muy sensible a factores en el ecosistema. Dado esto, este microorganismo no es un buen indicador. En las cuatro campañas de muestreo se halló presencia de *Vibrio sp.*, para la mayoría de las estaciones y a todas las profundidades, esto puede ser explicado ya que el microorganismo es endémico de ecosistemas marinos (WORDEN et al., 2005, SINGLETON, 1982), posiblemente también la temperatura del agua puede estar favoreciendo su crecimiento. Según BORRETO (1997) La temperatura óptima para el crecimiento de *Vibrio sp* oscila entre 18 y 37 °C, y de igual manera el pH influye en su supervivencia. MILLER et al., (1984) revelaron que el pH óptimo para la estabilidad de *Vibrio sp* en el agua a 25°C es de 7,0 a 8,5; rango de pH que se presentó en las aguas del golfo de Urabá. Por tanto el *Vibrio sp* se convierte en un indicador de calidad sanitaria ideal, ya que por su endemismo posee la capacidad de sobrevivir a estas condiciones y puede estar reflejando un potencial riesgo para la salud de las personas que tienen contactos primarios con el agua o que consumen alimentos contaminados con el microorganismo.

*Red de Monitoreo.*



De acuerdo con los resultados, se sugiere una red de 15 estaciones para establecer un monitoreo de los parámetros microbiológicos de calidad ambiental y sanitaria para el Golfo de Urabá, dado que:

- Están distribuidas en la zona Norte , zona sur occidente (delta del Atrato) y zona sur (Bahía Colombia), es decir, abarca toda la extensión del Golfo de Urabá.
- En las campañas de muestreo estas estaciones mostraron datos representativos en el espacio y tiempo para las variables y parámetros evaluados.
- Los indicadores más representativos se determinaron en estas estaciones, mostrando su variabilidad debido a las características propias de cada estación.
- Están dentro del área de dispersión de la pluma de los ríos Atrato y León.
- Están ubicadas en puntos estratégicos para las diferentes actividades de pesca, comercio y turismo del Golfo.

Además es importante indicar que la profundidad de 2 metros, al momento de emplear la red de monitoreo en la toma de muestras, fue la más consistente y representativa del sistema.

Se realizaron simulaciones de la dispersión de coliformes para las condiciones de las campañas de campo y los resultados de la modelación mostraron que existe una fuerte influencia de la pluma dulce de los ríos en la dispersión de dichos patógenos se puede observar fuertes cambios en la concentración de dichos patógenos con la profundidad, la salinidad y la temperatura, especialmente en los primeros metros; en las capas más profundas la concentración de patógenos fue muy baja. Los resultados de la modelación y las mediciones de campo mostraron una alta variabilidad espacial y temporal en los patrones de dispersión, conservando la misma tendencia del la pluma del río Atrato la cual como se ha mencionado se encuentra afectada por las mareas (a lo largo del día) y por lo cambios en la dirección y magnitud del viento en diferentes épocas del año.

#### Almacenamiento y visualización de la información

Mediante software especializado se consignan algunos resultados de la simulación y las campañas de campo de manera que dicha información pueda ser visualizada espacial y temporalmente de forma rápida y sencilla. Los software empleados corresponden al ARCGIS 9.1, y al software de uso libre Ocean Data View 3.2.2 (2007). Este último permite la visualización y análisis de los perfiles obtenidos durante las campañas de campo realizadas en el Golfo.

## 2. CUADRO DE RESULTADOS DE CONOCIMIENTO

<b>OBJETIVOS <sup>1</sup></b> <i>(del proyecto aprobado)</i>	<b>RESULTADO ESPERADO<sup>2</sup></b> <i>(según proyecto aprobado)</i>	<b>RESULTADO OBTENIDO<sup>3</sup></b>	<b>INDICADOR VERIFICABLE DEL RESULTADO<sup>4</sup></b>	<b>No. DE ANEXO SOPORTE<sub>5</sub></b>	<b>OBSERVACIONES<sup>6</sup></b>
1. Explicar el patrón de circulación oceánico del Golfo de Urabá y en la Bahía Colombia mediante la utilización de un modelo matemático (ELCOM), considerando la variabilidad climática de la zona y demás agentes físicos como mareas, y vientos.	Resultados de la modelación: Patrones de Circulación oceánica en el Golfo de Urabá	Se realizó la modelación hidrodinámica del golfo de Urabá y se obtuvieron patrones de circulación para las condiciones de las campañas de medición y se simularon temporadas seca y húmeda tomando como año típico el año 2006.	Mapas de velocidades, isohalinas e isotermas en formato visual de ARCGIS  Artículos, tesis y ponencias sobre circulación en el Golfo de Urabá y Bahía Colombia	A1 A2 A4 A5	Actualmente se encuentra en proceso una publicación al respecto.

<sup>1</sup> Se debe indicar el objetivo planteado de acuerdo con la ficha aprobada del proyecto.

<sup>2</sup> Se debe especificar el resultado esperado comprometido, correspondiente al objetivo planteado

<sup>3</sup> Elaborar una breve reseña del resultado obtenido

<sup>4</sup> Especificar el indicador de producto con el cual se puede verificar el logro de los resultados (artículo o libro publicado, manuscrito de artículo o libro sometido para publicación, nombre de patente presentada u homologada, norma establecida, software registrado, prototipo desarrollado, etc.).

<sup>5</sup> Relacionar el número del anexo que soporta o contiene el indicador del producto obtenido (copia de la publicación, patente, registro, norma, etc. o de la fuente de certificación o verificación respectiva).

<sup>6</sup> Incluir aquella información adicional que el investigador considere importante o necesario que Colciencias conozca, con relación al cumplimiento de los compromisos adquiridos contractualmente con el proyecto

<p>2. Calibrar y validar el modelo matemático de circulación oceánica con los datos obtenidos de dos campañas de medición realizadas con anterioridad y con una a realizar en este proyecto, campañas de las que se obtienen perfiles de parámetros fisicoquímicos como la salinidad y la temperatura del agua.</p>	<p>Resultados de la modelación: Patrones de Circulación oceánica en el Golfo de Urabá</p>	<p>Se realizó un proceso sistemático y secuencial para la calibración. Se compararon los resultados del modelo con las mediciones.</p>	<p>Mapas de velocidades, isohalinas e isotermas en formato visual de ARCGIS</p> <p>Artículo: Montoya y Toro, 2006.</p> <p>Ponencia de Montoya, Toro y Gomez 2008.</p>	<p>A1 A2 A5</p>	<p>Se intentó realizar una red automática, pero por la variación temporal de la pluma del río Atrato, no resultó adecuada la utilización de esta técnica, por lo que se utilizó mejor una red reticular, que conservara la información de campañas previas</p>
<p>3. Diseñar una red de monitoreo para medición de la calidad considerando los resultados de las simulaciones.</p>		<p>Mapa de ubicación de estaciones de muestreo</p>	<p>Base de datos en formato del Software Ocean Data View: Perfiles para cada punto de la red de medición con variables como: Temperatura, conductividad, Oxígeno disuelto.</p>	<p>A5</p>	<p>Se intentó realizar una red automática, pero por la variación temporal de la pluma del río Atrato, no resultó adecuada la utilización de esta técnica, por lo que se utilizó mejor una red reticular, que conservara la información de campañas previas.</p>

