

Efecto de las Lluvias sobre la Calidad del Agua en La Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia

Rainfall's effect on water quality in La Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia

Carlos Alberto Severiche Sierra^{1*}; Arnaldo José Barreto Lezama^{2*}; Rosa Leonor Acevedo Barrios^{3*}.

¹Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Químico. Docente Investigador, Grupo de Investigaciones en Sistemas Ambientales y Materiales GISAM de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Especialista Grado Superior Laboratorio de Calidad de Aguas de la Empresa Aguas de Cartagena SA ESP. Cartagena, Colombia. *cseveriches@gmail.com.

²Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Especialista en Administración Pública, Ingeniero Civil. Asesor Ambiental, Docente Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, Colombia. *arnaldojbarreto@gmail.com

³Doctoranda en Toxicología Ambiental, Magister en Microbiología, Bióloga. Docente de Planta e Investigadora del Grupo de Investigaciones en Sistemas Ambientales y Materiales GISAM de la Universidad Tecnológica de Bolívar. Cartagena, Colombia. *rosautb@gmail.com

Fecha de recepción del artículo: 18/06/2013 Fecha de aceptación del artículo: 18/07/2013

Resumen

Se estudió el efecto de las lluvias sobre la calidad del agua en la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)-Caribe Colombiano, durante el periodo 2006 – 2009. Se aplicó el indicador ambiental de calidad de aguas marino-costeras para preservación de flora y fauna, en seis zonas hidrobiológicamente comunes. El trabajo indicó, que las precipitaciones a lo largo de los años escogidos, da como características: que el mes para cada época seca es febrero y la lluvia se concentra en octubre; además se relaciona el uso de los indicadores ambientales, como estrategia mundial, en pro de la toma de decisiones y la gestión ambiental integral. El resultado más relevante mostró, que los descriptores de calidad para el estado de naturalidad del sistema estuarino, está entre los rangos bueno (51 - 75) y excelente (76 - 100).

Palabras clave

Estuarino, Índice de calidad de aguas, Sistema.

Abstract

The environmental indicator of quality of marine coastal waters was determined, in Ciénaga Grande

de Santa Marta (CGSM), located on the Caribbean coast in Colombia, during the period of 2006 to 2009, by applying an index for the preservation of flora and fauna, the sampling points selected correspond to six common hydrobiological areas, in the study were finding precipitations over the selected years, typical for each month dry season (February) and rainy season (October), also relates the use of environmental indicators as global strategy of decision making and integrated environmental management, the most relevant result showed that quality descriptors for the state of natural estuarine system is among the ranks good (51 - 75) and excellent (76-100).

Keywords

Estuarine, System, Water quality index.

1. Introducción

En los últimos años, los indicadores para la toma de decisiones han tenido avances importantes en países desarrollados, en agencias internacionales y también en algunos países de Latinoamérica; con iniciativas que alcanzan escalas diversas y enfoques metodoló-

gicos distintos. Algunos países están elaborando indicadores de sostenibilidad ambiental, mientras que, otros trabajan desde el enfoque de desarrollo sostenible; esto es, incorporando las dimensiones: económica, social, ambiental e institucional del desarrollo (Quiroga, 2001); (Suárez, 2003).

A nivel de Latinoamérica, se han desarrollado estudios que buscan relacionar las variaciones temporales y espaciales con la calidad de agua de diferentes cuerpos de aguas de: México, Costa Rica y Brasil (Pérez y Rodríguez, 2008); (López y Serna, 1999); (Sampaio et al., 2002). En nuestro país, se han hecho determinaciones y caracterizaciones de calidad de agua en varios sistemas lagunares y cuyos resultados son relacionados con épocas de sequía y lluvia, que en consecuencia, evidencian el efecto de las precipitaciones características en cada estudio, teniendo como características comunes: la baja de la salinidad por un periodo intenso de lluvias y su ascenso en periodo seco, así como el aumento de materia orgánica y nutrientes, en periodos de lluvia, entre otras (Posada et al., 2000); (Chalarcá y Mejía, 2007); (Montoya, 2008).

Colombia dispone anualmente de 2.000 km^3 ($58 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$) de agua como escorrentía y para infiltración profunda (Márquez, 1996). De esa cantidad, se consumen cerca de $3.284 \text{ m}^3/\text{s}$, equivalente a $63.072 \text{ mm}^3/\text{año}$. Ante factores condicionantes como: densidad poblacional, tipos de asentamientos, actividades productivas y sistemas tecnológicos, se presentan efectos como; la desregulación de la disponibilidad espacial y temporal en la oferta hídrica, deterioro de las condiciones biológicas y fisicoquímicas del agua, conflictos intersectoriales e interterritoriales, y también imposibilidad de manejo integral de las cuencas (Orrego, 1999).

