



Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos

DEPARTAMENTO DE NARIÑO



**Informe Técnico
REDCAM
2016**

DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS DEL CARIBE Y PACÍFICO COLOMBIANOS

INFORME TÉCNICO 2016

Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM



Corporación Autónoma Regional de Nariño – CORPONARIÑO

**Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras *José Benito Vives de Andrés* -
INVEMAR
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible- MADS**

Santa Marta, diciembre 2016

CUERPO DIRECTIVO

Director

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector

Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinador

Programa Biodiversidad y Ecosistemas
Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinador

Programa Valoración y Aprovechamiento
de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario Rueda Hernández

Coordinadora

Programa Calidad Ambiental Marina
(CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora

Programa de Geociencias Marinas y
Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte

Coordinadora

Coordinación de Investigación e
Información para Gestión Marina y
Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador

Coordinación de Servicios Científicos
(CSC)

Julián Mauricio Betancourt

PREPARADO POR:

Programa CAM

Ostin Garcés-Ordóñez

APOYO TÉCNICO INVEMAR:

Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina - LABCAM:

César Bernal, Leydys Alarcon, Yoselin Nieto, Alex
Contreras, Johan Muñoz, Tania Córdoba, Max
Martínez y Gustavo Lara.

Bases de datos y Sistemas de Información:

Paola Sofía Obando Madera

Venus Lorena Rocha Gutiérrez

APOYO TÉCNICO CORPONARIÑO

Blanca Marcela Caviedes Conde –Supervisora

Franklin Darío López

Gerardo Arteaga

Revisión técnica:

Luisa Fernanda Espinosa Díaz

Imagen portada: El Morro, Tumaco. Foto: Ostin Garcés.

INVEMAR

Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero

Santa Marta – Colombia

Tel: (57) (5) 4328600, Fax: (57) (5) 4328682

www.invemar.org.co

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 MONITOREO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	2
2. CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS	4
2.1 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ICAM _{PFF}	16
3. CONCLUSIONES	18
4. BIBLIOGRAFÍA.....	19

ÍNDICE DE FIGURA

- Figura 1.1. Mapa donde se presentan las zonas (polígonos demarcados con líneas punteadas) y las estaciones de muestreo de la REDCAM (puntos rojos) en el departamento de Nariño. 2
- Figura 2. Salinidad del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. 4
- Figura 3. Oxígeno disuelto del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea punteada indica el criterio de calidad para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984). 5
- Figura 4. Valores de pH del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas negras continuas señalan el rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas (MinSalud, 1984). 5
- Figura 5. Sólidos suspendidos totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los SST propuesto por CONAGUA (2015). 6
- Figura 6. Registro histórico de SST en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los SST propuesto por CONAGUA (2015). 7
- Figura 7. Nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-HN_4^+), b) nitritos (N-NO_2^-), c) nitratos (N-NO_3^-) y ortofosfatos (P-PO_4^{3-}), medidos en noviembre de 2015 y junio de 2016 en las estaciones y zonas de muestreo REDCAM del departamento de Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. 8
- Figura 8. Coliformes totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra continua es el máximo permisible para contacto secundario (5.000 NMP/100 mL), y la línea punteada el máximo permisible para contacto primario (1.000 NMP/100 mL) MinSalud (1984). 9
- Figura 9. Registro histórico de coliformes termotolerantes (incluyendo *E. coli*) en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el máximo permisible para el uso recreativo por contacto primario (1.000 NMP/100 mL) MinSalud (1984). 11
- Figura 10. Hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas

estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el valor de referencia para aguas no contaminadas con HAT (Unesco, 1984). 12

Figura 11. Histórico de hidrocarburos aromáticos totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el valor de referencia para aguas no contaminadas con HAT (Unesco, 1984). 12

Figura 12. Registro histórico (2001-2014) de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en el agua superficial en dos estaciones de muestreo en los ríos Mira y Mataje. 14

Figura 13. Calidad de las aguas marino costeras en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en los muestreos de noviembre de 2015 (a) y junio de 2015 (b), evaluadas con el del ICAM_{PFF}. 16

Figura 14. Proporción histórica (2001-2015) de estaciones de monitoreo REDCAM con aguas de calidad óptima, adecuada, aceptable, inadecuada y pésima de acuerdo al ICAM_{PFF}. 17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Categorías de calificación de la calidad del agua marina y estuarina con el Índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PFF}). 3

Tabla 2. Microorganismos indicadores de contaminación fecal medidos en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en los muestreos de en noviembre de 2015 en la marea baja y junio de 2016 en la marea alta. *Criterio de calidad para el uso recreativo por contacto primario en base a coliformes termotolerantes (CTE; *Escherichia coli*) de MinSalud (1984), y **valor de referencia de la OMS (2003) para el riesgo >1% y de 0,3% de contraer enfermedades Gastrointestinales y Respiratoria Febril Aguda respectivamente. (-) no medido. 10

Tabla 3. Metales pesados disueltos medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Nariño. Los valores de referencia con un asterisco (*) corresponde a Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008) y el valor con dos asteriscos (**) corresponde a la referencia para cromo (CONAMA, 2005) 15

Tabla 4. Metales pesados totales en los sedimentos de la estación Frente a ríos en la zona de la Ensenada de Tumaco medidos en los muestreos de noviembre de 2015 y junio de 2016. Los valores de referencia para efectos probables se tomaron de Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008). 15

