

BOCANA ESTABILIZADA DE MAREA COMO PROCESO AERÓBICO DE AUTODEPURACIÓN EN LA CIENAGA DE LA VIRGEN

Beltrán, P.*

**La Bocana Anillo Vial Km.-1. Cartagena – Colombia.
e-mail: la_bocana_2000@universia.net.co.*

RESUMEN

La Bocana de Marea Estabilizada es una conexión artificial permanente entre el mar y la Ciénaga de la Virgen de la ciudad de Cartagena, que garantiza el flujo y reflujo de las corrientes de marea; permitiendo el intercambio continuo de las aguas. Su principio de operación se basa en la oxidación de la materia orgánica proveniente de las aguas residuales de la ciudad a través de procesos biológicos aerobios; logrando así, autodepurar el medio acuático por la asimilación de los nutrientes. A su vez, el aporte de 30 m³/s de agua marina influye en las características fisicoquímicas del agua de la Ciénaga, permitiendo que se establezca la salinidad alrededor de las concentraciones del agua de mar (35 mg/l), propiciando así un medio no apto para la no permanencia y desarrollo de Coliformes en este cuerpo de agua.

Esta obra fue diseñada por la firma holandesa Haskoning, utilizando un Modelo Matemático llamado MIKE – 21; y elaborada por Boskalis Internacional.

PALABRAS CLAVES

Aerobio, bocana, nutrientes, oxidación, reflujo, residual.

INTRODUCCION

Desde hace muchos años La Ciénaga de la Virgen es cuerpo receptor del alcantarillado público en la ciudad. Se vierten aproximadamente 114.000 m³/día sin ningún tratamiento previo; provocando tanto impactos físico-químicos como biológicos en el ecosistema. Además, la construcción del Anillo Vial (carretera que comunica las ciudades de Cartagena y Barranquilla) cerro las bocas naturales entre la Ciénaga y el Mar, impidiendo el intercambio de aguas de manera natural.

Esto conlleva a un sin número de episodios negativos para el ecosistema (eutrofización, muerte de peces, hipersalinidad, y problemas de salud a las personas que habitan alrededor de la Ciénaga). Tomando en cuenta la influencia que ejercen las mareas sobre las lagunas costeras, se diseña LA BOCANA, como una solución para recuperar la Ciénaga de la Virgen.

Al subir la marea, el agua de mar entra a la Ciénaga a través de 6 compuertas; esta es direccionada por una pantalla metálica hasta la zona donde se encuentran las descargas de aguas negras, realizando un intercambio dinámico de aguas, entre el mar y la Ciénaga; luego, al bajar la marea el agua de la Ciénaga sale al mar a través de 4 compuertas. Según el modelo matemático MIKE 21, aplicado por la firma HASKONING, El tiempo de residencia del agua es de 7 días. Por lo tanto, el diseño tiene las siguientes especificaciones técnicas para garantizar que el ecosistema compense el desequilibrio producido por estas descargas. (Figura 1 y Tablas 1-2).

Tabla 1. Datos Técnicos

Caudal de entrada al canal: 30 m ³ /s	Velocidad en la Ciénaga: 0.05 - 0.10 m/s
Volumen de Agua diario intercambiado: 2.5 millones m ³	Velocidad Máxima en esclusas: 2.5 m/s
Velocidad en el Canal: 0 – 1 m/s	Tiempo de residencia del agua de mar: 7 días



Figura 1. Vista aérea de la Bocana

Tabla 2. Metas del Proyecto

Parámetro	Valor
Coliformes Totales	< 5.000 NMP/100ml
DBO ₅	< 6 mg/l
Clorofila- a	< 100 ug/l
Oxígeno Disuelto	> 4 mg/l (poca oscilación)
Fósforo Total	< 0.3 mg/l
Amonio	< 2 mg/l

Partes de la Bocana

- | | |
|-------------------------|--|
| 1. Espolones y Dársena | 2. Box Culvert |
| 3. Canal de la Bocana | 4. Compuertas |
| 5. Pantalla Direccional | 6. Centro de Información y Mantenimiento |

El oxígeno es fundamental en los ciclos biogeoquímicos del Carbono, Fósforo y Nitrógeno; y por el escaso oxígeno disponible no se realizaban completamente estos procesos, resultado del poco intercambio de agua entre la Ciénaga y el Mar. Al operar la BOCANA, esto permite que los compuestos sólidos orgánicos queden finalmente reducidos a sales inorgánicas estables como son los nitratos, sulfatos, fosfatos, etc, y posteriormente sean asimilados por el medio.