<p>4. Analizar la calidad de agua en el Golfo de Urabá a través de la distribución horizontal y vertical de la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, el redox, el pH, la turbidez, el oxígeno disuelto y los indicadores microbiológicos utilizando un modelo matemático de calidad de aguas previamente calibrado con los datos de campo recolectados.</p>	<p>Modelo de dispersión de contaminación por al menos un indicador microbiológico en el Golfo de Urabá.</p> <p>Relaciones de parámetros físico-químicos y microbiológicos con los patrones de circulación simulados</p>	<p>-Se halló una alta relación entre las variables temperatura del agua, salinidad y algunos indicadores microbiológicos.</p> <p>- Los indicadores microbiológicos más potentes para el análisis de calidad de agua del golfo de Urabá fueron: Las bacterias heterotróficas y el <i>Vibrio</i> sp.</p>	<p>-Mapas de isoconcentraciones y su relación con el patrón de circulación simulado</p> <p>-Mapas de "rutas físico-químicas y biológicas"</p> <p>-Tesis de maestría: EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE INDICADORES MICROBIANOS DE CALIDAD SANITARIA Y AMBIENTAL EN LAS AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ, ANTIOQUIA – COLOMBIA</p>	<p>A4 A5</p>	
---	---	--	--	------------------	--

<p>5. Identificar los patrones de circulación de contaminantes orgánicos y de sedimentos al interior del Golfo y determinar los puntos críticos.</p>	<p>Modelo de dispersión de contaminación por al menos un indicador microbiológico en el Golfo de Urabá.</p> <p>Identificación de rutas críticas para dispersión de contaminantes en el Golfo de Urabá</p>	<p>Se realizó la modelación del transporte de sedimentos y de coliformes en el golfo. Se encontró un fuerte efecto de la pluma del río Atrato en dicha dispersión</p>	<p>Mapas de isoconcentraciones y su relación con el patrón de circulación simulado</p> <p>Mapas de rutas de contaminantes.</p> <p>Artículo en preparación.</p>	<p>A1 A4 A5</p>	<p>Actualmente se encuentra un artículo en preparación al respecto de este transporte.</p> <p>Montoya, L.J., Gómez E.A., Toro, F.M., Aguirre, N.</p> <p>Modelamiento del efecto de la descarga del río Atrato en el transporte de sedimentos en suspensión y patógenos en el golfo de Urabá, Colombia. Para enviar a la revista Ciencias Marinas.</p>
<p>6. Plantear y predecir el comportamiento del sistema frente a posibles obras para la mitigación y recuperación en los puntos críticos.</p>					<p>Este objetivo se trabajó junto con el objetivo 8. Sin embargo, no se hicieron modelaciones con escenarios de obras planteadas.</p>

<p>7. Determinar los vectores de circulación netos del golfo a partir de indicadores en los sedimentos de fondo y compararlos con los patrones simulados de circulación.</p>	<p>Análisis sedimentológico del fondo del Golfo</p>	<p>Se hizo un análisis de sedimentos y se aplicó un modelo sedimentológico para la estimación de campos de transporte. Esta componente se trabajó en un trabajo de grado, una tesis de maestría. Los resultados se presentaron en un Congreso, se publicaron en un artículo científico y hay un segundo artículo sobre la relación de la hidrodinámica y los sedimentos en preparación.</p>	<p>Mapas de vectores de dispersión de sedimentos (tesis de Maestría) 1TDG 1Tesis de Maestría 1 Ponencia 1Artículo publicado 1Artículo en preparación</p>	<p>A1 A2 A4 A5</p>	
--	---	---	--	--------------------------------	--

<p>8. Recomendar acciones para la mitigación y el manejo de la problemática ambiental en la zona, con el fin de mejorar la calidad ambiental.</p>				<p>A6</p>	<p>Con el apoyo de la empresa buceos y Dragados de Antioquia, se realizaron 3 campañas en bahía Colombia y se plantearon acciones de manejo y mitigación de los efectos ambientales por las descargas de sedimentos de los ríos. Se anexa el informe final de este estudio.</p>
---	--	--	--	-----------	---

<p>9. Fortalecer la capacidad de investigación, en temas oceanográficos, de estudiantes de posgrados nacionales (maestría y doctorado) y de grupos interuniversitarios y multidisciplinarios.</p>	<p>Apoyo a una tesis doctoral en Recursos Hidráulicos</p> <p>Dos tesis de Maestría en Recursos Hidráulicos</p> <p>Una tesis de maestría en Biología</p> <p>Dos trabajos de grado UdeA</p>	<p>Ver listado de tesis y trabajos de grado en el cuadro siguiente.</p>	<p>Tesis de doctorado, maestría y pregrado:</p> <p>1 Tesis doctoral en avance</p> <p>2 Tesis de maestría aprobadas</p> <p>1 Tesis de maestría en avance</p> <p>2 Trabajos de grado terminados</p> <p>2 Trabajos de grado en avance</p>	<p>A4</p>	
---	---	---	--	-----------	--



### 3. CUADRO DE OTROS RESULTADOS

<b>OTROS RESULTADOS</b> <i>(comprometidos contractualmente)</i>	<b>COMPROMISO ADQUIRIDO</b>	<b>LOGROS</b>	<b>ANEXO SOPORTE</b>
Formación de recurso humano (trabajo de grado o maestría o tesis de doctorado)	1 Avance de tesis doctoral 3 Tesis de Maestría 2 Trabajos de grado	Referencia bibliográfica del trabajo o tesis: -Montoya, L.J. En preparación. Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con la dispersión de coliformes y sedimentos. Tesis de Doctorado en Ingeniería – Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.  -Roldán, P. 2008. Modelación del patrón de circulación de la Bahía Colombia, Golfo de Urabá. Implicaciones para el transporte de sedimentos. Tesis de Maestría en Ingeniería, Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.  -Alvarez, A.M. 2008. Estudio del transporte de sedimentos superficiales en el piso marino del golfo de Urabá. Tesis de Maestría en Ingeniería, Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.	Copia del resumen del trabajo o tesis y de la carta de aprobación de la Universidad o programa académico correspondiente.  Anexo 4.

		<p>89 p.</p> <p>-Télllez, L. 2006. Provincias de minerales densos en los sedimentos del fondo marino del golfo de Urabá. Trabajo de grado. Ingeniería Geológica. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 47 p.</p> <p>-Gómez, F.A. En preparación. Evaluación de la dispersión de indicadores microbianos de calidad sanitaria y ambiental en las aguas del Golfo de Urabá, Antioquia, Colombia. Tesis de Maestría en Biología. Universidad de Antioquia.</p> <p>-Calle-Ramírez, S.J. En preparación. Evaluación de la presencia de <i>Vibrio spp</i> en aguas costeras del sector occidental y oriental del golfo de Urabá (caribe colombiano). Trabajo de grado en Biología. Universidad de Antioquia.</p> <p>-García, C. En preparación. Determinación de <i>Salmonella spp.</i> en los costados occidental y oriental del golfo de Urabá – Colombia – y su relación con la influencia de algunos parámetros físicos y químicos Trabajo de grado en Biología. Universidad de</p>	
--	--	--	--