Tabla 5. Distribución porcentual (%) de las condiciones de las aguas marino-costeras evaluadas con el ICAM_{PFF} en el las zonas del departamento de Bolívar en el periodo de 2013 a 2015. 17

1. INTRODUCCIÓN

En la zona costera del departamento de Nariño se encuentran ecosistemas marinos y costeros estratégicos como manglares, estuarios, planos intermareales de lodo y acantilados que brindan bienes y servicios ambientales de gran importancia y que influyen sobre la económica de las familias que aprovechan sus recursos ([García et al., 2012](#)). Así mismo, se encuentran asentamientos humanos y se desarrollan diferentes actividades productivas, las cuales generan residuos contaminantes que pueden deteriorar la calidad del agua y limitar sus diferentes usos.

Entre las fuentes que generan contaminación están: (I) las aguas residuales domésticas (ARD), (II) la inadecuada disposición de residuos sólidos, (III) las escorrentías agrícolas, (IV) las escorrentías y aguas residuales de la minería, (V) los residuos de la actividad portuaria y del tráfico marítimo y (VI) los derrames de petróleo. La producción de estos residuos contaminantes y los impactos negativos en el ambiente se relaciona con factores como el tamaño de la población, la intensidad de las actividades productivas, uso de sistemas de tratamiento, adecuada disposición final, recurrencia de los eventos de derrame y respuestas de contingencia, entre otros.

Se calcula que para el año 2016, los ~334.000 habitantes de los siete municipios costeros del departamento (El Charco, La Tola, Mosquera, Olaya Herrera, Francisco Pizarro, Santa Bárbara y San Andrés de Tumaco; [DANE, 2005](#)) produjeron cerca de 48.500 m³/seg de ARD. Debido a la ausencia del servicio de alcantarillado y de sistemas de tratamiento, se presume que una gran proporción del ARD (~95%) es vertida directamente a los cuerpos de agua naturales, aportando grandes cantidades de materia orgánica, nutrientes, microorganismos de origen fecal, grasas, aceites e hidrocarburos, entre otros.

Con respecto a los residuos sólidos, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en su informe nacional sobre Disposición Final de Residuos Sólidos publicado en el año 2014, indica que los municipios costeros producen 91,11 t/día, los cuales son dispuestos en el relleno sanitario de Buchelly, botaderos a cielo abierto y en cuerpos de aguas naturales. Esta última disposición, aunque no se sabe el porcentaje real de los residuos vertidos, es una fuente importante de basura marina que afecta a los organismos por enredo y consumo ([Derraik, 2002](#)), pero que en el departamento ha sido muy poco estudiado.

La actividad agroindustrial en el departamento se desarrolla en un área de 185.115 ha, encontrándose en el municipio de Tumaco la mayor área agrícola (66.530 ha). Los productos cosechados son café, caña panelera, palma de aceite, cacao, caucho y tabaco, entre otros ([DANE, 2013](#)), cultivos en los cuales se utilizan nutrientes y plaguicidas para mejorar la producción. Algunos residuos de estos compuestos son arrastrados durante las precipitaciones hacia los ríos y al océano Pacífico nariñense, generando algunos problemas ambientales, los cuales se han evidenciado con el monitoreo REDCAM ([Vivas-Aguas et al., 2015](#); [Garcés-Ordóñez et al., 2016](#)).

En cuanto a los derrames de hidrocarburos, la zona costera del departamento ha sido afectada recurrentemente por eventos de derrame de crudo desde el año 1976 hasta la actualidad ([Cabrera y Reyna, 1997](#); [INVEMAR, 2015](#)). El evento más reciente ocurrió en el año 2015, con el derrame de aproximadamente 10.000 barriles de petróleo crudo como consecuencia de atentados al oleoducto Trasandino ([INVEMAR, 2015](#)). A esta problemática se suma el derrame constante por goteo y rebosamiento de piscinas, donde se almacena el crudo que se extrae ilegalmente del oleoducto ([Semana, 2013](#); [El Tiempo, 2015](#)).

Teniendo en cuenta la presencia de estas fuentes de contaminación y con el propósito de obtener información que facilite la gestión ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Nariño – CORPONARIÑO para el manejo integral del medio ambiente marino, la REDCAM realiza desde el año 2001 la evaluación y diagnóstico de la calidad de las aguas marinas y costeras del departamento, basado en el análisis de variables fisicoquímicas, microbiológicas y de contaminantes orgánicos e inorgánicos. El presente informe contiene el diagnóstico de la calidad de las aguas marinas y costeras con base en los muestreos realizados en el segundo semestre de 2015 y primer semestre de 2016.

1.1 MONITOREO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En el departamento de Nariño, se cuenta con una red de 24 estaciones de monitoreo, distribuidas geográficamente en tres zonas: Costa Norte, Ensenada de Tumaco y Costa Sur (Figura 1.1).