METODOS

Para estudiar el comportamiento de los cuerpos de agua antes y después de la operación de la Bocana se monitorearon 21 estaciones (9 Ciénaga de la Virgen – 6 Sistema de Caños y lagos – 6 Mar). Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos, los cuales se evaluaron en el Periodo: Ene / 2000 – Ene/ 2002.

Microbiológicos: Coliformes Totales y Fecales por el método de Número Mas Probable NMP/100 ml.

Fisicoquímicos:

In Situ: Oxígeno Disuelto, pH, Temperatura, Conductividad y Salinidad. Se determinan con el equipo Multiline P-4. WTW y sus electrodos tipo Clark para oxígeno disuelto, potenciómetro de pH y Temperatura, y electrodo de conductividad y salinidad.

Laboratorio:

Amonio: Medición espectrofotométrica UV.VIS Dr. Lange LCK 304 - Cubeta Test. Los iones de amonio reaccionan, a un pH de 12.6, con iones hipoclorito e iones salicilato, en presencia de nitroprusiato sódico como catalizador, formando azul de indofenol.

Nitrógeno Total: Medición espectrofotométrica UV. VIS Dr. Lange LCK 138 – Cubeta Test. El Nitrógeno ligado inorgánica y orgánicamente se oxida a nitrato mediante disgregación con peroxidisulfato. Los iones nitrato reaccionan en una solución de ácido sulfúrico y fosfórico con 2,6-dimetilfenol formando un nitrofenol.

Fósforo Total: Medición espectrofotométrica UV.VIS Dr. Lange LCK 349 - Cubeta Test. Los iones fosfato reaccionan en solución ácida con iones molibdato y antimonio formando un complejo antimonilfosfomolibdato que, mediante ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno.

Sólidos totales en suspensión secados a 103°C: Se encuentra descrito en “Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual” sección 2540D.

DBO₅: Medición espectrofotométrica UV. VIS Dr. Lange LCK 555 – Cubeta Test. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno en 5 días con inhibición adicional de la nitrificación mediante

5 mg/l de alitiourea. La determinación de oxígeno disuelto tiene lugar en una solución alcalina con un derivado de pirocatequina en presencia de Fe^{2+} , condiciones bajo las que forma un colorante rojo.

Clorofila-a: Se encuentra descrito en “Métodos Normalizados para el análisis de agua potable y residual” sección 10200 H.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las metas establecidas en DBO_5 , Amonio, Fosfatos y Clorofila-a fueron extractadas de las normas holandesas para eutroficación. Después de la operación de la Bocana es notable la disminución de los indicadores (ver gráficas). La línea azul indica la meta del proyecto, y la línea roja muestra el mes en que se inicio la operación de la Bocana, Noviembre 25 de 2000. (Figura 2).