Con la aparición de indicadores ambientales, cuyo objetivo es informar sobre el estado del medio ambiente y su evolución espacio-temporal (Pino, 2001), el término “indicador” se remonta al verbo latín *indicare*, en el sentido de revelar, señalar, anunciar, hacer de conocimiento público, estimar o poner precio a algo. Indicadores de la informa-

ción sobre el progreso hacia los objetivos sociales, tales como el desarrollo sostenible. (Hammond et al., 1995).

La calidad del agua se refiere a la composición del agua, en la medida en que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo, sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada. De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua, variarán dependiendo de si se trata de agua para: consumo humano, uso agrícola, uso industrial, recreación, mantenimiento de la calidad ambiental, etc. (Montoya, 2008). Como se explica en el decreto 1594 (Ministerio de Agricultura de Colombia, 1984), en Colombia, el uso del agua es para la preservación de flora y fauna. Su empleo debe ser para actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en ellos, o para actividades que permitan: la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

De ahí que en las últimas décadas, se haya presentado un creciente interés por conocer el estado de los cuerpos acuáticos y su evolución en el tiempo. Lo anterior, con el fin de encontrar estándares de juicio de “Calidad de Agua” que permitan satisfacer las demandas de uso del recurso (Figueroa, 2000).

En nuestro caso, el área de estudio es La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM). Para este cuerpo de agua, situado en el Caribe Colombiano, en varios estudios se ha observado, que la reapertura de los canales, ha tenido un efecto significativo favorable en la dinámica del ecosistema, influyendo en la calidad de las mismas. Igualmente, la contaminación y la productividad existentes en el ecosistema, influyen en la dinámica de los nutrientes (fosfatos y nitrógeno), convirtiéndolos en posibles tensesores en el sistema (Bianucci, 2005). Por su parte, las épocas

lluviosa y seca, al igual que los fenómenos climáticos: el niño y la niña, son de suma importancia para el área de influencia de la CGSM ya que modifica el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos del agua, el manglar y el recurso pesquero, alterando el equilibrio y protección de la dinámica de la ciénaga, así como el mantenimiento de las actividades productivas de sus habitantes (DNP, 2007). El cuestionamiento investigativo de este trabajo se centro como tal en la pregunta: ¿de qué manera la calidad del agua se ve afectada por efecto de las épocas lluviosa y seca de la CGSM?. Para ello, se evaluó el efecto de las épocas lluviosa y seca sobre la calidad del agua en la CGSM, durante el periodo de cuatro años, comprendido entre 2006 hasta 2009, aplicando un índice de calidad de agua, con el fin de realizar un seguimiento cuantitativo y dar evidencia que sirva para contribuir a la preservación de flora y fauna en este importante sistema lagunar.

Debido a la importancia, se hace necesario desarrollar esta investigación para guardar relación entre las variables: lluvia y calidad del agua del sistema. El trabajo se desarrolla con información secundaria; no se pretendió explicar el fundamento matemático y analítico de los indicadores, sino la utilidad de su aplicación.

2. Metodología

Para evaluar la calidad del agua, se utilizó el índice de calidad del agua para preservación de flora y fauna (ICAM_{PTF}), (Vivas, 2007). El periodo de estudio fue de 2006 a 2009, utilizando un análisis estadístico simple. El área de seguimiento, se abordó mediante una red de estaciones agrupadas en seis zonas, las cuales representan condiciones hidrobiológicas comunes (Garay et al., 2003).

2.1 Área de estudio

La CGSM tiene asentamientos de once municipios del departamento del Magdalena, que derivan su sustento de forma directa o indirecta, de los recur-

sos que provee este ecosistema. Además, es tal la importancia ecológica de la región, que en 1998 fue declarada sitio RAMSAR, que es la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (RAMSAR, 2004), que alberga dos áreas protegidas, núcleo de la reserva de biósfera (UNESCO): la Vía Parque Isla de Salamanca (VIPIS) y el Santuario de Flora y Fauna CGSM (SFFCGSM).

