

SCI-CAM-0991



Santa Marta DTCH, 26 MAY 2015

Doctor
ORLANDO CABRERA MOLINARES
Director General
Corporación Autónoma Regional del Magdalena – COPARMAG
Av. Libertador No. 32 – 201, Barrio Tayrona
Santa Marta

ASUNTO: Entrega Concepto Técnico CPT-CAM-010-15 – Sobre la calidad del agua en las playas de El Rodadero y Salguero tras rebosamiento de aguas residuales de la Empresa METROAGUA SA ESP

Estimado Dr. Cabrera,

Anexo me permito enviar el Concepto Técnico CPT CAM-010-15, sobre la evaluación de la calidad del agua en las playas de El Rodadero y Salguero tras vertimiento de aguas residuales por la empresa METROAGUA SA ESP, el pasado 14 y 15 de mayo de 2015. Actividad realizada en atención a la solicitud recibida el pasado 13 de mayo de 2015 por parte de CORPAMAG.

Favor acusar recibido. Cualquier aclaración o adición, no dude en comunicarse con el Instituto. Esperamos que esta información sea de ayuda y satisfaga sus requerimientos.

Cordialmente,


JESÚS GARAY TINOCO
Subdirector de Coordinación Científica

20 Años
en el SINA

Sede Principal: Calle 25 No. 2-55 Playa Salguero, Rodadero, Santa Marta D.T.C.H. Colombia
(+57) (+5) 432 86 00 Fax: (+57) (+5) 432 86 94 Cel: 314 592 8079 NIT: 800250062-0
www.invemar.org.co @Invemar





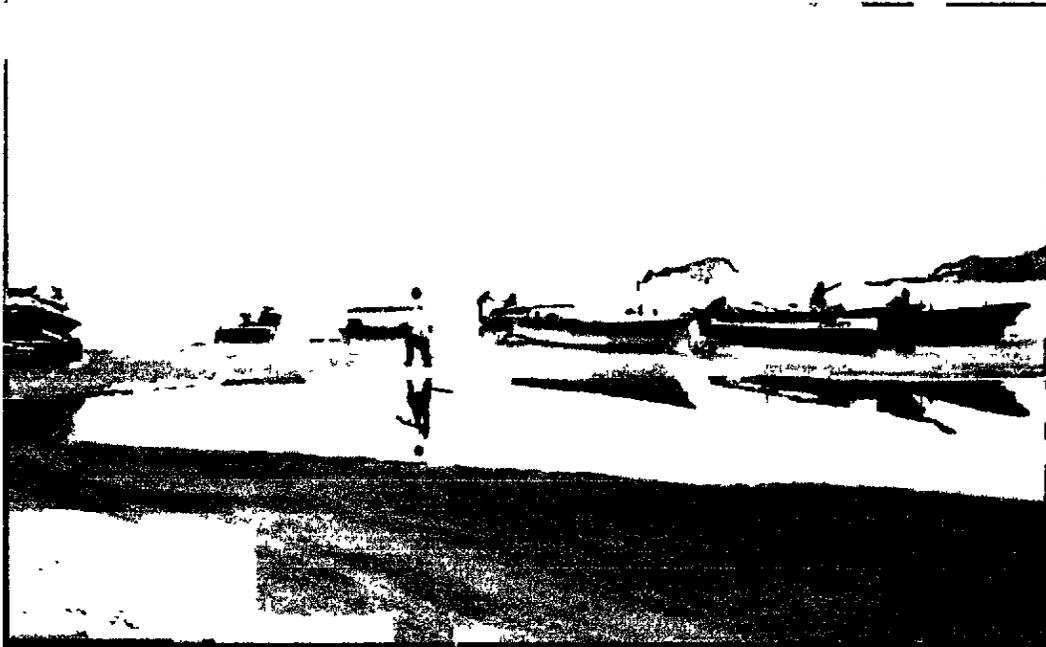
CPT-CAM-010-15

Concepto Técnico Tipo "C"

CONCEPTO TÉCNICO SOBRE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PLAYAS DE EL RODADERO Y SALGUERO TRAS VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES POR LA EMPRESA