		<p>Antioquia.</p> <p>-Betancourt F.A y Jaramillo V. A, 2007. Identificación de patrones de dispersión de las plumas de sedimentos en el Golfo de Urabá mediante Sensores Remotos. Tesis de grado Ingeniería Ambiental. Universidad de Medellín.56p.</p>	
Publicaciones divulgativas (especificar)	4 artículos	<p>-Montoya J., L.J. y M. Toro B. 2006. Calibración de un modelo hidrodinámico para el estudio de los patrones de circulación en el Golfo de Urabá, Colombia. Avances en Recursos Hidráulicos, 13: 37-54</p> <p>- Alvarez, A.M. y G. Bernal. 2007. Estimación del campo de transporte neto de sedimentos en el fondo de bahía Colombia con base en análisis de tendencia del tamaño de grano. Avances en Recursos Hidráulicos, 16: 41-50.</p> <p>- Montoya L.J. y Toro F.M. 2007. Descripción de la dinámica oceanográfica del golfo de Urabá utilizando mediciones de campo. Capítulo de libro: Tendencias de la investigación en Ingeniería Ambiental. Universidad de Medellín. En edición.</p> <p>- Poster: Dinámica oceanográfica del</p>	<p>Copia de la publicación o certificación de que se encuentra en proceso de publicación.</p> <p>Anexo 1 y Anexo 3.</p>

		<p>golfo de Urabá. Campañas de Medición. Grupo OCEANICOS: Presentado en URAMAR 2006, Turbo.</p> <p>- Poster: Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá. Simulación hidrodinámica. Grupo OCEANICOS: Presentado en URAMAR 2006, Turbo.</p>	
Participación en eventos científicos	5 ponencias	<p>-Montoya, L.J.; Gómez, E.A. y Toro, M. Análisis de la variabilidad espacial de los perfiles de salinidad y temperatura en el Golfo de Urabá. XIII Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, San Andrés, 20-23 de Mayo del 2008.</p> <p>-Alvarez, A. y G. Bernal. Estudio de la dispersión de sedimentos superficiales en el Golfo de Urabá. XIII Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, San Andrés, 20-23 de Mayo del 2008.</p> <p>-Roldán, P.A., Gómez, E.A. y Toro, F.M. Simulación numérica del patrón de corrientes en Bahía Colombia, Golfo de Urabá, durante agosto del 2006. XIII Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar, San Andrés, 20-23 de Mayo del 2008.</p>	<p>Carta de aprobación, copia del resumen de ponencia, etc.</p> <p>Anexo 3.</p>

		<p>-VIII Jornadas de la Investigación. Universidad de Medellín. Montoya L.J. y Toro F.M. (2007). Descripción de la dinámica oceanográfica del golfo de Urabá utilizando mediciones de campo.</p> <p>-XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Montoya L.J., Gomez, E.A. y Toro F.M. (2008) Modelación hidrodinámica de la pluma del río atrato en el golfo de Urabá, Colombia. (aceptado para presentación)</p> <p>-XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica. Roldan P.A., Gomez, E.A. y Toro F.M. (2008) XX. (aceptado para presentación)</p>	
Cursos organizados por el grupo, relacionados con el proyecto	1 Curso	<p>Herramientas para el manejo sostenible de lagos, embalses y estuarios.</p> <p>Conferencistas:</p> <p>-Generalidades de Lagos y Embalses. Ciclos de los nutrientes. Algas y Procesos Biológicos. Néstor Aguirre, Jaime Palacio. Universidad de Antioquia.</p> <p>-Termodinámica de la interfase agua-atmósfera. Principales fenómenos</p>	Certificación de realización o de asistencia.

		<p>físicos. Andrés Gómez G. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.</p> <p>-Hidrodinámica. Mauricio Toro B. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.</p> <p>-Estimación de cargas de nutrientes, determinantes de calidad del agua y contaminantes a los embalses. Luis Camacho, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá</p> <p>-Herramientas para el manejo de Embalses. Jason Antenucci. Center for Water Research. Western Australia University.</p>	
--	--	---	--

#### 4. IMPACTO ACTUAL O POTENCIAL DE LOS RESULTADOS

El proyecto aportó a la consolidación de la investigación en áreas estuarinas mediante el apoyo a una tesis doctoral, tres trabajos de investigación de maestría y dos trabajos de grado de Pregrado en dicha temática. Además, brindó información de campo que permitió la calibración y validación de modelos numéricos utilizables para el análisis de los procesos hidrodinámicos en el golfo de Urabá y en Bahía Colombia. El estudio aporta conocimientos básicos de la hidrodinámica en la zona y los patrones de dispersión de patógenos y de sedimentos, encontrando una fuerte influencia de la pluma del río Atrato en dicha dispersión.

Este estudio aporta elementos para posteriores estudios de calidad del agua en el golfo de Urabá, en los que se considere la estratificación halina que se produce en el golfo, la cual se encontró fue un elemento determinante en la dispersión de sustancias en el golfo. Cualquier medida de mitigación a la problemática ambiental, o obra de mejoramiento de la calidad de las aguas debe considerar este factor.

Los resultados microbiológicos indican que las aguas residuales que llegan al Golfo de Urabá generan un impacto sobre la calidad ambiental y sanitaria de las aguas del mismo. Bacterias Heterotrofas totales y *Vibrio spp.* se constituyen en mejores indicadores de calidad microbiológica en las aguas del Golfo por su representatividad, tolerancia a la salinidad y otras condiciones ambientales. En consecuencia, deberá generarse una red continua de monitoreo de estos indicadores para establecer cambios importantes que se presenten en el sistema. Los muestreos realizados en la superficie del agua no expresan la condición microbiológica real, la cual se refleja de una manera más representativa en profundidades superiores a un metro y hasta los tres metros.

La Bahía Colombia es uno de los principales sistemas costeros del país. A nivel económico, su importancia radica en que constituye la salida actual del principal producto de la región, que es el banano, lo cual ha permitido el florecimiento de importantes ciudades en el sector y es un elemento de intercambio de una variedad de productos a través del puerto de Turbo. Es una zona con gran riqueza ambiental representada en ecosistemas manglárnicos gran variedad de flora y fauna y con abundantes recursos hidrobiológicos. Debido a la alta actividad antrópica en las inmediaciones de la Bahía Colombia y en las cuencas tributarias a ésta, la contaminación y la circulación al interior de la bahía constituyen un tema de alta criticidad y de continua investigación por parte de autoridades gubernamentales y ambientales de la región.

Los patrones generales de circulación en la Bahía Colombia repercuten sobre actividades de ingeniería, el manejo de contaminantes orgánicos, estudios asociados a olas y mareas y su efecto sobre infraestructura física y problemas de erosión costera. El transporte de sedimentos, la propagación de descargas de municipios ribereños, el tratamiento de derrames desde embarcaciones o

desde el litoral, la propagación del plancton y la determinación de zonas productivas son procesos que dependen del patrón de corrientes y cuyo entendimiento se verá favorecido por el conocimiento que se logre de las corrientes.

Actualmente, se está dando aplicabilidad al estudio "Modelamiento del patrón de Simulación de la Bahía Colombia, Golfo de Urabá –Implicaciones para el transporte de sedimentos en el delta del río León. En esta zona se presentan grandes problemas de sedimentación que impiden el paso de los transportadores del banano hasta los grandes buques que lo llevan al exterior del país. Próximos estudios estará enfocados en el análisis de la dinámica de los sedimentos aportados por el río León con el fin de proponer soluciones a estos problemas de sedimentación.

Los usuarios directos de esta investigación son las corporaciones regionales y las administraciones municipales encargadas del manejo ambiental del Golfo de Urabá. Los industriales del banano afectados por los problemas relacionados con la sedimentación del río León.

La investigación puede dar información a ingenieros, biólogos, geólogos, estudiantes e investigadores que estudien temas y procesos relacionados con el Golfo de Urabá.

La comunidad científica de la Universidad Nacional, las universidades públicas, privadas y otros centros podrán usar la información base del estudio, permitiendo aportes que conlleven al entendimiento de temas relacionados con la simulación hidrodinámica en estuarios, lagos, represas y zonas costeras.