Los cambios ecológicos en las corrientes acuáticas, por acciones antrópicas o por fenómenos naturales, alteran por tanto, la estructura y las características fisicoquímicas (Instituto Mi Rio, 1997). Además de las precipitaciones que se presenten en un cuerpo de agua determinado -en nuestro caso el sistema estudiado- la CGSM, sistema lagunar estuarino, ubicado en la zona costera del departamento del Magdalena, se caracteriza hidrológicamente por la descarga del Río Magdalena al complejo Pajarales (CP), así como por el drenaje de los ríos: Fundación, Aracataca y Sevilla (vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta) a la Ciénaga Grande. Se aprecia que colinda dinámicamente al norte, con el golfo de Salamanca en el mar Caribe. Como se muestra en la Figura 1, el sistema presenta seis zonas que muestran comportamientos hidrobiológicos comunes; factor tenido en cuenta en la definición de la red de estaciones, para establecer el efecto de las épocas lluviosa y seca sobre la calidad del agua en este sistema, en un periodo de cuatro años 2006-2009; mediante un indicador de calidad de agua, con énfasis en la preservación de flora y fauna (Ramírez, 2001); (Garay et al., 2003).

2.2 Indicador de Calidad de Aguas Marinas -ICAM

Es usado por la gran mayoría de países, sobre todo en aquellos que poseen relación con cuerpos de agua. Sin embargo, la cuantificación científica resulta importante y es una estrategia básica en el desarrollo de los cimientos de la ciencia, para el manejo de los recursos hídricos (Hakanson et al. 2000). El término del manejo óptimo de los recursos, requie-

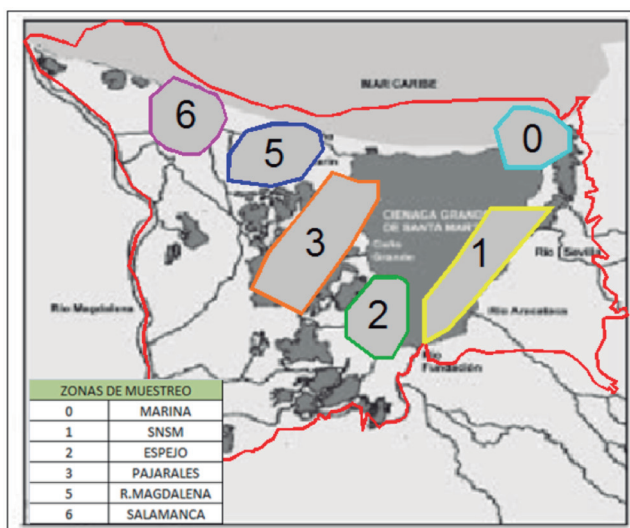


Figura 1. Esquema de La CGSM y las zonas de estudio (Cadavid et al., 2009)

re estándares predefinidos de calidad integral de agua, como componente de los criterios de optimización (Straskraba y Gnauck, 1985). El ICAM es un instrumento de referencia utilizado para evaluar la calidad fisicoquímica y sanitaria de las aguas marinas y costeras del país. Se basa en la información disponible sobre los diversos parámetros que se recopilan o se han reunido en bases de datos ó sistemas de información geográfica, tal y como se muestra en la Tabla 1. Está definido como un indicador ambiental y sus resultados van orientados a monitorear los cambios en la calidad de recursos naturales y el medio ambiente, para determinar el efecto de las acciones antrópicas o naturales sobre estos recursos. El indicador va de cero a 100 (en porcentaje); que según el rango numérico, representa un concepto de calidad con cuatro opciones

Tabla 1. Descriptores del Indicador de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (ICAM) (Troncoso et al., 2008)

No	Descriptor	Rango de Representación Numérica del Indicador ICAM %
1	Malo	0 - 25
2	Regular	26 - 50
3	Bueno	51 - 75
4	Excelente	76 - 100

(excelente, bueno, regular o malo) (Troncoso et al., 2008); (Vivas, 2007).

El Indicador de Calidad Ambiental de las Aguas Marinas y Estuarinas para la Preservación de Flora y Fauna –ICAMPFF, representa el conjunto de características: físicas, químicas y microbiológicas, que describen el estado de un cuerpo de agua marino o estuarino, con relación a las condiciones ambientales que propician la preservación de la flora y de la fauna.

2.3 Indicador de Calidad para la Preservación de Flora y Fauna (ICAM_{PPF})

El indicador, con el cual se determinó la calidad para la preservación de flora y fauna, se expresa de la siguiente manera:

$$ICAM = \sum (Qf_q * F_i) \quad (1)$$

Donde en el ICAM (Qf_q: fisicoquímicos), F_i es el peso específico asignado a cada parámetro; según las ecuaciones para cada indicador, que sólo evalúa el grado de naturalidad del agua en particular. Finalmente, el ICAM de la ecuación (1), es un número entre cero y 100, que estima la calidad en función del uso y tipo de agua. Por su parte, la calificación obtenida de las curvas de funcionamiento, oscila entre cero y 100 (Marin et al., 2003).