Solicitado por:

Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG



Santa Marta DTCH, 26 de mayo de 2015



Concepto Técnico sobre la Evaluación de la Calidad del Agua en las Playas de El Rodadero y Salguero tras Vertimiento de Aguas Residuales por la Empresa METROAGUA SA E.S.P. CPT-CAM-010-15





Concepto Técnico sobre la Evaluación de la Calidad del Agua en las Playas de El Rodadero y Salguero tras Vertimiento de Aguas Residuales por la Empresa METROAGUA SA E.S.P. CPT-CAM-010-15

CUERPO DIRECTIVO

Director
Francisco A. Arias Isaza

Subdirector
Coordinación Científica
Jesus Antonio Garay Tinoco

Coordinador
Programa Biodiversidad y Ecosistemas
Marinos (BEM)
David Alonso Carvajal

Coordinador
Programa Valoración y Aprovechamiento de
Recursos Marinos y Costeros (VAR)
Mano Rueda Hernández

Coordinadora
Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)
Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora
Coordinación de Investigación e Información
para Gestión Marina y Costera (GEZ)
Paula Cristina Sierra Correa

Coordinadora
Programa de Geociencias Marinas y Costeras
(GEO)
Constanza Ricaurte

Coordinador
Coordinación de Servicios Científicos (CSC)
Julían Mauricio Belancourt

Subdirectora Administrativa (SRA)
Sandra Rincon Cabal

Preparado por:

Subdirección de Coordinación Científica –SCI

Programa CAM
Max Martínez Campo

Apoyo LABCAM
Yoselin Nieto
Josimar Barranco

Apoyo técnico:
Luisa F. Espinosa
Jesús A. Garay Tinoco

Imagen portada: Acumulación de aguas residuales en la playa de El Rodadero, frente Mi Ranchito (Calle 12). Tomada por Max Martínez

INVEMAR
Calle 25 No 2-55, Playa Salguero
Santa Marta – Colombia
Tel (57) (5) 4328600, Fax (57) (5) 4328682
www.invemar.org.co



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES	1
2	OBJETIVO	2
3	METODOLOGÍA	2
3.1	Fase de Campo	2
3.2	Fase de Laboratorio	5
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
4.1	Inspección en campo	5
4.2.	Calidad fisicoquímica del Agua	7
4.3	Calidad microbiológica del agua	8
5	CONCLUSIÓN	9
6.	RECOMENDACIONES	10
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contingencia METROAGUA el día 14 de mayo de 2015 en la zona de El Rodadero, a) rebosamiento del alcantarillado de aguas residuales al nivel de la Calle 12 frente a Mi Ranchito; b) personal del LABCAM recolectando muestras de agua para análisis microbiológico Fotos: Max Martínez	1
Figura 2 Ubicación de las estaciones muestreadas el día 15 de mayo de 2015 (P1, P2 y P3--círculos verdes), alcantarillados rebosados de agua residual (AR1, AR2, AR3 y AR4--círculo rojos). Fuente LABSIS	3
Figura 3 Registro fotográfico de las actividades desarrolladas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015, a) medición de parámetros in situ en la estación Punto 1 (Frente a Mi Ranchito). b) recolección de muestras de agua superficial para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos Fotos: Max Martínez.	4
Figura 4 Registro fotográfico de las zonas afectadas por el rebosamiento de las aguas residuales durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015, a) aguas residuales estancadas en la Playa El Rodadero (Frente a Mi Ranchito), b) bañistas en la Playa El Rodadero (Frente a Edf. Porto Bellagio), c) vertimiento de aguas residuales por desagüe a la quebrada Bureche y d) desembocadura quebrada Bureche en Playa Salguero Fotos: Max Martínez.	6
Figura 5 Zona de Playa Salguero al nivel de la desembocadura de la quebrada Bureche y río Gaira a) recolección de muestras de agua superficial para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos; b) Desembocadura del río Gaira cerrada Fotos: Max Martínez.	7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica de las estaciones que fueron muestreadas el día 15 de mayo de 2015	2
Tabla 2 Métodos para la medición de las variables in situ en las estaciones de muestreo	4
Tabla 3 Metodologías empleadas en el LABCAM para los análisis de las muestras recolectadas durante la salida el 15 de mayo de 2015.	5
Tabla 4 Resultados de las mediciones en campo en los puntos muestreados el día 15 de mayo de 2015 contrastados con los rangos históricos de las estaciones REDCAM (2002-2014) épocas secas OD = oxígeno disuelto	7
Tabla 5 Resultados de los análisis de Coliformes en las muestras de agua colectadas en las estaciones evaluadas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015	8
Tabla 6 Resultados de los análisis de Coliformes en las muestras de agua colectadas en las estaciones evaluadas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015	9