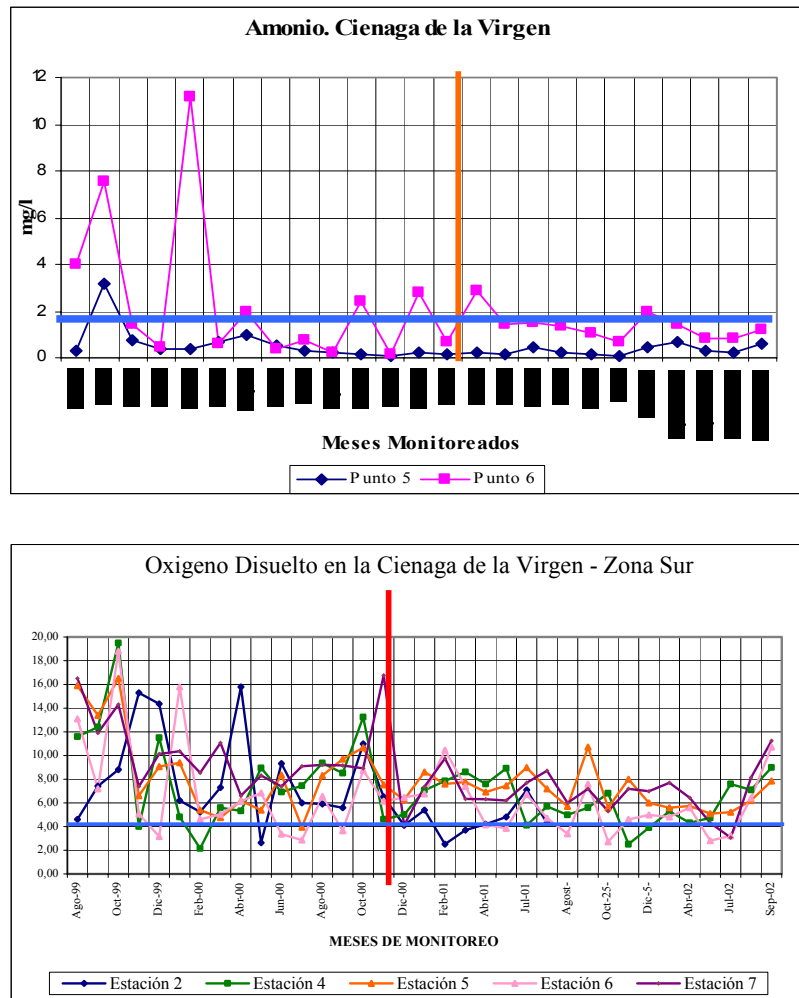


Figura 2. Comportamiento del Amonio y el Oxígeno Disuelto en la Ciénaga de la Virgen

Las metas establecidas en los indicadores son para que no se generen procesos de eutroficación. La dilución producida por la operación de la Bocana, ha permitido una mayor asimilación por parte del medio de la biomasa algal, estabilizando el oxígeno disuelto como se observa en el gráfico. Además, aporta suficiente oxígeno a la Ciénaga para realizar los procesos de oxidación de los nutrientes, como se observa en el amonio.

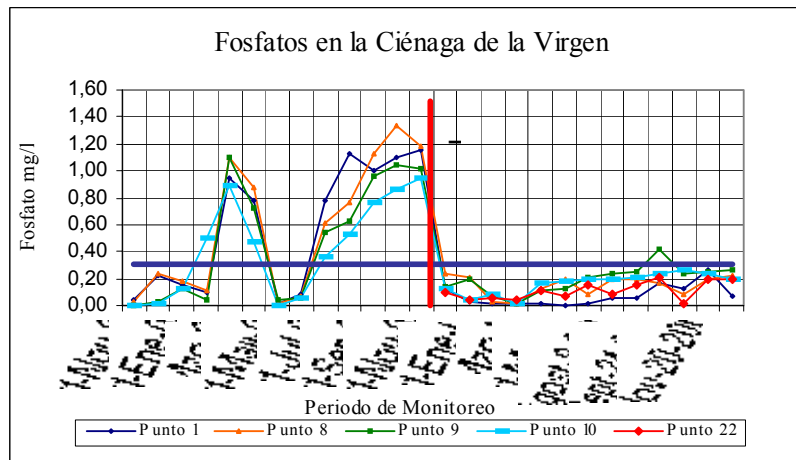
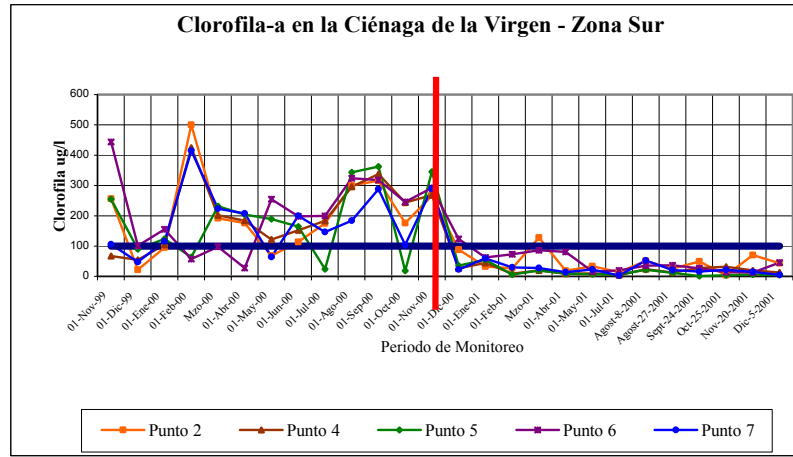