En aguas estuarinas es (ver Tabla 2):

$$ICAM_{PPFF} = \{(0.21) OD + (0.18) PO_4 + (0.17) Ni + (0.16) SAL + (0.15) pH + (0.13) SST\} \quad (2)$$

2.4 Cálculo del ICAM

Se realizó una evaluación de la variación temporal y espacial de las lluvias en el área delimitada de

Tabla 2. Abreviaturas de los parámetros alimentadores del ICAM_{PFPE}.

Abreviatura	Parámetro	Unidad
OD	Oxígeno Disuelto	mg/L
PO ₄	Orto fosfatos	µg/L
Ni	Nitritos + Nitratos	µg/L
SAL	Salinidad	‰
pH	Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH
SST	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L

la Ciénaga Grande de Santa Marta, en el periodo 2006-2009. Las estaciones se escogieron teniendo en cuenta la proximidad y representatividad del área de estudio, a saber: Aeropuerto Simón Bolívar - Santa Marta, Aeropuerto Ernesto Cortisoz - Barranquilla, Las Flores - Barranquilla, Pueblo Viejo - Tasajera.

El indicador de calidad de las aguas marinas y estuarinas para la preservación de flora y fauna –ICAM-PFPE, en relación a los indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras (EEA/AMAE, 2002). La batería de indicadores de calidad del agua marina y costera para Colombia, se pudo desarrollar bajo el diagrama de flujo que se muestra en la Figura 2.

3. Resultados y discusión

Las deducciones del comportamiento de las precipitaciones para los cuatro años de seguimiento y la estimación del índice de calidad del agua para la CGSM, se muestran a continuación:

3.1 Determinación de la variación temporal y espacial de las lluvias en el área de estudio

Para determinar la variación temporal y espacial de lluvias, en el área de influencia de la Ciénaga Grande de Santa Marta, en el periodo 2006-2009, se utilizaron datos suministrados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales-IDEAM y de los aeropuertos de: Santa Marta

y Barranquilla. Las estaciones de seguimiento se escogieron teniendo en cuenta la proximidad y representatividad al área de estudio, las cuales son: Aeropuerto Simón Bolívar - Santa Marta, Aeropuerto Ernesto Cortisoz - Barranquilla, Las Flores - Barranquilla, Pueblo Viejo - Tasajera. La Figura 3 ilustra las ubicaciones de las estaciones seleccionadas.

Es característica común, para los cuatro puntos seleccionados como indicadores de pluviosidad, que: enero, febrero y marzo, en el periodo comprendido entre los años 2006 a 2009, presentan poca presen-