1. INTRODUCCIÓN/ANTECEDENTES

El día jueves 14 de mayo del 2015, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena – CORPAMAG informó al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, mediante correo electrónico, sobre la contingencia en la Estación de Bombeo de Agua Residual Rodadero de la empresa METROAGUA SA ESP, lo cual generó el rebosamiento del alcantarillado en las calles 12, 17, 19 y 20 (Figura 1) Por información de la Corporación, el rebosamiento del alcantarillado empezó el día 13 de mayo de 2015, en horas de la noche, y se prolongó hasta el día viernes 15 de mayo de 2015

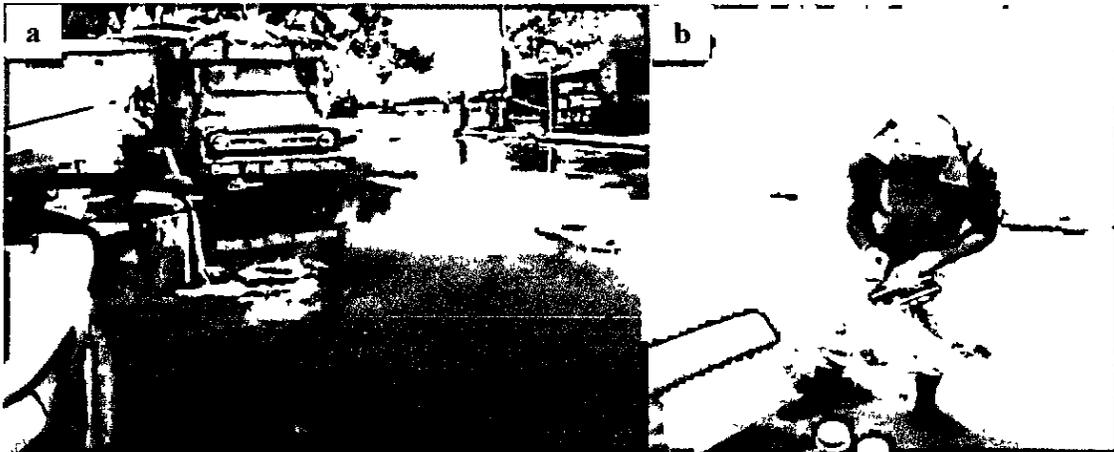


Figura 1 Contingencia METROAGUA el día 14 de mayo de 2015 en la zona de El Rodadero, a) rebosamiento del alcantarillado de aguas residuales al nivel de la Calle 12 frente a Mi Ranchito, b) personal del LABCAM recolectando muestras de agua para análisis microbiológico Fotos Max Martínez

Luego de notificado el evento el día 15 de mayo de 2015, se activó el Grupo de Respuesta a las Emergencias Ambientales Marinas y Costeras – GAMA del INVEMAR. Personal del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR realizó una salida a la zona de plava del área afectada por la contingencia, para medir parámetros *in situ* y coleccionar muestras de aguas superficiales para análisis de indicadores microbiológicos de calidad de aguas y nutrientes, las cuales fueron llevadas a la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental - LABCAM (Figura 1b)

En el presente concepto técnico se describen los resultados del muestreo en las playas de El Rodadero y Salguero, con el propósito dar respuesta a la solicitud de la Corporación autónoma de determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica tras el vertimiento de aguas residuales provenientes del alcantarillado rebosado tras la contingencia de la empresa METROAGUA.