ANEXO 1. PUBLICACIONES (en digital, ver CD)

ANEXO 2. PONENCIAS EN EVENTOS CIENTÍFICOS (con información complementaria en digital)

**LIDERES DEL TEMA: CF. SAMUEL RIVERA, ESCUELA NAVAL DE CADETES Y NANCY VILLEGAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

Nº	Título	Autores	Tipo de Presentación	Página
OC 1	ESTUDIO OCEANOGRÁFICO DE LOS BANCOS DE SALMEDINA, CARIBE COLOMBIANO	Andrade, C., Bernal, G., Ricaurte, C. Mayo, G., et al	Oral	185
OC 2	VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCEÁNICA EN LA ZONA COSTERA DEL RÍO SINÚ Y SU SEÑAL EN REGISTROS CORALINOS	Quiceno, M. M. y Bernal, G.	Oral	186
OC 3	ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LOS PERFILES DE SALINIDAD Y TEMPERATURA EN EL GOLFO DE URABÁ.	Montoya, L.J., Gómez, E.A., Toro, F.M.	Oral	187
OC 4	EFFECTOS DE LA RECOMUNICACIÓN DEL RÍO MAGDALENA CON SU ANTIGUO DELTA: CAMBIOS EN LA PRODUCCIÓN PRIMARIA FITOPLANCTÓNICA Y RESPIRACIÓN EN EL COMPLEJO PAJARALES, 1989 a 2005.	Rodríguez, J. D., Mancera, J. E., López, H.	Oral	188
OC 5	BALANCE ENERGÉTICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA COLOMBIA EN EL MAR CARIBE	Ruiz-Ochoa, M.A., Beier, E., Bernal, G.	Oral	189
OC 6	CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA TÉRMICA DEL OCEANO PACIFICO COLOMBIANO DURANTE EL NIÑO 2006 Y LA NIÑA 2007	Rodríguez-Rubio E. Rueda-Bayona, J. Guerrero, D.	Oral	190
OC 7	VARIACIÓN ESTACIONAL DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA BAHÍA DE TUMACO DURANTE EL 2006-2007 Y SU IMPORTANCIA EN EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OCEANO ATMOSFÉRICAS DEL PACIFICO COLOMBIANO FRENTE A LOS EVENTOS ENOS.	Rueda-Bayona, J.G. Herrera, G. y Rodríguez-Rubio E.	Oral	191
OC 8	PATRONES DE DISTRIBUCION TEMPORAL DE MASAS DE AGUA EN LA BAHIA DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO: IMPORTANCIA RELATIVA DEL "UPWELLING" y "OUTWELLING"	Mancera, J.E., Pinto, G., Vilardy, S.	Oral	192
OC 9	CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE SURGENCIA DE LA CUENCA DEL PACIFICO COLOMBIANO Y SU RELACIÓN CON LA ZONA DE CONVERGENCIA INTERTROPICAL.	Díaz, D.C.; Málkov, I.; Villegas, N.L.	Oral	193
OC 10	CARACTERIZACIÓN DE LA SURGENCIA COSTERA DE LA GUAJIRA A PARTIR DE OBSERVACIÓN SATELITAL.	Caroline Pétus, Carolina García-Valencia, Yves-François Thomas y Paula	Oral	194
OC 11	RELACIÓN DE LAS MASAS DE AIRE CON LAS MASAS DE AGUA DE LA CUENCA DEL PACIFICO COLOMBIANO	Moreno, J.L., Málkov, I., Villegas, N.L.	Oral	195
OC 12	VARIABILIDAD ESTACIONAL DEL VIENTO SOBRE LA CUENCA COLOMBIA, MAR CARIBE	Ruiz-Ochoa, M.A. y Bernal, G.	Oral	196
OC 13	HURACANES EN EL CARIBE COLOMBIANO: PASADO Y PRESENTE	Ortiz, J.C. Plazas, J. M.	Oral	197
OC 14	PROCESOS DE INTERACCIÓN ATMÓSFERA OCEANO TIERRA EN EL CARIBE COLOMBIANO	Bernal, G. Osorio, A. F., Ruiz, M.A., et al.	Oral	198
OC 15	CARACTERIZACIÓN DEL OLEAJE EN LA BAHIA DE TUMACO DURANTE EL PERIODO 2006-2007 A PARTIR DE DATOS DE LA BOYA DE OLEAJE DIRECCIONAL TRIAXYS.	Ruiz-Tascón, C. A. Rodríguez-Rubio E., et al.	Oral	199
OC 16	CONSTRUCCIÓN DE ESPECTROS DE OLEAJE EN EL CARIBE A PARTIR DE MEDICIONES SATELITALES.	Torres, R. y Lonin S.	Oral	200
OC 17	COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS MEDIANTE MODELOS NÚMERICOS DE GENERACIÓN DE OLEAJE DE TERCERA GENERACIÓN CON DATOS INSTRUMENTALES.	Mesa, J.C., Osorio, A.F., Montoya, R.D. y Rivillas, G.D.	Oral	201

N°	Título	Autores	Tipo de Presentación	Página
OC 18	INFLUENCIA DE LAS PARAMETRIZACIONES EPLEADAS PARA LOS TÉRMINOS FUENTE/SUMIDERO DE ENERGÍA EN LA MODELACIÓN DEL OLEAJE EN EL CARIBE	Montoya, R.D. Osorio, A.F Mesa, J.C.	Oral	202
OC 19	MORPHODYNAMICS OF THE PACIFIC AND CARIBBEAN DELTAS OF COLOMBIA, SOUTH AMERICA	Restrepo, J.D., López, S.A.	Oral	203
OC 20	EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DE UNA FLECHA DE ACRECIÓN, EN EL DELTA DEL RÍO TURBO. GOLFO DE URABÁ	Guarín, J.N., Estrada, E.A.	Oral	204
OC 21	NATURAL DYNAMICS OF A PRISTINE TROPICAL DELTA, MIRA RIVER, PACIFIC COAST OF COLOMBIA	Restrepo, J.D., López, S.A., Monroy, C.A.	Oral	205
OC 22	DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN COSTERA EN LAS ISLAS DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA. RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL MANEJO Y CONTROL DE LA EROSIÓN	Guzmán, W. y Posada, B.O.	Oral	206
OC 23	EROSIÓN COSTERA EN EL CARIBE COLOMBIANO. EJEMPLOS: DEPARTAMENTOS DE CÓRDOBA, MAGDALENA Y LA GUAJIRA	Nelson Rangel Buitrago & Blanca Oliva Posada	Oral	207
OC 24	PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA LÍNEA DE COSTA UBICADA ENTRE EL CABO SAN JUAN DE GUÍA Y EL RÍO CAÑAS, DEPARTAMENTOS DEL MAGDALENA Y LA GUAJIRA (CARIBE COLOMBIANO).	Nelson Rangel Buitrago, Blanca Oliva Posada Iván Darío Correa A.	Oral	208
OC 25	ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA POR MEDIO DE IMÁGENES DE SATELITE.	González, M.E., Ruiz L.E. y Gónima, L.	Oral	209
OC 26	REVISIÓN Y ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS CUANTITATIVAS PARA CARACTERIZAR LOS CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y LOS NIVELES DE INUNDACIÓN EN EL MANEJO DE ZONAS COSTERAS, CASO DE APLICACIÓN ZONA DE LA BAHIA DE CARTAGENA	Hernández, L.A. Osorio, A.F. Velez, J.I.	Oral	210
OC 27	UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COTA DE INUNDACIÓN EN LA ZONA COSTERA DEL CARIBE COLOMBIANO	Martínez, J.C., Osorio, A. F. y Bernal, G. Agudelo, P.	Oral	211
OC 28	POSIBLE IMPACTO DEL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR ASOCIADO AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ISLA DE SAN ANDRÉS, COLOMBIA.	Martínez, N. J., et	Oral	212
OC 29	ACUÍFEROS COSTEROS Y CAMBIO CLIMÁTICO: ¿ES POSIBLE CUANTIFICAR LOS EFECTOS?	Bedoya, J.M., Vélez, M.V. y Osorio, A.F.	Oral	213
OC 30	ORIGEN, DINAMICA E IMPACTOS DE LA SEDIMENTACIÓN EN LA BAHIA DE TUMACO	Molares,R.	Oral	214
OC 31	ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL GOLFO DE URABÁ	Álvarez, A., Bernal, G.	Oral	215
OC 32	POTENCIAL EN COLOMBIA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA NO CONVENCIONAL DE LOS OCEANOS.	Torres, R. y Andrade C.	Oral	216
OC 33	CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DE LAS CORRIENTES COSTERAS DEL PACÍFICO COLOMBIANO (CORRIENTE COLOMBIA-CORRIENTE DEL CHOCÓ). UNA REVISIÓN ACTUALIZADA	Rodríguez-Rubio E. Bastidas, J. Guerrero, D. M. Rueda-Bayona	Oral	217
OC 34	SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL PATRÓN DE CORRIENTES EN BAHÍA COLOMBIA, GOLFO DE URABÁ, DURANTE AGOSTO DE 2006	Roldán, P.A., Gómez, E.A. Y Toro, F.M.	Oral	218
OC 35	ASIMILACION DE DATOS SATELITALES EN EL MODELO NEDWAM (versión CIOH)	Lonin, S. y Torres, R.	Oral	219
OC 36	GEOMETRIC MODEL OF THE NAZCA PLATE SUBDUCTION IN SOUTHWEST COLOMBIA	Pedraza-Garcia, P., Vargas, C. Monsalve, H.	Oral	220