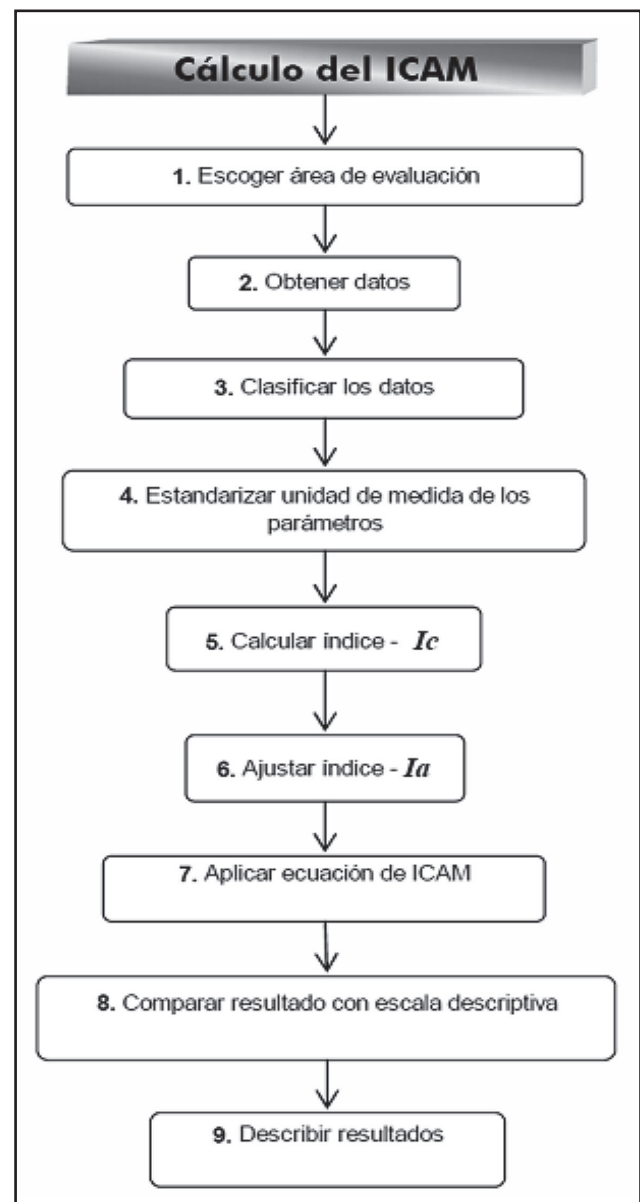


Figura 2. Procedimiento para el cálculo del ICAM

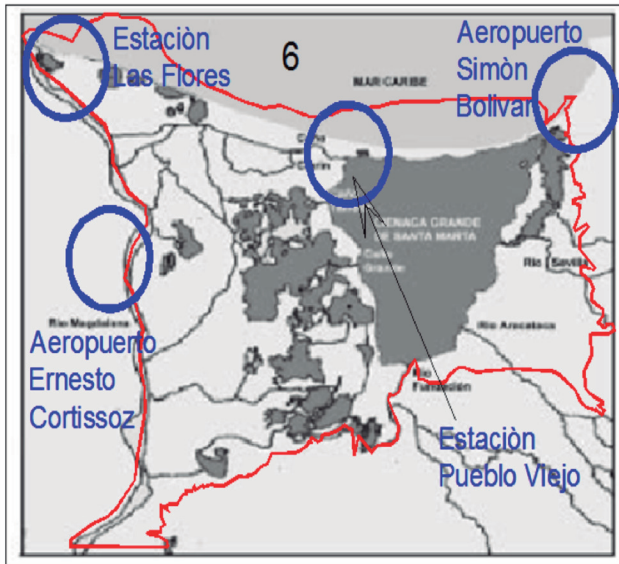


Figura 3. Mapa ilustrativo de las estaciones seleccionadas para el seguimiento de la pluviosidad en el área de estudio.

cia de lluvias. Eso indicó, que parte del año es época seca; situación que se puede soportar en función a un comportamiento histórico de la pluviosidad, en esta zona específicamente, trayendo consigo una serie de consecuencias en el sistema estuario, ya que algunas variables fisicoquímicas, se ven influenciadas por este hecho, siendo la salinidad el parámetro más particular, el cual crea determinados contextos que impactan el ecosistema, tanto acuático como de manglar, como por ejemplo: la migración del recurso pesquero dulceacuícola, que migra a otras zonas, por la característica del agua y el decrecimiento del material vegetal. De otra parte: septiembre, octubre y noviembre, poseen un comportamiento abismalmente distinto, ya que en esos meses, es cuando se presentan la mayoría de la precipitaciones; característica importante para nuestro estudio, en el sentido de establecer la relación que esas épocas tienen sobre la calidad del agua del sistema estudiado, y donde ocurren impactos ambientales de la misma magnitud que durante el periodo seco, pero con manifestaciones totalmente diferentes. Para nuestra investigación, se estableció a febrero como el mes característico de la época seca y a octubre, como lluvioso; siendo lo planteado, acorde con la decisión inicial en la metodología y

cumpliendo así con la meta del primer objetivo específico propuesto.

La Figura 4, muestra el comportamiento promedio de la salinidad durante el periodo 2006 - 2009, para las épocas de lluvia y seca. Los ciclos de aumento y disminución en la concentración de esta variable, dentro del complejo lagunar, se repiten a lo largo del tiempo de estudio.

Teniendo en cuenta estudios realizados, el sistema ha presentado condiciones salinas diversas (entre 0 y 40.8), desde los periodos de lectura (1993-2002); mientras que para el periodo (2006-2009), las con-

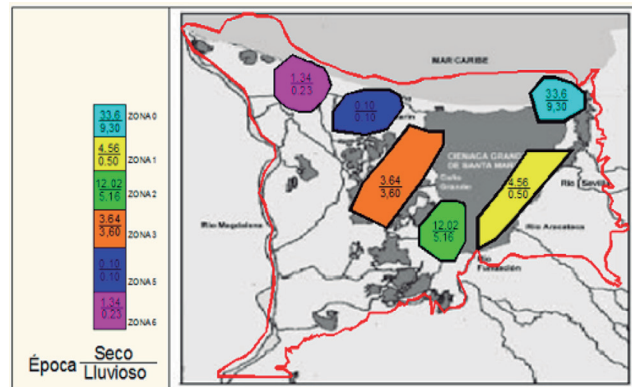


Figura 4. Esquema del comportamiento promedio de la salinidad (°/00) para las épocas seca y lluviosa.