2. OBJETIVO

Determinar el impacto del vertimiento de aguas residuales en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las playas del sector de El Rodadero ocurrido después del rebosamiento del alcantarillado

3. METODOLOGÍA

3.1. Fase de Campo

Una vez activado el grupo GAMA, se seleccionaron las estaciones en acuerdo con la Corporación, a partir de la información suministrada de los vertimientos de aguas residuales, los puntos que se escogieron se describen en la

Tabla 1 Durante la fase de campo se registraron las coordenadas de las estaciones, para la generación de un mapa donde se ubica el alcantarillado rebosado y las estaciones más cercanas pertenecientes a la REDCAM (Figura 2).

Tabla 1 Ubicación geográfica de las estaciones que fueron muestreadas el día 15 de mayo de 2015

Nombre Estación	Hora	Coordenadas		Descripción
		Latitud (N)	Longitud (O)	
Punto 1 (Frente a Mi Ranchito)	9:30 am	11° 12' 0,803" N	74° 13' 42,344" O	Playa El Rodadero, frente a Mi Ranchito, Calle 12
Punto 2 (Frente a Edf Porto Bellagio)	10:00 am	11° 11' 42,083" N	74° 13' 50,124" O	Playa El Rodadero, frente a Edf. Porto Bellagio, entre Calle 19 y 20,
Punto 3 (Desembocadura Caño)	10:10 am	11° 11' 35,743" N	74° 13' 51,521" O	Desembocadura quebrada Bureche (Caño) y río Gaira

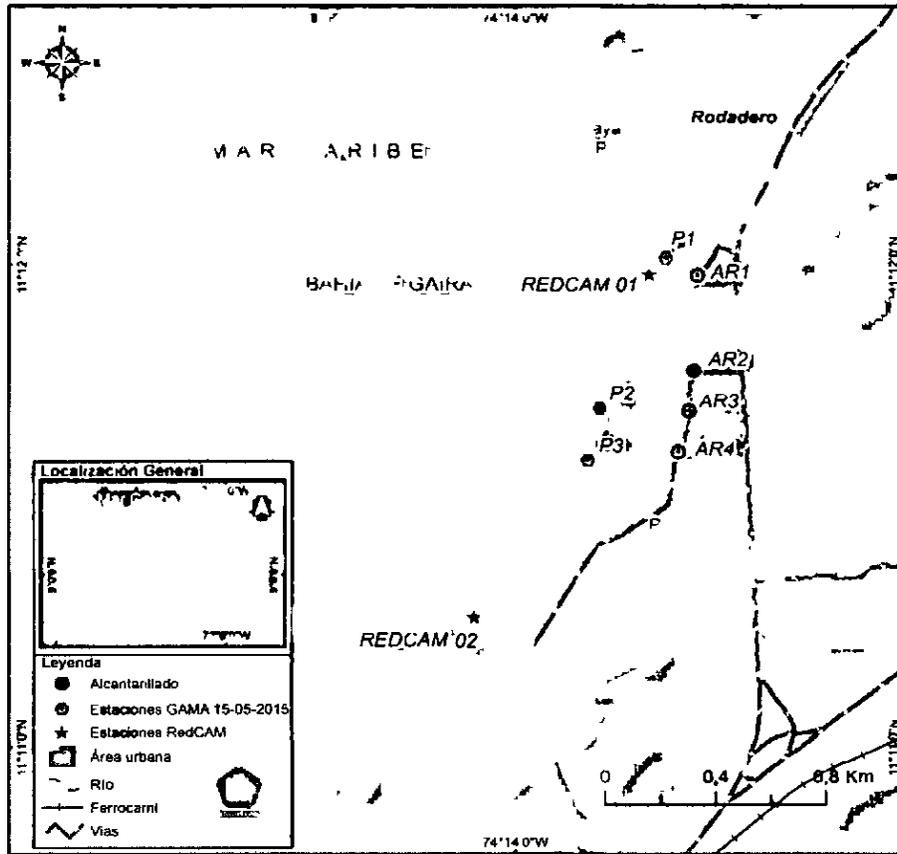


Figura 2 Ubicación de las estaciones muestreadas el día 15 de mayo de 2015 (P1, P2 y P3-círculos verdes), alcantarillados rebosados de agua residual (AR1, AR2, AR3 y AR4--círculo rojos) Fuente: LABSIS