Figura 3. Comportamiento de la clorofila-a y los fosfatos en la Ciénaga de la Virgen

Los compuestos orgánicos fosforados. Estos, son transformados por microorganismos en fosfatos solubles que rápidamente son asimilados por el fitoplancton. Nótese la disminución en la concentración posterior a la operación de la Bocana.

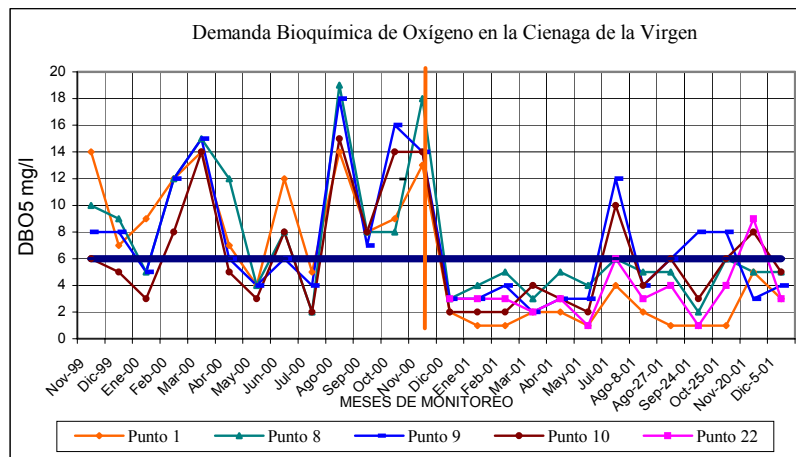


Figura 4. Comportamiento de la DBO₅ en la Ciénaga de la Virgen

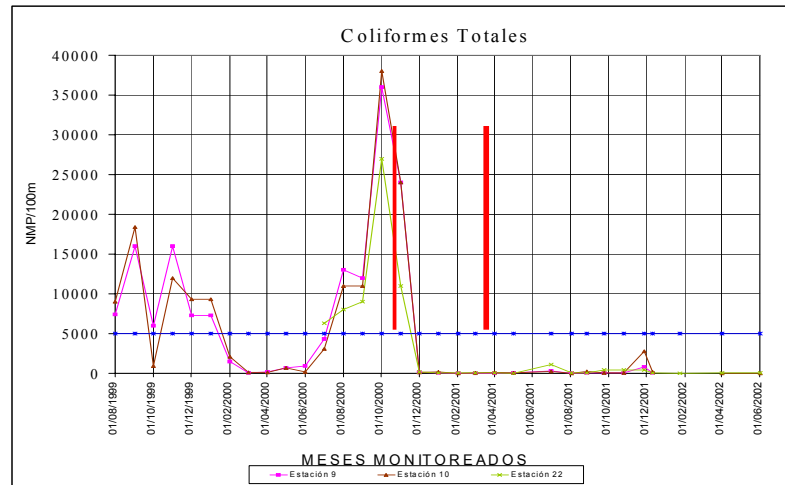


Figura 5. Comportamiento de los Coniformes Totales en la Ciénaga de la Virgen

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, se estima que se mantenga < 6 mg/l, como se observa se ha reducido en algunas estaciones por debajo de la norma, mientras que las zonas donde hay descarga directa han disminuido pero no se mantienen por debajo de 6 mg/l.

Una de las metas del proyecto es que los Coliformes Totales se mantengan < 5.000 NMP/100 ml (Decreto 1594/84) en el interior de la Ciénaga de la Virgen. Este comportamiento se observa favorablemente en la zona norte. La zona sur aunque ha disminuido no ha alcanzado aun la meta por vertimientos.