### OC 3. ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DE LOS PERFILES DE SALINIDAD Y TEMPERATURA EN EL GOLFO DE URABÁ.

**Montoya, L.J.<sup>1</sup>, Gómez, E.A.<sup>2</sup>, Toro, F.M.<sup>3</sup>**

En este trabajo se presentan los resultados de mediciones de perfiles de salinidad y temperatura obtenidos en seis campañas de campo en el golfo de Urabá, entre 2004 y 2007. Se monitorearon 43 estaciones en el golfo de Urabá con un perfilador CTDO y 46 estaciones en bahía Colombia con una sonda multiparamétrica. La comparación de los perfiles permitió identificar 4 zonas con características de estratificación bien definidas. Al noroeste, los perfiles son bastante homogéneos con salinidades entre 30 y 36, debido al ingreso de agua oceánica. Al noreste, la salinidad es cercana a 20 en la capa superficial y a 36 hacia el fondo, con una pycnoclina abrupta ubicada hacia los 4 m de profundidad. En la zona central se encontraron las mayores variaciones verticales de salinidad, con valores entre 7 hacia la superficie y 36 hacia el fondo, y una pycnoclina alrededor de los 2 m. Al sur, en bahía Colombia, la salinidad varió entre 15 y 36, con una intensidad de la estratificación que varía con la posición y la época del año. Se encontró que la circulación en el golfo es dominada por la descarga del río Atrato, que genera la fuerte estratificación salina. La profundización de la haloclina en dirección noreste parece deberse a la profundización de la capa superficial dulce generada por la pluma del río Atrato dirigiéndose hacia el exterior del golfo. Los perfiles presentan variabilidad temporal, posiblemente debido a la circulación inducida por factores periódicos como las mareas y por los vientos.

Palabras clave: Oceanografía física, golfo de Urabá, circulación estuarina.

<sup>1</sup> Estudiante de Doctorado en Ingeniería – Recursos Hidráulicos, Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Grupo OCEANICOS. Medellín. Colombia. Cra 87 No 30-65. Tel: 3405407. Email: [ljmontoyj@unalmed.edu.co](mailto:ljmontoyj@unalmed.edu.co)

<sup>2</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Grupo OCEANICOS. Cra 80 No 65 – 223. Medellín. Colombia. Tel: 4255100.

<sup>3</sup> Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín. Grupo OCEANICOS. Cra 80 No 65 – 223. Medellín. Colombia Tel: 4255123.

### OC 31. ESTUDIO DE LA DISPERSIÓN DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL GOLFO DE URABÁ

Álvarez, A.<sup>1</sup>, Bernal, G.<sup>1</sup>

Se estudiaron los sedimentos superficiales del fondo marino en el golfo de Urabá, con el objeto de establecer patrones de la dispersión de los sedimentos. Para ello, se determinaron los porcentajes de materia orgánica, por calcinación, y de Carbonato de Calcio, por medio de un calcímetro montado en el laboratorio. Asimismo, se identificaron dos provincias mineralógicas al aplicar estadística multivariada a los minerales densos y a la relación Q/F de las muestras. Se establecieron cualitativamente minerales de caolinita y de Illita en la fracción de arcillas, por medio de difracción de rayo X (DRX). Se determinó la media, la selección y la asimetría de la granulometría y se implementó el método de Le Roux (1994 a,b), que integra estos parámetros en grupos de cinco estaciones, para calcular el azimuth medio y una magnitud relativa del vector de transporte neto. Las direcciones de transporte encontradas muestran que los sitios de depósito de sedimentos se presentan en la zona sur de bahía Colombia, en la zona oriental y al frente de las bocas del río Atrato. Este patrón se relaciona con la circulación superficial (Chevillot et al., 1993; Montoya y Toro, 2006 y Roldán, 2008) y con las zonas de acumulación definidas por comparaciones batimétricas en el tiempo (Molina, Molina y Chevillot, 1992). Los resultados obtenidos son una primera aproximación al transporte de fondo en Bahía Colombia.

Palabras claves: Transporte de sedimentos, sedimentos marinos, mineralogía, granulometría, Golfo de Urabá.

<sup>1</sup> Grupo "OCEANICOS", Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Tel: 4255114. Email: [amalvar4@unalmed.edu.co](mailto:amalvar4@unalmed.edu.co).

**OC 34. SIMULACION NUMERICA DEL PATRON DE CORRIENTES EN BAHÍA COLOMBIA, GOLFO DE URABÁ, DURANTE AGOSTO DE 2006.**

**Roldán, P.A.<sup>1</sup>, Gómez, E.A.<sup>1</sup> y Toro, F.M.<sup>1</sup>**

En este artículo se presentan los resultados de la simulación numérica del patrón de circulación en la Bahía Colombia, Golfo de Urabá, para el mes de agosto de 2006. Para la calibración del modelo numérico se utilizaron perfiles de temperatura y salinidad medidos en varios lugares de la bahía utilizando un CTD. Las mediciones de campo y los resultados de la simulación muestran que la columna de agua está conformada por una capa superficial con aproximadamente 2 m de espesor de agua menos densa (más dulce y más cálida), una picnoclina entre los 2 m y los 4 m y luego una capa más densa de aguas marinas. Los procesos de análisis de sensibilidad y calibración realizados al modelo son descritos en este artículo. Los resultados de la simulación muestran que el patrón de circulación para el mes de agosto es dominado por las corrientes superficiales generadas por la acción combinada de los vientos y el caudal de los ríos, y se caracteriza por la presencia de dos vórtices que nacen en la boca Leoncito del río Atrato. El vórtice más occidental gira en sentido horario, mientras que el más oriental gira en sentido antihorario y produce una corriente en sentido sur-norte relativamente fuerte a unos 2 km de la margen suroriental de la bahía. Esta corriente confina y dirige, junto con los vientos dominantes, la pluma del río León hacia norte. Este patrón general de circulación se mantiene, con algunos cambios en magnitud por debajo de la picnoclina, lo que indica que la circulación dominante es de tipo barotrópica.