En cada uno de los tres puntos seleccionados, se midieron los parámetros *in situ* (salinidad, temperatura, pH y oxígeno disuelto) y se tomaron muestras de aguas para análisis de Coliformes y nutrientes (Figura 3) Las mediciones *in situ* se realizaron siguiendo los métodos descritos en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** Las muestras para el análisis de nutrientes se recolectaron y se transportaron según los procedimientos del LABCAM, siguiendo las recomendaciones del Standard Methods (APHA *et al.*, 2012), antes de ser procesadas por el personal técnico del INVEMAR



Figura 3 Registro fotográfico de las actividades desarrolladas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015. a) medición de parámetros in situ en la estación Punto 1 (Frente a Mi Ranchito), b) recolección de muestras de agua superficial para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Fotos: Max Martínez.

Tabla 2 Métodos para la medición de las variables in situ en las estaciones de muestreos.

Variable	Método
Temperatura (°C)	Medición electrométrica con electrodo de sonda portátil WTW pH-315i (Standard Methods N° 4500-H; <i>APHA et al., 2012</i>)
pH	Medición potenciométrica con sonda portátil WTW pH-315i (Standard Methods N° 4500-H; <i>APHA et al., 2012</i>)
Salinidad	Medición electrométrica acoplada a sonda (Standard Methods N° 2520-B; <i>APHA et al., 2012</i>)
Oxígeno disuelto (mg/L)	Medición en campo con electrodo de membrana WTW-OXI 330 (Standard Methods N° 4500-O G; <i>APHA et al., 2012</i>)

3.2. Fase de Laboratorio

Las muestras de agua fueron analizadas siguiendo los procedimientos implementados para aguas marinas y costeras (Tabla 3) Las concentraciones de Coliformes totales (CTT) y Termotolerantes (CTE), se determinaron mediante la técnica de fermentación en tubos múltiples (APHA *et al.*, 2012) Los resultados obtenidos fueron contrastados de acuerdo a los límites máximos permisibles descritos en el Decreto 1594 de 1984 (Minsalud, 1984), para aquellas variables con valores de referencia definidos De la misma forma, se compararon con los valores históricos en época seca para las estaciones que hacen parte de la "Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM" (INVEMAR, 2015)

Tabla 3 Metodologías empleadas en el LABCAM para los análisis de las muestras recolectadas durante la salida el 15 de mayo de 2015

Variable	Método
Nitritos (N-NO ₂)	Método colorimétrico de la sulfanilamida (Strickland y Parsons, 1972)
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	Reducción con cadmio y método colorimétrico de la sulfanilamida (Strickland y Parsons, 1972)
Fosfato (P-PO ₄)	Medición en campo con electrodo de membrana WTW-OXI 330 (Standard Methods N° 4500-O G, APHA <i>et al.</i> , 2012)
Coliformes Totales (CTT)	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods N° 9221-B, APHA, <i>et al.</i> , 2012)
Coliformes Termotolerantes (CTE)	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods N° 9221-E, APHA, <i>et al.</i> , 2012)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Inspección en campo

Durante el recorrido de inspección y recolección de muestras en la Playa de El Rodadero, en frente a mi Ranchito se encontró que las aguas servidas se estancaron en la playa sin tener salida al mar (Figura 4a), lo cual generó un fuerte olor pútrido alrededor Esta estación de muestreo se identificó como Punto 1 frente a Mi Ranchito, la cual no es frecuentemente usada por los turistas para baño, sino que está destinada para actividades de transporte de turistas a Playa Blanca y El Acuario A diferencia de la calle 12, en las calles 17, 19 y 20 las aguas rebosadas del alcantarillado se represaron en la calle, debido a una elevación en el terreno lo cual no permitía que tuviera salida a la playa; no obstante, en esta playa se tomaron muestras y se identificaron como Punto 2, frente al edificio Porto Bellagio (Figura 4b). Cabe aclarar que el agua residual se depositaba través de un recolector de aguas pluviales, el cual finalmente vertía a la quebrada Bureche que termina su recorrido en Playa Salguero, al nivel de la desembocadura del río Gaira (Figura 4c-d).