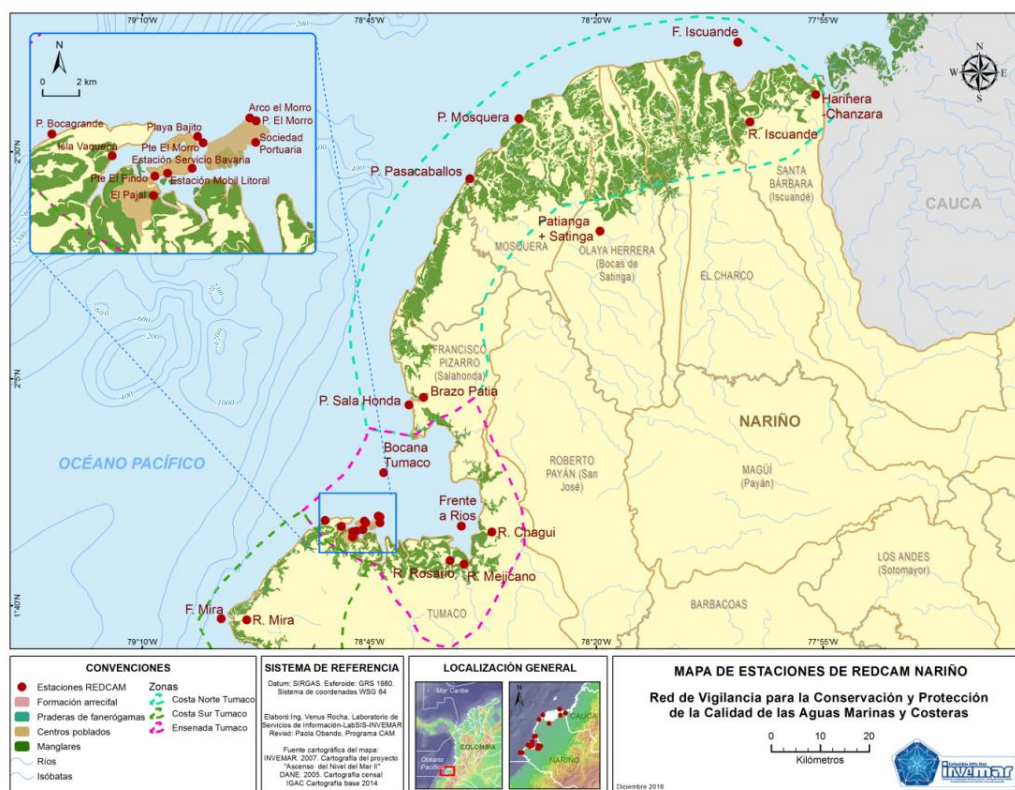


Figura 1.1. Mapa donde se presentan las zonas (polígonos demarcados con líneas punteadas) y las estaciones de muestreo de la REDCAM (puntos rojos) en el departamento de Nariño.

La **Zona Costa Norte** se extiende desde la frontera con el departamento del Cauca hasta la punta Cascajal, cuenta con ocho estaciones de muestreo (Figura 1.1) y abarca parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Patía y Sanquianga, y el Parque Nacional Natural Sanquianga, donde se encuentra la mayor cobertura de manglar del departamento ([PNNC, 2012](#)). En esta zona se sitúan

además poblaciones de los municipios costeros de Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola y El charco los cuales tienen bajas coberturas de saneamiento básico ([SUI, 2016](#)).

La **Zona Ensenada de Tumaco** corresponde a las desembocaduras de los ríos Rosario, Mejicano, Guayaros, Changüí, y Curay, y se encuentra el municipio de Tumaco, uno de los más poblados del Pacífico colombiano (203.971 hab; [DANE, 2005](#)). En este municipio se desarrolla un gran número de actividades productivas agropecuarias, mineras, pesqueras, portuarias, de comercio y de turismo. La zona tiene 16 estaciones de muestreo para aguas superficiales, en dos de las cuales (frente a ríos y río Rosario) se recolectan sedimentos para medir contaminantes (Figura 1.1).

La **Zona Costa Sur**, comprende el área desde el sur de la Ensenada de Tumaco hasta el río Mataje, en el límite con el Ecuador. Esta zona está representada por las principales cuencas hidrográficas de los ríos Mataje y Mira, parte del trayecto de ambos ríos es frontera entre Ecuador y Colombia, en las cuales se desarrollan actividades agropecuarias y han sido afectadas en mayor medida por derrames de petróleo ([DANE, 2013](#); [INVEMAR, 2015](#)). En esta zona se ubican dos estaciones de aguas y de sedimento (Figura 1.1).

Los muestreos fueron realizados por el INVEMAR en compañía del personal técnico de CORPONARIÑO, durante los días del 23 al 25 de noviembre de 2015, en condiciones de marea baja, y durante los días 27 al 29 de junio de 2016, en condiciones de marea alta. En cada estación se midieron *in situ* temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH usando equipos portátiles previamente calibrados y se recolectaron muestras de agua para analizar en la Unidad de laboratorios de Calidad Ambiental Marina –LABCAM, las variables fisicoquímicas (DBO₅, nutrientes inorgánicos disueltos, sólidos suspendidos totales), microbiológicas indicadoras de contaminación fecal (coliformes, *Escherichia coli* y enterococos fecales), contaminantes orgánicos (hidrocarburos y plaguicidas) e inorgánicos (metales pesados) con las metodologías descritas en el Anexo 1.

El análisis de la información se realizó por zona. Los resultados de las variables se compararon con los registros históricos de la REDCAM, con los criterios de calidad del decreto 1594 de 1984 ([MinSalud, 1984](#)) y con valores de referencia descritos en guías internacionales ([UNESCO, 1984](#); [NOAA, 1990](#); [OMS, 2003](#); [Buchman, 2008](#); [CONAGUA, 2016](#); [EPA, 2016](#)).