Palabras clave: Circulación marina, Simulación hidrodinámica, Bahía Colombia, Golfo de Urabá

<sup>1</sup> Grupo "Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos". Escuela de Geociencias y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Tel: 4255100. [paroldan@unalmed.edu.co](mailto:paroldan@unalmed.edu.co)

### ANEXO 3. MATERIAL DE DIVULGACIÓN (digital)



ANEXO 4. RESÚMENES DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO (versiones completas en digital)

***Dinámica oceanográfica del golfo de Urabá y su relación con los patrones de dispersión de Coliformes (*E. coli*) y sedimentos.***

**Luis Javier Montoya Jaramillo**

**Director:**

**Francisco Mauricio Toro Botero  
Andrés Gómez Giraldo**

**Tesis de Doctorado en Ingeniería-Recursos Hidráulicos  
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín  
En preparación**

**RESUMEN**

Utilizando modelación numérica, se estudió la hidrodinámica del golfo de Urabá. La zona de estudio esta fuertemente influenciada por la descarga del río Atrato la que se comporta como una pluma turbia. Dicha pluma cumple un papel importante en la dispersión de sustancias al interior del golfo; se estudiaron los patrones de dispersión de sedimentos y de coniformes (*E. coli*). Se estudia el papel que cumplen factores como los vientos, el forzamiento inducido por la marea y las descargas de los ríos sobre dicha circulación.

Para la modelación numérica se utilizó el modelo ELCOM (Estuary and Lake Computer Model), desarrollado en el Center for Water Research de la Universidad de Australia Occidental (Western Australia University). Para la calibración y validación del modelo se utilizaron tres campañas de medición, realizadas entre el 2004 y el 2006 en todo el golfo, en las que se midieron perfiles de salinidad y temperatura (con un CTDO marca SeaBird) y concentración de sedimentos suspendidos mayores a 6 micras en tres profundidades (mediante filtración de 3 litros de la muestra recolectada mediante una botella tipo Nansen y peso del material retenido) y tres campañas en el sur del golfo de Urabá entre el 2006 y 2007, midiendo salinidad y temperatura a diferentes profundidades (con una sonda multiparamétrica *IQ net system 2020 XT* marca WTW), y concentración de coniformes y *E. coli* obtenidas de muestras de 100 ml tomadas a diferentes profundidades. Durante las campañas también se midió información meteorológica básica.

Analizando las mediciones de campo se puede inferir que el agua dulce del río Atrato que genera una fuerte estratificación salina y se dispersa a lo largo del golfo ocupando las capas superficiales, por lo que la distribución de la salinidad de las capas superficiales daría una idea general de la dirección de las corrientes en superficie. El agua de los ríos queda atrapada en las capas superiores, con una tendencia de circulación hacia el noreste, saliendo del golfo por el flanco oriental, recostada a punta Arenas. Es posible identificar dos masas de agua en el golfo de

acuerdo con su origen: una proveniente de las descargas fluviales que producen una mezcla parcial con las aguas del golfo y otra masa oceánica. Durante las campañas, los efectos de las plumas de los ríos se limitaron a las aguas superficiales (entre 2 y 4 metros), en gran parte del golfo para profundidades mayores a 2 m las salinidades se homogenizan entre 34 y 36. Al comparar los perfiles de salinidad y temperatura fue posible identificar 4 zonas con características de estratificación bien definidas. Al noroeste, los perfiles son bastante homogéneos con salinidades entre 30 y 36, debido al ingreso de agua oceánica. Al noreste, la salinidad es cercana a 20 en la capa superficial y a 36 hacia el fondo, con una pycnoclina abrupta ubicada hacia los 4 m de profundidad. En la zona central se encontraron las mayores variaciones verticales de salinidad, con valores entre 7 hacia la superficie y 36 hacia el fondo, y una pycnoclina alrededor de los 2 m. Al sur, en bahía Colombia, la salinidad varió entre 15 y 36, con una intensidad de la estratificación que varía con la posición y la época del año. Se encontró que se produce una leve profundización de la haloclina desde la desembocadura del río en dirección noreste resultante de la profundización de la capa superficial dulce generada por la pluma del río Atrato dirigiéndose hacia el exterior del golfo. Se observó variaciones los perfiles de salinidad y temperatura en una misma estación a lo largo del día, posiblemente debido a la circulación inducida por factores periódicos como las mareas y por los vientos y a cambios en la radiación solar a lo largo del día, se observó un calentamiento de las capas superficiales con el paso del día y un enfriamiento en horas de la noche.

Estos datos de las campañas fueron utilizados para la calibración del modelo de simulación hidrodinámico ELCOM. Se realizaron una serie de experimentos numéricos en los que se variaron diferentes parámetros numéricos y físicos en el modelo con el fin de encontrar un adecuado ajuste del modelo con las mediciones. Se utilizó una malla rectangular con celdas de 500 m × 500 m y un paso temporal de 112.5 s. Puesto que la descarga del río Atrato se produce por varias bocas, se realizó un proceso de calibración de los caudales por cada una de ellas. Se variaron también las salinidades de dichas descargas con el fin de simular el efecto de la fuerte mezcla que se produce en la cercanía de las bocas del río, no simulado por efecto de la discretización. Para la calibración se compararon los perfiles de salinidad y temperatura medidos con los modelados. También se realizaron modelaciones de la dispersión de coliformes (*E. coli*) y de sedimentos utilizando el modelo ELCOM acoplado al modelo CAEDYM y se verificaron los resultados con los medidos en algunas estaciones.

Las simulaciones realizadas mostraron que cuando los vientos soplan del suroeste, la circulación de dicha pluma es hacia el noreste, saliendo del golfo por el flanco oriental y dejando las zonas sur y noroeste con salinidades altas, tal como lo observado en las campañas de medición. Cuando los vientos soplan del noroeste o no se presenta viento, se observa que la pluma alcanza a gran parte de la bahía Colombia.

Otros factores como las descargas de los ríos que intensifican o disminuyen la intrusión de la pluma y las mareas que afectan su estructura vertical también

afectan la circulación, pero conservando la dirección impuesta por el viento. Varios de estos efectos fueron corroborados por las mediciones. Los resultados de las simulaciones mostraron que la piroclina se movía horizontalmente forzada por las mareas, sugiriendo una relación entre dichas oscilaciones y la marea.

Al estudiar la dispersión de *Escherichia coli*, los resultados de la modelación mostraron que existe una fuerte influencia de la pluma dulce de los ríos en la dispersión de dichos patógenos se puede observar fuertes cambios en la concentración de dichos patógenos con la profundidad, la salinidad y la temperatura, especialmente en los primeros metros; en las capas más profundas la concentración de patógenos fue muy baja. Los resultados de la modelación y las mediciones de campo mostraron una alta variabilidad espacial y temporal en los patrones de dispersión, conservando la misma tendencia del la pluma del río Atrato la cual como se ha mencionado se encuentra afectada por las mareas (a lo largo del día) y por lo cambios en la dirección y magnitud del viento en diferentes épocas del año.