Figura 4 Registro fotográfico de las zonas afectadas por el rebosamiento de las aguas residuales durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2011 a) aguas residuales estancadas en la Playa El Rodadero (Frente a Mi Ranchito), b) bañistas en la Playa El Rodadero (Frente a Edif. Porto Bellagio), c) vertimiento de aguas residuales por desague a la quebrada Bureche y d) desembocadura quebrada Bureche en Playa Salguero. Fotos Max Martínez.

En la parte norte de Playa Salguero, se ubicó una estación (Punto 3), en la zona de mezcla de las aguas de la quebrada Bureche y la playa. La zona de Playa Salguero representa un nuevo espacio que está tomando importancia para el turismo, debido al auge en complejos residenciales para los residentes y turistas que buscan espacios alternativos a El Rodadero (Figura 5). Aquí la coloración del mar se veía influenciada por las aguas vertidas de la quebrada y por la resuspensión de sedimentos, debido al alto oleaje. Es importante resaltar que se observó que la boca del río Gaira se encontraba cerrada, condición que es recurrente durante esta temporada del año en la que el nivel del río no es lo suficientemente caudaloso para mantener la desembocadura abierta.



Figura 5 Zona de Playa Salguero al nivel de la desembocadura de la quebrada Bureche y río Gaira a) recolección de muestras de agua superficial para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos; b) Desembocadura del río Gaira cerrada Fotos. Max Martínez

4.2. Calidad fisicoquímica del Agua

En la Tabla 4, se describen los valores de los parámetros medidos *in situ* durante la salida de inspección el 15 de mayo de 2015, temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto (OD) Los valores se compararon con aquellos establecidos en la legislación colombiana vigente y con los rangos históricos en época seca obtenidos a partir de los datos recolectados por la REDCAM en las estaciones más cercanas a los puntos evaluados (INVEMAR, 2015; MinSalud, 1984; MADS, 2015). Los valores de temperatura, salinidad y pH se encontraron dentro del rango histórico en época seca para las estaciones de la REDCAM (INVEMAR, 2015)

Tabla 4 Resultados de las mediciones en campo en los puntos muestreados el día 15 de mayo de 2015 contrastados con los rangos históricos de las estaciones REDCAM (2002-2014) épocas secas OD = oxígeno disuelto

Estación	Temperatura (°C)	Salinidad	pH	OD (mg/L)
Punto 1 (Frente a Mi Ranchito, Playa El Rodadero)	25,9	36,6	8,23	6,23
Punto 2 (Frente a Edf Porto Bellagio, Playa El Rodadero)	25,8	36,7	8,21	6,81
Punto 3 (Desembocadura Caño, Playa Salguero)	26,6	35,8	8,10	4,72
REDCAM 01 - Rango histórico Parque Acuático*	24,8 – 27,4	35,3 – 37,8	8,0 – 8,3	5,8 – 7,7
REDCAM 02 - Rango histórico Playa Salguero*	24,3 – 28,3	33,1 – 37,5	8,0 – 8,3	6,2 – 7,8
Valores de límites permisibles para agua marina y estuarina**	ND	ND	6,5-8,5	>4,0

ND: No disponibles

* Valores mínimos y máximos (época seca) obtenidos de la base de datos de la REDCAM (INVEMAR, 2015)

** Valores límites máximo permisibles establecidos por el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones de El Rodadero (Punto 1 y 2), se encontraron

por encima del valor mínimo permisible en las aguas costeras ($>4,0$ mg/L), que permiten que se den condiciones adecuadas de oxigenación para la óptima función del ecosistema (Tabla 4: MinSalud, 1984). En la estación Punto 3, correspondiente a la desembocadura de la quebrada Bureche en Playa Salguero, el valor estaba muy cerca al límite mínimo (4,72 mg/L) y muy por debajo de los valores históricos. Esto se atribuye al aumento de la materia orgánica, producto de la descarga de aguas residuales que al ser consumida por microorganismos heterótrofos, consume oxígeno, disminuyendo su concentración en el agua (UNESCO/WHO, 1978).