Por último se aplicó el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM_{PFF}) que permite resumir la información de ocho variables (OD, pH, SST, nitrato, ortofosfatos, DBO₅, HAT y CTE) integradas en una ecuación de promedio geométrico ponderada, a una escala adimensional con valores entre 0 y 100, que indican el estado de calidad del agua en función de valores de referencia o límites permisibles (Tabla 1.1) facilitando la interpretación de los resultados para los tomadores de decisiones ([Vivas-Aguas y Navarrete-Ramírez, 2014](#)).

Tabla 1.1. Categorías de calificación de la calidad del agua marina y estuarina con el Índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM_{PFF}).

Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100-90	Calidad excelente del agua
Adecuada	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuada	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésima	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

2. CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS

De acuerdo a los valores de salinidad registrados en noviembre de 2015 y en junio de 2016 (Figura 2), las aguas en las estaciones de la mayoría de los ríos y playas en la Zona **Costa Norte** son de tipo estuarinas y marinas oligohalinas, según la clasificación de las aguas descrita en [Knox \(2001\)](#). La estación de Patianga + Satinga (0,0) por su distancia de la costa y la escasa influencia de las mareas tuvo una condición de agua dulce. La Zona **Ensenada de Tumaco**, tiene características estuarinas por el aporte de un gran número de ríos que desembocan en ella. La salinidad de acuerdo al estado de marea oscila entre 7,0 y 31,2, mostrando características de aguas salobres mesohalinas (3,0-10,0) y polihalinas (10,1-17,0) en las desembocaduras de los ríos, y de aguas marinas oligohalinas (17,0-30,0) en la boca de la ensenada de Tumaco y en las playas ([Knox, 2001](#)). En la Zona **Costa Sur**, la salinidad en las estaciones del río Mira (0,0) y frente al río Mira (16,5-25,6) indican condiciones de agua dulce y marina oligohalina (17-30) respectivamente. La temperatura del agua fluctuó entre 26,1 y 30,4 °C, relacionándose con la hora del día en que se hicieron las mediciones (7:00 am - 5:00 pm).

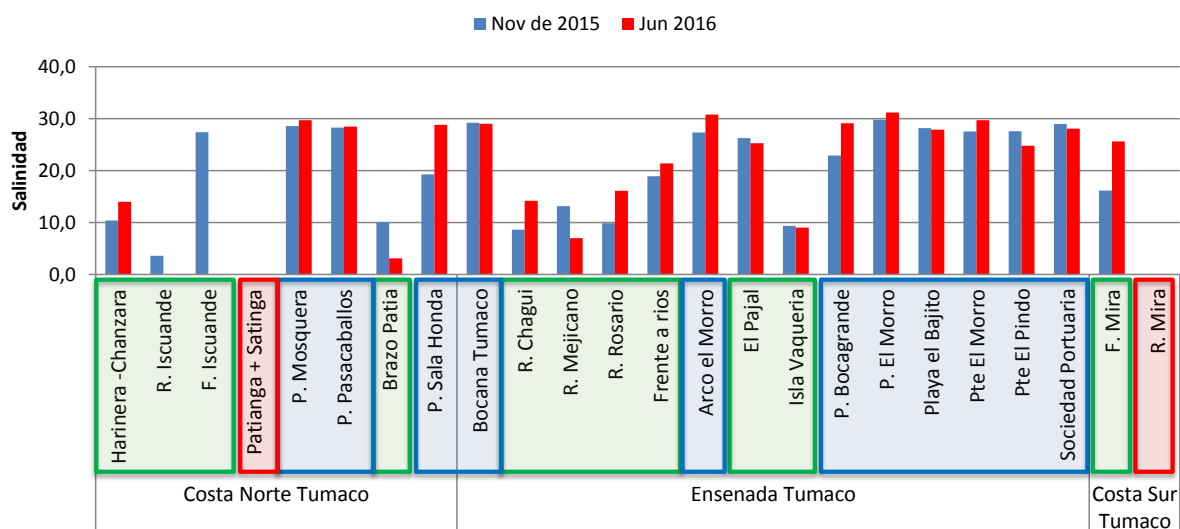


Figura 2. Salinidad del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces.

Los niveles de oxígeno disuelto (OD; Figura 3) en las Zonas **Costa Norte** y **Costa Sur**, y en la gran mayoría de las estaciones de la **Ensenada de Tumaco**, estuvieron por encima del valor mínimo permisibles establecido por el Decreto 1594 de 1948 ($>4,0$ mg de O_2/L ; [MinSalud, 1984](#)), indicando que las condiciones del agua respecto a este parámetro son adecuadas para la preservación de la flora y fauna. En la estación playa Bocagrande se registró un valor de 3,36 mg de O_2/L , el cual está asociado a las condiciones ambientales de alta nubosidad y poca radiación solar a la hora de la medición (08:22 am) en condiciones de marea alta.