# **MODELACIÓN DEL PATRÓN DE CIRCULACIÓN DE LA BAHÍA COLOMBIA, GOLFO DE URABA. IMPLICACIONES PARA EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

**Paola Andrea Roldán Vásquez**  
**Directores: Andrés Gómez y Mauricio Toro**

**Tesis de Maestría en Ingeniería-Recursos Hidráulicos**  
**Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín**

En este estudio se presentan los resultados de la simulación numérica del patrón de circulación en la Bahía Colombia, Golfo de Urabá, para las dos épocas climáticas extremas del país determinadas básicamente por el paso de la Zona de Convergencia Intertropical activando los vientos Alisios provenientes del sur y los vientos Alisios provenientes del norte respectivamente.

Para la calibración y validación del modelo numérico ELCOM –Estuary and Lake Computer Model – Center for Water Research, CWR, de la universidad de Australia Occidental, se utilizaron perfiles de temperatura y salinidad medidos en varios lugares de la bahía utilizando un CTD en dos campañas oceanográficas realizadas en Agosto y Noviembre de 2006. Se midieron también variables climáticas como humedad relativa, temperatura del aire y magnitud y dirección del viento mediante la estación meteorológica del Posgrado de Recursos Hidráulicos de la Universidad Nacional de Colombia. Las mediciones de campo y los resultados de la simulación muestran que la columna de agua está conformada por una capa superficial con aproximadamente 2 m de espesor de agua menos densa (más dulce y más cálida), una pycnoclina entre los 2 m y los 4 m y luego una capa más densa de aguas marinas.

La información medida en las campañas de medición permitió representar el patrón medio de circulación para la época de vientos del sur o de invierno. Desafortunadamente para la época de vientos del norte o de verano no se midieron datos de campo y por tanto, fue necesario utilizar el modelo calibrado y validado para predecir el patrón de circulación medio para esta época.

Los resultados de la simulación muestran que el patrón de circulación para la época de invierno es dominado por las corrientes superficiales generadas por la acción combinada de los vientos y el caudal de los ríos, y se caracteriza por la presencia de dos vórtices que nacen en la boca Leoncito del río Atrato. El vórtice más occidental gira en sentido horario, mientras que el más oriental gira en sentido antihorario y produce una corriente en sentido sur-norte relativamente fuerte a unos 2 km de la margen suroriental de la bahía. Esta corriente confina y dirige, junto con los vientos dominantes, la pluma del río León hacia norte. Este patrón general de circulación se mantiene, con algunos cambios en magnitud

hasta la terminación de la picnoclina (aproximadamente a los 4 m), lo que indica que la circulación dominante es de tipo barotrópica.

Para la época de verano el patrón de circulación es dominado por las corrientes superficiales en dirección norte generadas por la acción del viento fuerte y persistente desde el norte. Aparecen entonces tres grandes corrientes sobre la bahía, una que se dirige paralela a la costa en el costado occidental, otra en el zona media del dominio y una tercera bordeando la costa oriental de la Bahía. Esta última corriente es formada por las aguas de las bocas más al norte del río Atrato que al salir atraviesan el Golfo y giran hacia el sur bordeando la costa oriental. Las aguas confinadas al sur de la bahía, se profundizan para volver a aparecer a los 4m en profundidad con dirección norte con velocidades más bajas que las de la superficie.

# EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE INDICADORES MICROBIANOS DE CALIDAD SANITARIA Y AMBIENTAL EN LAS AGUAS DEL GOLFO DE URABÁ, ANTIOQUIA – COLOMBIA

Felipe Andrés Gómez  
Director: Nestor Aguirre

Tesis de Maestría en Biología  
Universidad de Antioquia  
En preparación

## RESUMEN

Ubicado en el caribe colombiano, el Golfo de Urabá y la calidad de su agua es el resultado de múltiples condiciones geológicas, hidrodinámicas, climáticas y antrópicas.

La calidad sanitaria y ambiental del agua del Golfo de Urabá desde una perspectiva microbiológica está determinada principalmente por los aportes de los ríos Atrato, León y Leoncito, por los residuos generados en los asentamientos urbanos, por la actividad minera, portuaria y la influencia que ejercen las prácticas agrícolas y pecuarias.

En el presente proyecto se llevaron a cabo cuatro campañas de muestreo entre Junio de 2006 y Junio de 2007, en 15 estaciones de muestreo en el Golfo de Urabá. En cada estación se tomaron muestras a tres profundidades (0 m; 2 m y 5 m); se determinaron los indicadores microbianos de calidad sanitaria y ambiental: NMP/100 mL de Coliformes Totales y Fecales, NMP/100 mL de Coliformes Totales y Fecales Injuriados, NMP/100 mL de *Streptococcus faecalis*, UFC de bacterias Heterótrofas, UFC de Mohos y Levaduras. Además de la determinación cualitativa de *Pseudomona spp*, *Vibrio spp*, *Salmonella spp*, y Colifagos. Estos análisis se efectuaron con base en The Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup>.

Con el fin de determinar la distribución espacio temporal de los indicadores microbiológicos y la relación con variables fisicoquímicas, se realizaron mediciones de variables físicas y químicas (temperatura, conductividad eléctrica, salinidad, oxígeno disuelto, pH y transparencia Secchi).

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que la salinidad es la variable ambiental que está limitando la dispersión de los indicadores de calidad ambiental y sanitaria. Además que la bacteria *Vibrio sp* se comportó como el mejor indicador de calidad para las aguas del Golfo de Urabá, lo que hace necesario considerar los indicadores microbianos que se vienen empleando actualmente.

# **ESTUDIO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS SUPERFICIALES EN EL PISO MARINO DEL GOLFO DE URABÁ**

**Alexandra Alvarez**

**Director:  
Gladys Bernal**

**Tesis de Maestría en Ingeniería-Recursos Hidráulicos  
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín**

## **RESUMEN**

En el presente proyecto de investigación se estudiaron los sedimentos superficiales del fondo marino en el Golfo de Urabá, con el objeto de establecer patrones de la dispersión de los sedimentos. Para ello, se determinaron por calcinación los porcentajes de materia orgánica, y de carbonato de calcio por medio de un calcímetro construido en el laboratorio. Asimismo, se identificaron dos provincias mineralógicas al aplicar estadística multivariada a los minerales densos y a la relación Q/F de las muestras. Se establecieron cualitativamente minerales de caolinita y de illita en la fracción de arcillas, por medio de difracción de rayos X (DRX). Se determinó la media, la selección y la asimetría de la granulometría y se implementó el método de Le Roux (1994 a,b), que integra estos parámetros en grupos de cinco estaciones, para calcular el azimuth medio y una magnitud relativa del vector de transporte neto. Las direcciones de transporte encontradas muestran que los sitios de depósito de sedimentos se presentan en la zona sur y suroccidental de Bahía Colombia; así como hacia la margen oriental y al frente de las bocas del río Atrato. Los patrones de transporte encontrados se relacionan con la circulación superficial y con las zonas de acumulación definidas por comparaciones batimétricas en el tiempo (Molina et al., 1992). Los resultados obtenidos son una primera aproximación al transporte de sedimentos en el Golfo de Urabá.

Palabras claves: Transporte de sedimentos, sedimentos marinos, mineralogía, granulometría, Golfo de Urabá.