Los resultados de los nutrientes evaluados, se describen en la Tabla 5. Las concentraciones de nitritos (NO_2^{-2}) y nitratos (NO_3^{-}) se encontraron dentro del rango histórico para las estaciones de la REDCAM (INVEMAR, 2015). En la estación Punto 4, se observó la mayor concentración de NO_2^{-2} (2,3 $\mu\text{g/L}$), sin embargo, se encontró dentro de los valores históricos de la REDCAM. Este compuesto nitrogenado se produce por la rápida oxidación de compuestos amoniacales, los cuales son comunes en aguas residuales domésticas, como las que se vertieron en el Rodadero (Aydın et al., 2012).

Tabla 5 Resultados de los análisis de Coliformes en las muestras de agua colectadas en las estaciones evaluadas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015

Estación	NO_2^{-2} ($\mu\text{g/L}$)	NO_3^{-} ($\mu\text{g/L}$)	PO_4^{-3} ($\mu\text{g/L}$)
Punto 1 (Frente a Mi Ranchito)	1,4	19,9	<LD
Punto 2 (Frente a Edf Porto Bellagio)	1,9	<LD	2,6
Punto 3 (Desembocadura Caño)	2,3	14,5	168,3
Rango histórico Parque Acuático - REDCAM 01*	<LD - 4,6	<LD - 27,4	<LD - 46,3
Rango histórico Playa Salguero - REDCAM 02*	<LD - 13,3	<LD - 30,7	2,3 - 35,7

<LD Valor por debajo del límite de detección de la técnica; $\text{NO}_2 = 0,6 \mu\text{g/L}$; $\text{NO}_3 = 0,6 \mu\text{g/L}$ y $\text{PO}_4 = 1,5 \mu\text{g/L}$.

* Valores mínimos y máximos (época seca) obtenidos de la base de datos de la REDCAM 2003-2014 (INVEMAR, 2015).

Las concentraciones de fosfato (PO_4^{-3}) en las playas de El Rodadero, se encontraron dentro de los valores históricos para las estaciones de la REDCAM (INVEMAR, 2015). En el Punto 3, se obtuvo la concentración más alta de fosfatos (168,3 $\mu\text{g/L}$) valor que sobrepasa cualquiera de los rangos históricos para las estaciones en comparación. La concentración de fosfato bajo condiciones normales se presenta en niveles bajos y un aumento en la concentración de este, se relaciona inmediatamente con el ingreso de aportes de aguas residuales o de ríos, ya que este compuesto es uno de los principales subproductos tras la degradación de materia orgánica (Pearl, 2006, Aydın et al., 2012).

4.3. Calidad microbiológica del agua

Los coliformes se utilizan como indicadores de contaminación fecal, en las estaciones Punto 1 y Punto 2, las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) se encontraron por debajo del límite de detección de la técnica, al igual que los Coliformes Totales (CTT) de la estación Punto 1, en esta estación los CTE alcanzaron una concentración de 200 NMP/100 mL, valor que está por debajo del límite máximo permisible para aguas de uso recreativo con contacto primario establecidos según la normativa nacional (Tabla 6).

Tabla 6 Resultados de los análisis de Coliformes en las muestras de agua colectadas en las estaciones evaluadas durante la salida de campo el día 15 de mayo de 2015

Estación	CTT (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100 mL)
Punto 1 (Frente a Mi Ranchito)	200	<LD
Punto 2 (Frente a Edf Porto Bellagio)	<LD	<LD
Punto 3 (Desembocadura Caño)	1'600.000	1'600.000
Rango histórico Parque Acuático - REDCAM 01*	<LD- 2.800	<LD - 730
Rango histórico Playa Salguero - REDCAM 02*	<LD - 3 500	<LD - 540
Valores de límites permisibles para contacto primario**	ND	<200
Valores de límites permisibles para contacto secundario**	<5 000	<1.000

<LD Valor por debajo del límite de detección de la técnica para CTT y CTE es de 1,8 NMP/100 mL

* Valores mínimos y máximos (época seca) obtenidos de la base de datos de la REDCAM (INVEMAR, 2015).