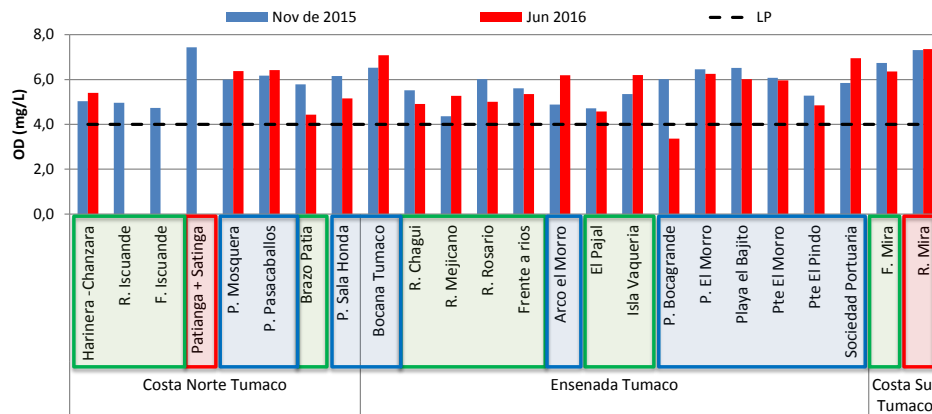


Figura 3. Oxígeno disuelto del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea punteada indica el criterio de calidad para la preservación de flora y fauna establecido en el Decreto 1594 de 1984 (MinSalud, 1984).

Los valores de pH de las aguas superficiales (Figura 4) en las estaciones de las zonas **Costa Norte** y **Costa Sur**, están dentro de los rangos permisibles para la preservación de flora y fauna (6,5-8,5 para aguas cálidas marinas y estuarinas, y de 4,0 -9,0 para aguas cálidas dulces; [MinSalud, 1984](#)). La estación Brazo del río Patía, aunque durante el muestreo actual las aguas tenían condiciones estuarinas, es una estación fluvial, por lo que se puede considerar que el pH determinado cumple con el rango establecido para aguas cálidas dulce. En la **Ensenada de Tumaco**, el pH osciló entre ligeramente ácido (6,18) en la estación del brazo del río Patía y básico (8,78) en la estación Arco el Morro, encontrándose en la mayoría de las mediciones dentro de los rangos permisibles para las aguas dulce, marinas y estuarinas, a excepción de la estación Arco el Morro, lo cual puede asociarse al estado de la marea alta y a la fotosíntesis realizada por el fitoplancton en la piscina natural del Arco el Morro, que recibe aguas residuales de las casas palafíticas de la isla el Morro, por medio del estero Los Tulicios.

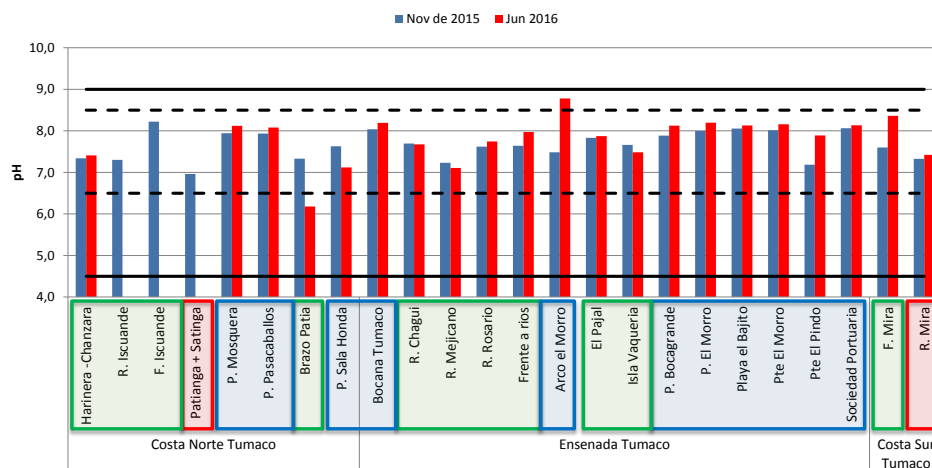


Figura 4. Valores de pH del agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas negras continuas señalan el rango permisible para preservación de flora y fauna en aguas cálidas dulce y las líneas negras punteadas el rango permisible en aguas cálidas marinas y estuarinas (MinSalud, 1984).

Las concentraciones de sólidos suspendidos totales (SST; Figura 5) en el muestreo realizado en noviembre de 2015 durante la marea baja, fluctuaron entre 4,1 y 188 mg de SST/L, encontrándose los valores más altos en las estaciones Patianga + Satinga (107,5 mg/L) en la costa Norte, y en río Chagüí (105 mg/L) y frente a ríos (188 mg/L) de la Ensenada de Tumaco. Tomando como referencia los valores propuestos por [CONAGUA \(2015\)](#), la mayoría de estaciones se clasifican en el rango de calidad buena; con excepción de las estaciones Patianga + Satinga y río Chagüí que se clasifican como aguas de calidad aceptable ($>75 \leq 150$ mg de SST/L); y la estación frente a ríos que se clasifican como aguas contaminadas ($>150 \leq 400$ mg de SST/L; Figura 5). Cabe destacar que durante el monitoreo realizado en junio del 2016, las concentraciones bajaron por efecto de dilución, debido a que se tomaron durante la marea alta, encontrándose valores entre 4,06 y 60,3 mg de SST/L en todas las zonas de muestreo, que corresponden a aguas de buena calidad (>25 y <75 mg de SST/L; [CONAGUA, 2015](#)).