diciones salinas variaban (entre 0 y 33.6). Es decir, 7.2 unidades menos de salinidad que el periodo inicialmente analizado; lo denotan los diversos procesos de intercambio acuático, así como las fronteras del estuario con el Mar Caribe y el Río Magdalena. El promedio salino, fue de 14.09 para todo el conjunto de zonas monitoreadas durante el periodo de muestreo (1993 a 2002), mientras que para el periodo (2006-2009), el promedio fue 9.21 y los valores más altos, para ambas mediciones, se obtuvieron en la estación del Marina (0), donde históricamente se han observado salinidades altas. Estos altos valores se originan en situaciones de alta evapotranspiración, poca precipitación o insuficiente entrada de agua dulce a través de los caños, los cuales representan cambios cíclicos en las condiciones meteorológicas de la zona. El análisis

temporal, indicó que la salinidad posee un comportamiento de incremento a principios de cada año en todos los sectores, excepto para el sector 5 (Río Magdalena). Esa tendencia de aumento, se interrumpe a mediados de año, como consecuencia del ingreso de agua dulce al sistema, desde los ríos y caños que la rodean. Esto parece ser una condición natural y se pueden observar los marcados ciclos para el sistema, los cuales dependen de las temporadas climáticas (MMA/BID/INVEMAR, 2000).

3.2 Evaluación de la calidad del agua de la CGSM y su relación con las épocas: lluviosa y seca

El área de estudio distribuida en seis zonas hidrobiológicamente comunes, para efectos de identificar el comportamiento del ICAM, en el periodo comprendido entre los años 2006 a 2009, la variación temporal y espacial de la pluviosidad, condujo a establecer el mes de febrero como característico de la época seca y a octubre el mes representativo de la temporada lluviosa.

Teniendo en cuenta el rango de representación numérica del indicador ICAM y comparando los resultados obtenidos para la zona 0, para el año 2009, el indicador tuvo un comportamiento que coincide con el descriptor *excelente*. Esto tanto para el mes seco como para el lluvioso e igual comportamiento para los años 2007 y 2008; pero es notoria la tendencia de los resultados a estar por el valor inferior del intervalo, que es 76. Luego da una lectura de la situación de comportamiento de la calidad del agua en esa zona totalmente marina y que en época seca, aumenta mucho más el parámetro crítico de la salinidad. Si bien los resultados de la zona estudiada resultan excelentes, en relación a esos tres años en particular, ellos se pueden sustentar en la capacidad de amortiguamiento del sistema y en el permanente movimiento y dinámica de entrada y salida de agua. Para el año 2006, los resultados se enmarcan en el descriptor *bueno* (51-75); situación que se explica en forma semejante a los anteriores años, pero con el agravante de la influencia de los fenómenos climá-

ticos "El Niño" y "La Niña", los cuales se hicieron sentir en ambas épocas (en la lluviosa un poco más que en la seca), para ese año en particular, y la posible llegada a ese punto de las descargas de los ríos tributarios de la Sierra Nevada de Santa Marta y una inclemente actividad antrópica. Los resultados en esa zona son satisfactorios, pero hay que tener en cuenta que el indicador ICAM utilizado, solo evalúa el grado de naturalidad del sistema y no los agentes contaminantes, que bien pudieran afectar y los resultados del indicador estuvieron por los rangos del descriptor *regular* 26-50 o *malo* 0-25.

El ICAM de las zonas 1 y 2, a excepción del año 2009 para la zona 1, presenta mejor comportamiento para el mes de febrero, favoreciendo a la época seca y en contraste para el 2009, en la zona 2 el desempeño del indicador es exactamente igual, pero dando la importancia del mayor ICAM, al mes de octubre. Este tipo de situaciones se basan en gran parte a su posición geográfica dentro del sistema estuarino, ya que con la llegada de las lluvias, se incrementan los nutrientes tales como: las formas del nitrógeno y del fósforo, volviéndose en posibles tensores del sistema; pero las diferencias pudieran ser mayores con el cálculo completo, si bien cada zona tiene sus propias características; aquí son evidenciadas y la previa descripción del área de estudio y de las zonas en específico.

La zona 3, cuya característica principal es ser el espejo de la ciénaga, cuyo territorio recoge casi la mayoría de las características del sistema estuarino, presenta comportamientos similares para los años 2006, 2007 y 2008, así como un cambio significativo en el año 2009 todo esto relacionado con el ICAM y la época de lluvia. Esto es mayor para los tres años en lluvia, y seca para el año del cambio, fenómeno que se explica mediante las eventualidades climáticas ocurridas y en consecuencia aumento de las cargas de los ríos y efluentes que finalizan su recorrido en la ciénaga.

Para el año 2009, el comportamiento para ambas épocas es muy similar, encontrándose los valores

obtenidos en los rangos superiores a 90, adoptando un descriptor de excelente. En la figura, se describe el comportamiento para los años 2007, 2008 y 2009; para estos, los valores del indicador -para el periodo seco-, son mucho mayores que para los periodos lluviosos.