Tabla 3. Coliformes Fecales

Estaciones	Promedio 2001		Desv. estándar 2001		Promedio 2002		Desv. estándar 2002		Valor mas alto	Fecha	Valor mas bajo	Fecha	
	seca	lluvia	seca	lluvia	seca	lluvia	seca	lluvia					
ciénaga*	22	34	52	4.90	44.1	21	4	13.4	0	150	jul-01	4	jul-agos-2002
mar	30	-	50	-	22.3	21	23	12.2	0	90	dic-01	4	jun-02

* Estación ubicada a las salidas de las compuertas.

Como se puede observar, después de la operación de la Bocana no se han presentado valores por encima de la norma para contacto primario. Decreto 1594/84. Coliformes Fecales < 200NMP/100ml.

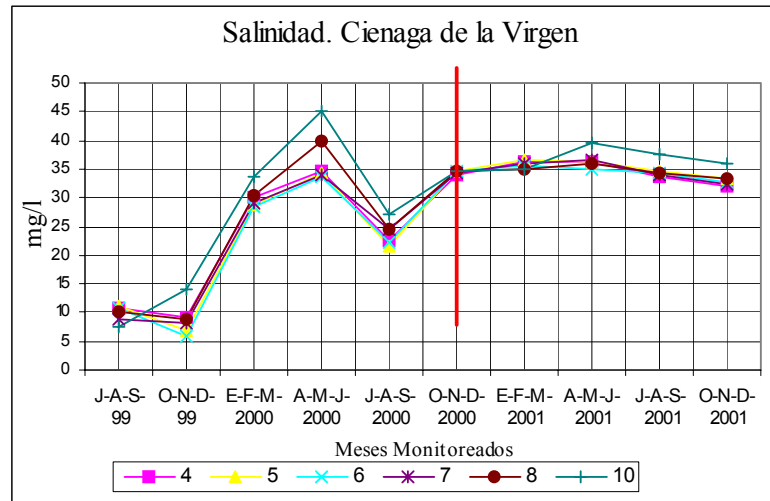


Figura 6. Comportamiento de la Salinidad en la Ciénaga de la Virgen

Las fluctuaciones en la salinidad propias de esta laguna costera, estuvieron marcadas por la poca comunicación entre el mar y la Ciénaga. Posterior a la operación de la Bocana se estabilizó la salinidad, eliminando esos picos hipersalinos.

CONCLUSIONES

Aunque la disminución en los indicadores muestra una buena operación del sistema, se presentan algunos inconvenientes en la época de lluvia, puesto que el arrastre de materia orgánica por los canales de aguas lluvias de la ciudad y la erosión presente en La Popa (cerro ubicado a la orilla de la Ciénaga), generan un incremento significativo en los nutrientes y coliformes de la Zona Sur.

Actualmente, la Ciénaga de la Virgen puede asimilar la materia orgánica proveniente del alcantarillado público de la ciudad con ayuda de La Bocana. Pero, hasta que no se elimine de forma parcial los vertimientos que llegan a esta, no se puede lograr una recuperación mayor del ecosistema; razón por la cual esta proyectada la construcción de un Emisario submarino que disminuirá los vertimientos en la Ciénaga de la Virgen.

REFERENCIAS

- Baez, J. (1995). Tratamiento Básico de Aguas Residuales. Ediciones Uninorte. Barranquilla, Colombia.
- Seoanez, M. (1995). Aguas Residuales Urbanas (Tratamientos Naturales de bajo Costo y Aprovechamiento), ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Haskoning. (2000). Evaluación del Monitoreo Ambiental Fase I Obra: Calidad del agua y de los Sedimentos. Cartagena, Colombia
- Haskoning. (2001). Monitoreo Ambiental Fase II. Informe de Avance No. 2. Cartagena, Colombia.
- Haskoning. (2002). Evaluación del Monitoreo de Calidad de Agua. Informe Final.
- Metcalf And Eddy. (1997). Ingeniería de Aguas Residuales "Tratamiento, Vertido y Reutilización. Tomo1. Editorial Mc Graw Hill. México.
- Glynn And Gary. (1996). Ingeniería Ambiental. Edición 2ª. Editorial Prentice Hall. México.