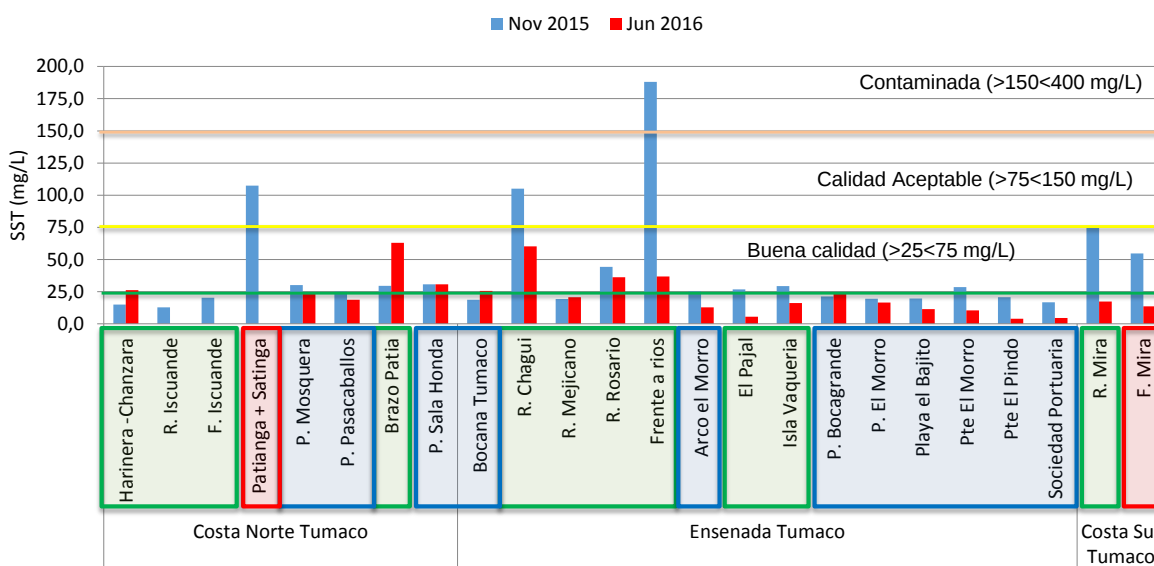


Figura 5. Sólidos suspendidos totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los SST propuesto por CONAGUA (2015).

Históricamente las concentraciones de SST en estas zonas han sido, en algunos casos, muy elevadas (Figura 6), alcanzando valores típicos de agua fuertemente contaminada con aguas residuales (>400 mg de SST/L; [CONAGUA, 2015](#)), lo cual se confirma con las altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal (4,5-160.400 NMP de CTE/100 mL) que se detallarán más adelante. Los ríos son los que mayor carga de SST ($\sim 4,8 \times 10^6$ ton/año) aportan a la Ensenada de Tumaco y a la zona costera del departamento en general ([Garcés-Ordóñez et al., 2016](#)), lo cual, además se podría relacionar con los procesos de erosión por la deforestación en las cuencas de los ríos para cultivos agrícolas industriales, y para cultivos ilícitos ([DANE, 2013](#); [Gobierno de Colombia y UNODC, 2016](#)).

Registro histórico 2001 - 2015

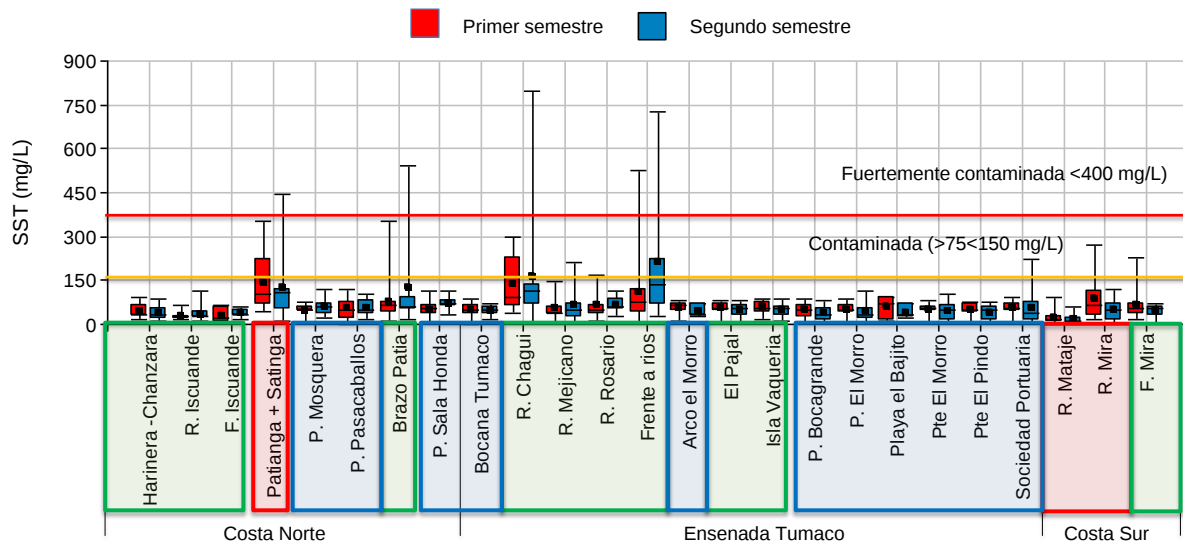


Figura 6. Registro histórico de SST en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. Las líneas de color indican los rangos de clasificación de la calidad de las aguas de acuerdo a los SST propuesto por CONAGUA (2015).