4. Conclusiones

Este tipo de indicadores se convierten en determinantes para la toma de decisiones y en el complemento apropiado para generar una gestión ambiental integral. Los datos obtenidos muestran, en contexto general, valores que en las escalas de los descriptores pueden clasificarse como excelentes; pero no podemos perder de vista que el análisis realizado solo es extensivo a evaluar la calidad del agua en su naturalidad. Es muy probable que al momento de evaluar los efectos de los contaminantes, encontremos que estos porcentajes tiendan a disminuir, y los próximos valores de calidad, puedan encontrarse entre los rangos (26-50) regular o (51-71) bueno.

El comportamiento mostrado por la evaluación del indicador, durante el periodo de estudio, comprendido entre el año 2006 y 2009, guarda relación estrecha con los valores de calidad obtenidos durante el periodo (1993-2002). Tal vez uno de los factores que ha permitido la recuperación del estuario, va de la mano de las obras hidráulicas realizadas, las cuales han proporcionado una nueva dinámica de flujo al interior del ecosistema.

Teniendo en cuenta estudios anteriores, el sistema ha presentado condiciones salinas diversas (entre 0 y 40.8), desde los periodos de lectura (1993-2002); mientras que para el periodo 2006-2009, las condiciones salinas variaban entre 0 y 33.6; es decir 7.2 unidades menos de salinidad que el periodo inicialmente analizado, lo cual presentan los diversos procesos de intercambio acuático, así como las fronteras del estuario con el mar Caribe y el Río Magdalena.

La variación temporal y espacial de la pluviosidad, arroja resultados que nos condujeron a establecer

a febrero como característico de la época seca y a octubre como el mes representativo de la temporada lluviosa. Esos resultados fueron obtenidos después de tabulada la información de la pluviometría, entre los años del 2006 al 2009, obtenida de las distintas estaciones, las cuales son: Aeropuerto Simón Bolívar - Santa Marta, Aeropuerto Ernesto Cortissoz - Barranquilla, Las Flores - Barranquilla, Pueblo Viejo - Tasajera.

A lo largo del desarrollo de este estudio, se realiza una detallada descripción del estado del arte de los indicadores de calidad ambiental de las aguas marinas y estuarinas para la preservación de flora y fauna ICAM_{PEF}, encontrando un gran espectro de aplicabilidad en la calidad de las aguas marinas y costeras, pero con mayor énfasis en los sistemas estuarinos, como es el caso del presente trabajo. Es importante recalcar que los resultados obtenidos del ICAM, pueden ser relativos, y es necesario ser prudentes en el uso del indicador; por eso se recomienda seguir las indicaciones para el uso adecuado del mismo, con miras a obtener resultados confiables y aplicables a las condiciones de calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia.

El sistema estuarino CGSM, presenta todas las características y cumple con todas las condiciones necesarias para la aplicabilidad de esta metodología innovadora. Además es una importante reserva natural y representa una de las principales fuentes de sustento para la población de los 11 municipios que tienen asiento sobre su orilla. De la información tabulada a partir de la investigación bibliográfica, se infiere que el indicador, desde la óptica del estado de naturalidad, presenta resultados favorables, lo cual se confirma con los rangos obtenidos en las escalas.

Referencias

1. Bianucci, S.P., Ruperto A. R., Depettris, C.A. & Clemente, M.T. 2005. Aplicación de indicadores de impacto ambiental al estudio de calidad de aguas continentales: caso de la laguna Los