**Valor para Coliformes Termotolerantes según Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984)

En la estación Punto 3 por el contrario, se registraron elevadas concentraciones tanto de Coliformes Totales como Termotolerantes (Tabla 6), los cuales sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos para aguas destinadas a uso recreativo con contacto primario y secundario, haciéndola inadecuada para cualquier actividad por contacto (MinSalud, 1984). Esta elevada concentración de microorganismos, son los responsables de la baja del oxígeno disuelto, indicando la presencia de aguas residuales (George *et al.*, 2002). Como se mencionó previamente, la presencia de Coliformes permite determinar el grado de impacto de un cuerpo de agua por contaminación fecal, lo cual trae consigo un alto riesgo a nivel salud en los usuarios como bañistas o pescadores que usen estas aguas para sus actividades (WHO, 2003).

5. CONCLUSIÓN

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados durante el muestreo del 15 de mayo en las aguas adyacentes a las playas de El Rodadero (Punto 1 y Punto 2), mostraron que no hubo impacto negativo sobre la calidad del agua, debido a que las aguas residuales vertidas no alcanzaron a llegar hasta la playa. A diferencia en la estación en la Playa de Salguero (Punto 3), donde la evaluación de estos parámetros mostraron que hubo un fuerte impacto originado por el vertimiento puntual de las aguas servidas a través de la quebrada Burche.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda contar con planes de evaluación y seguimiento a los cuerpos de agua superficiales que reciban, ocasional o recurrentemente, vertimientos de aguas servidas por alcantarillado. Lo cual daría a conocer el grado de impacto al cual ha sido sometido el sistema, permitiendo a futuro conocer de manera más adecuada la respuesta ante episodios de contingencia como el del pasado 14 y 15 de mayo de 2015.

Evaluar la concentración de contaminantes microbiológicos de origen fecal en las arenas de las playas afectadas, principalmente en donde se depositaron las aguas servidas. Esto con el fin de tener información base para el seguimiento y evaluación de las condiciones de calidad microbiológica de estas playas, cerciorándose que no representen un riesgo a la salud de los usuarios principalmente los menores.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA – American Public Health Association, AWWA – American Water Works Association y WEF – Water Environment Federation 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater 22 ed United States of America. 1406 p.
- Aydin-Onen, S., F. Kocak y F. Kucuksezgin 2012. Evaluation of spatial and temporal variation of inorganic nutrient species in the eastern Aegean Sea Waters. *Mar. Pollut. Bull.* 64 (12): 2849 -2856.
- INVEMAR 2015. Sistema de Información Ambiental Marina de Colombia – SIAM. Base de datos de la Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM. <http://www.invemar.org.co/siam/redcam> 21/05/2015.
- George, I., P. Crop y P. Servais 2002. Fecal coliform removal in wastewater treatment plants studied by plate counts and enzymatic methods. *Water Research* (36): 2607-2617.
- MADS – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución No. 631. “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. 17 de marzo de 2015.
- Minsalud – Ministerio de Salud 1984. Decreto No. 1594 del 26 de junio. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III – Libro I – del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos, Bogotá. 61 p.
- Paerl, H. 2006. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters. Interactive effects of human and climatic perturbations. *Ecological Engineering* 26: 40-54.



Concepto Técnico sobre la Evaluación de la Calidad del Agua en las Playas de El Rodadero y Salguero tras Vertimiento de Aguas Residuales por la Empresa METROAGUA SA E.S.P. CPT-CAM-010-15

Strickland, D. H. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis Bulletin 167 2a Ed Fisheries Research. Board of Canada. Ottawa 310 p

UNESCO/WHO 1978 Water quality surveys A guide for the collection and interpretation of water quality data Studies and Reports in Hydrology 23, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, p. 350

WHO – World Health Organization. 2003. Guidelines for safe recreational water environments Coastal and fresh waters, vol 1 Ginebra, 219 p