**PROVINCIAS DE MINERALES DENSOS EN LOS SEDIMENTOS DEL FONDO  
MARINO DEL GOLFO DE URABÁ**

**Laura Téllez Arjona**

**Director:  
Gladys Bernal**

**Trabajo de grado – Ingeniería Geológica  
Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín**

**RESUMEN**

Se estudiaron 36 muestras del fondo marino del golfo de Urabá para definir las asociaciones de minerales densos en éste y asociarlas con su fuente. Se encontró que en el golfo existen 6 provincias diferentes asociadas con tres fuentes principales. Al oriente la Formación Floresanto es la principal aportadora de sedimentos al golfo y al occidente El Complejo Santa Cecilia La X y el Batolito de Mandé. Se encontró que la fuente occidental aporta la mayor diversidad y porcentaje de minerales densos a la fracción arena de los sedimentos en el golfo.

Palabras Clave: Minerales densos, provincias mineralógicas, golfo de Urabá.

## **Identificación de patrones de dispersión de las plumas de sedimentos en el Golfo de Urabá mediante Sensores Remotos**

**Freddy Alberto Betancourt  
Alfredo Jaramillo**

**Director:  
Ruben Darío Montoya Ramírez  
Luis Javier Montoya Jaramillo**

**Trabajo de grado – Ingeniería Ambiental  
Universidad de Medellín**

Este trabajo de investigación fue realizado para el golfo de Urabá, enmarcándolo entre las coordenadas 77°24'15" y 76°23'59" Longitud Oeste y 7°18'11" 8°41'50" Latitud Norte. Esta región es la receptora final de gran cantidad de ríos, entre ellos el Atrato y el León que traen consigo una gran cantidad de sedimentos.

El análisis del comportamiento de las plumas de sedimentos de los ríos anteriormente mencionados, se llevó a cabo mediante su digitalización en IDRISI<sup>®</sup>, usando imágenes satelitales proporcionadas por el programa MODIS de la NASA, identificando para cada una de las desembocaduras, las plumas de sedimentos que aportan al golfo de Urabá, a las cuales se les midió sus principales características morfométricas.

Con los parámetros morfométricos, se realizó un estudio multitemporal analizando su variabilidad mensual, tomando en cuenta la magnitud y la dirección del viento como posibles variables influyentes en la dispersión de las plumas de sedimento.

Como resultado de esta investigación, se encontró que el viento ejerce una influencia en la dirección de la dispersión de sedimentos en el golfo de Urabá, sin embargo se reconoce la existencia de otras variables que pueden actuar también sobre dicha dispersión, como las corrientes marítimas internas, la carga de sedimentos presente en los afluentes, entre otras, las cuales podrían considerarse en estudios posteriores.

**Evaluación de la presencia de *Vibrio spp* en aguas costeras del sector occidental y oriental del golfo de Urabá (caribe colombiano)**

**Sara Johana Calle Ramírez**

**Directores**

**Néstor Jaime Aguirre Ramírez**

**Felipe Andrés Gómez Velásquez**

**Trabajo de grado en Biología, Universidad de Antioquia**

El golfo de Urabá es estratégicamente importante desde el punto de vista económico, ecológico, industrial y turístico para la región y en general para el país. La descarga incontrolada de aguas residuales domésticas al mar, sin ningún tipo de tratamiento y la posible influencia de las aguas de lastre contaminan los recursos hídricos superficiales, subterráneos y la zona costera.

Se evalúa la presencia y distribución de *Vibrio spp.* en aguas costeras del Golfo de Urabá y su relación con otras variables microbiológicas como coliformes totales y fecales, *E. coli* y enterococos, así como con algunas variables fisicoquímicas, temperatura, pH oxígeno disuelto y salinidad, además de la influencia que ejerce la profundidad, los niveles de marea y los cambios en el ciclo diario en la presencia o ausencia de *Vibrio spp.* en las aguas costeras del Golfo.

Se proponen medidas de vigilancia y monitoreo que contribuirán a generar propuestas de mejoramiento de saneamiento básico en áreas críticas del Golfo y, consecuentemente evitar mayor deterioro en el ambiente y en la salud humana.

**Determinación de *Salmonella spp.* en los costados occidental y oriental del golfo de Urabá – Colombia – y su relación con la influencia de algunos parámetros físicos y químicos**

**Camilo García**

**Directores:**

**Néstor Jaime Aguirre Ramírez**

**Judith Betancur Urhán**

**Trabajo de grado en Biología, Universidad de Antioquia**





La ausencia de indicadores bacterianos de contaminación fecal como coliformes en aguas costeras, no sugiere necesariamente una buena calidad del agua y la determinación de *Salmonella spp.* en los costados occidental y oriental del Golfo de Urabá, se constituye en un elemento importante para la definición de la calidad sanitaria y ambiental de este sistema, que es receptor directo de las aguas residuales no tratadas.

La presencia y persistencia de *Salmonella spp.* en aguas costeras del Golfo de Urabá, está influenciada por los cambios en la salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua, así como por la profundidad y los niveles de marea y se constituye en un riesgo para la salud pública

ANEXO 5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (con complemento digital)

La información recolectada para el proyecto tiene una componente geoespacial importante con la que se construyó una base de datos espacial en el programa ArcGIS, lo cual permite representarla en una interfaz gráfica, donde su consulta y actualización sean fáciles para sus usuarios.

Los temas o elementos geográficos que hacen parte del estudio se agruparon en conjuntos de objetos (Feature dataset), catálogos de rasters (Raster catalog), o grids de ESRI (rasters) de acuerdo a la temática que representan y la forma de almacenamiento de la información, siguiendo la convención:

-  formato vector, tema de puntos
-  formato vector, tema de líneas
-  formato vector, tema de polígonos
-  formato raster, (grids de ESRI)

La información cartográfica básica y temática levantada, recolectada y editada por el grupo de sistema de información geográfica fue:

- Delimitación del Golfo de Uraba
- Digitalización de Cabos, Bahías, Ciénagas, Islas, Playas, Provincias, Pueblos, Puntos
- Recolección de información Tipos de Costa, muestreo de variables en los sedimentos, muestreo biológico, muestreo de variables oceanográficas
- Construcción de modelo de vientos con Magnitud y Dirección.
- Modelo de corrientes y dispersión de sedimentos en suspensión y coliformes en el golfo de Uraba y corrientes en bahía Colombia.
- Adquisición y ajuste de imagen satelital del programa Landsat ETM+

En el anexo 5 digital se presenta la GeoDatabase y todos sus componentes

Para la representación de perfiles recopilada durante las campañas de campo se emplea el software Ocean Data View 3.2.2 (2007), para el cual se construyó un breve manual del usuario en español el cual se presenta en el Anexo xxx. A continuación se presenta el listado de las variables incluidas en los archivos en formato ejecutable de ODV y la información incluida para cada archivo

#### VARIABLES:

- Temperatura
- Salinidad
- Conductividad
- Oxígeno Disuelto

#### INFORMACION ADICIONAL

- Crucero
- Estación (Punto de muestreo)

- Fecha
- Hora
- Latitud
- Longitud
- Profundidad

En el anexo 5 se presentan los archivos en formato .txt mediante los cuales puede desplegarse la información, así como los archivos en formato de ODV para cada una de las campañas. Estos archivos se encuentran organizados por campaña como se muestra a continuación:

Campaña1\_ODV.txt  
Campaña2\_ODV.txt  
Campaña3\_ODV.txt  
Campaña4\_ODV.txt  
Campaña5\_ODV.txt  
Campaña6\_ODV.txt

Se anexan también las líneas de costa y batimetría en formato ejecutable de ODV (ver manual, carga de perfiles y batimetría)

ANEXO 6. INFORME AUGURA (digital)



## ANEXO 7. INFORME FINANCIERO