- Lirios, Resistencia, Argentina. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Resumen T-0.38. UNNE. Disponible en: www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/7-Tecnologia/T-038.pdf
2. Cadavid, B.C., Bautista, P., Betancourt, J.M., Castro, L.E., Villamil, C.A., Orjuela, A.M., Rífaterra, S., Perdomo, L.V., Vilorio, E., Mármol, D. & Rueda, M. 2009. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. INVEMAR. Informe Técnico Final. Santa Marta, 118 p.
 3. Chalarcá, D. & Mejía R. 2007. Aproximación a la determinación del impacto de los vertimientos de las aguas residuales domésticas del municipio de Ayapel, sobre la calidad del agua de la Ciénaga. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Número 40: 41-58
 4. DNP, 2007. 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior Impresores. Bogotá. 101 p.
 5. EEA/AMAE. 2002. Towards an urban atlas: Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas. Environmental Issue Report, 30. Copenhagen.
 6. Figueroa, R.; Araya, E.; Parra, O. & Valdovinos, C., 2000. Macroinvertebrados Bentónicos como indicadores de calidad de agua. Centro de Ciencias Ambientales, EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile.
 7. Garay, J.A., Betancourt, J.M., Ramírez, G., Marín, B., Cadavid, B. Panizzo, L. Lesmes, L. Sánchez, E., Lozano, H. & Franco, A. 2003. Manual de técnicas analíticas para determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. INVEMAR, Santa Marta, 177 p.
 8. Hammond, A., Adriaanse, A., Rodenburg, E., Bryant, D. & Woodward, R. 1995. Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. World Resources Institute. Washington. 58 p.
 9. Hakanson L, Parparov, A, Ostapenia, A, Boullion, V.V. & Hambright, K.D. 2000. Development of a system of water quality as a tool for management. Final Report to INTAS, Uppsala University, Department of Earth Science, 19.
 10. Marín, B., Martín L., Garay, J., Troncoso, W., Betancourt, J., Gómez, M., Acosta, J., Vivas, J. & Vélez, A. 2003. Sistema de Indicadores de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - SISCAM. Programa Calidad Ambiental Marina. Informe Técnico Final. INVEMAR. 184p.
 11. MMA / BID / INVEMAR. 2000. Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta: Un enfoque de manejo adaptativo. Informe Técnico Final Monitoreo CGSM 1999 - 2002 Convenios MMA / BID / INVEMAR Nos. 029/99 - 058/00 y 062/2001
 12. Decreto 1594 del 26 de junio de 1984. República de Colombia. Ministerio de Agricultura. 1984. Capítulo III De la Destinación Genérica de las Aguas Superficiales, Subterráneas, Marítimas, Estuarias y Servidas Artículo 31. Capítulo IV De los criterios de calidad para destinación del recurso.
 13. Montoya, Y. 2008. Variaciones nictemerales de algunas variables climáticas, físicas y químicas en una laguna somera en Guatapé (Antioquia), Colombia Actual. Biol., 30 (88): 83-96
 14. López-López, E. & Serna-Hernández, J. A. 1999. Variación estacional del zooplancton del embalse Ignacio Allende, Guanajuato, México y su relación con el fitoplancton y factores ambientales. Rev. biol. trop, 47 (4): 643-657.
 15. Orrego, N., Londoño, F. & Rojas, E. 1999. Manejo eficiente del recurso hídrico en las microcuencas. Tesis Profesional. Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Manizales
 16. Pérez-Castillo, A. & Rodríguez A. 2008. Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. Cen-

- tro de Investigación en Contaminación Ambiental, Universidad de Costa Rica, 2060 San José (Costa Rica)
17. Posada, G., Roldán-Pérez., G. & Ramírez, J.J. 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de las aguas de la Cuenca de la Quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.*, 48 (1): 59-70.
 18. Quiroga, R. 2001. Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. CEPAL - Serie Manuales No 16. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Santiago de Chile. 118 p.
 19. Ramírez, G. 2001. IX Congreso Latinoamericano sobre Ciencias del Mar, San Andrés Isla, Colombia Septiembre 16 – 20, Variaciones Espacio Temporales de los Principales Indicadores Ambientales Tomados En Una Laguna Costera Tropical (Ciénaga Grande de Santa Marta).
 20. RAMSAR / MVyDT / CORPAMAG / INVEMAR. 2004. Plan de manejo para el sitio RAMSAR y Reserva de la Biosfera, Sistema Delta Estuarino del río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta, República de Colombia. Informe Final. Santa Marta (Magdalena) Colombia.
 21. Sampaio, E, Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T. & Tundisi, J. 2002. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil. *Braz. J. Biol.*, 62: 525-545.
 22. Suárez, D.C. 2003. Indicadores e Índices Ambientales: Marco Teórico de Indicadores. Programa de Información e Indicadores de Gestión de Riesgos de Desastres Naturales. Ejecución del Componente II. Indicadores de Gestión de Riesgos. Operación ATN/JF-7907-RG. BID-CEPAL-IDEA. Manizales. 20 p
 23. Straskraba M. & Gnauck, A.H. 1985. Freshwater ecosystems. Modelling and Simulation. Development in Environmental Modelling, Elsevier, 373 p.
 24. Troncoso, W., Vivas-Aguas, L.J., Narváez, S. & Sánchez, J. (Eds.). 2008. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. Informe técnico. INVEMAR. Santa Marta. 296 p.
 25. Vivas-Aguas, L.J. 2007. Manual de uso de indicadores de la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia. Hojas Metodológicas. Contrato de servicios de consultoría No. 055 06. Convenio No. 001/04 OEI / MAVDT / IDEAM / INVEMAR. Santa Marta. 37 p.