En la Figura 7 se presentan los resultados de los nutrientes inorgánicos disueltos: amonio (N-HN_4^+), nitritos (N-NO_2^-), nitratos (N-NO_3^-) y ortofosfatos (P-PO_4^{3-}) medidos en las zonas y estaciones de muestreos. Estos nutrientes son de interés ambiental debido a pueden causar eutrofización y deterioro de la calidad del agua.

En la zona **Ensenada de Tumaco** se registraron las concentraciones más elevadas de los nutrientes evaluados, en comparación con las demás zonas (Figura 7), lo cual está relacionado con la presencia de mayores fuentes de contaminación en esta zona, donde se encuentra la mayor área agrícola del departamento ([DANE, 2013](#)), donde se usan plaguicidas y nutrientes para mejorar el rendimiento de los cultivos. Las concentraciones de amonio y nitrito (Figura 7), pueden estar relacionadas con vertimientos recientes de aguas residuales en los ríos Chagüí, Mejicano y Rosario, debido a que estos nutrientes son rápidamente asimilados por el fitoplancton (en el caso del amonio) o son rápidamente oxidados a nitratos en el proceso de nitrificación (en el caso del nitrito; [Cárdenas y Sánchez, 2013](#)). Esta hipótesis se corrobora con las concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal que estuvieron en altas concentraciones, las cuales se describen más adelante. Los valores de nitratos encontrados en estos ríos guardan mucha relación con las concentraciones de nitritos (Figura 7).

Los ortofosfatos oscilaron entre el 2,4 $\mu\text{g/L}$ y 14,1 $\mu\text{g/L}$, encontrándose en la mayoría de las estaciones valores más altos en junio de 2016 durante marea alta. En los ríos Chagüí y Rosario, frente a ríos y sociedad portuaria se registraron los valores más altos en noviembre de 2015 durante la marea baja, asociado a vertimientos de aguas residuales (Figura 7). Otras fuentes importantes de ortofosfatos y de los compuestos nitrogenados son las escorrentías agrícolas de las áreas de cultivo en las principales cuencas ([Escobar, 2002](#)), y el posible flujo desde el sedimento al ser estos resuspendidos por la dinámica y corrientes de las mareas altas (flujo) y bajas (reflujo) en la región.

Diagnóstico y Evaluación de Calidad de Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos

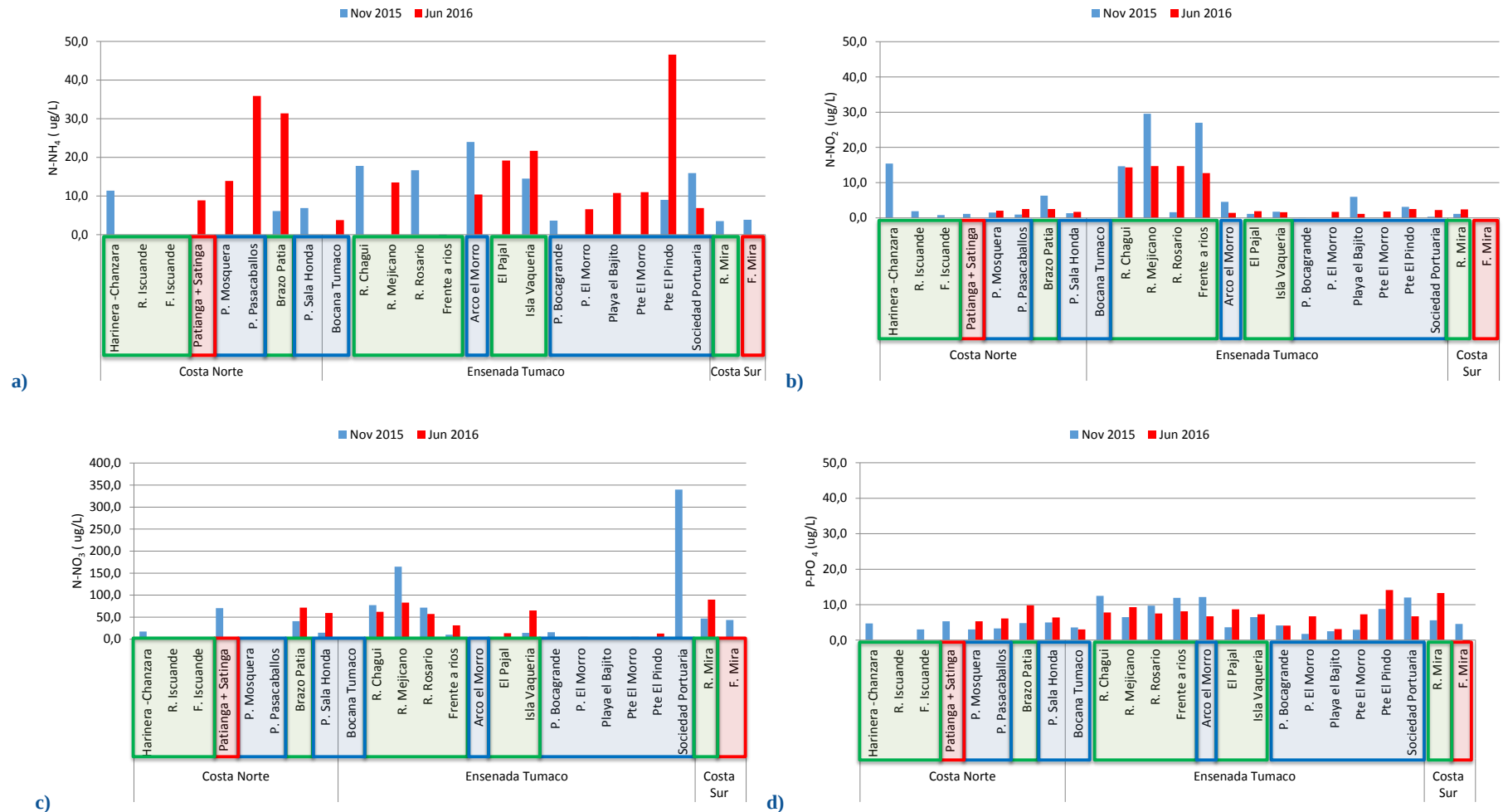


Figura 7. Nutrientes inorgánicos disueltos: a) amonio (N-NH₄⁺), b) nitritos (N-NO₂⁻), c) nitratos (N-NO₃⁻) y ortofosfatos (P-PO₄³⁻), medidos en noviembre de 2015 y junio de 2016 en las estaciones y zonas de muestreo REDCAM del departamento de Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces.

Las concentraciones más elevadas de coliformes totales (CTT), se registraron en el muestreo de noviembre de 2015 en marea baja, en comparación con el muestreo de junio de 2016 en marea alta en todas las zonas de muestreo (Figura 8). Adicionalmente, de acuerdo al Decreto 1594 de 1984, las concentraciones de CTT superan el límite máximo permisible para contacto primario y secundario (1.000 y 200 NMP/100 mL respectivamente; [MinSalud, 1984](#)) e indican contaminación microbiológica. En marea baja se hace evidente el problema de este tipo de contaminación, ya que es el momento en el cual los aportes continentales son mayores, esto incluye aguas residuales domesticas procedentes de las poblaciones ribereñas.

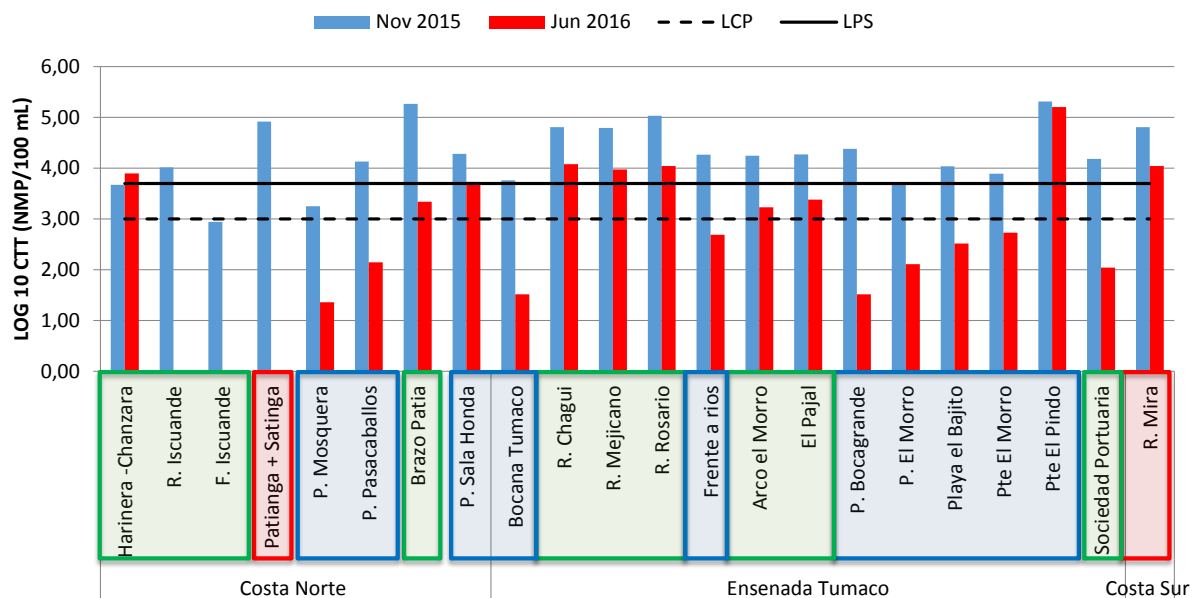


Figura 8. Coliformes totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra continua es el máximo permisible para contacto secundario (5.000 NMP/100 mL), y la línea punteada el máximo permisible para contacto primario (1.000 NMP/100 mL) MinSalud (1984).

De igual manera que los CTT, las concentraciones de otros microorganismos indicadores de contaminación fecal, como *Escherichia coli*, que representa en mayor proporción los coliformes termotolerantes (CTE), fueron más elevadas en el muestreo de noviembre de 2015 en marea baja, en comparación con el muestreo de junio de 2016 en marea alta (Tabla 2), y según el Decreto 1594 de 1984, superan ampliamente el límite máximo permisible para el uso recreativo por contacto primario. En junio de 2016, las concentraciones de Enterococos fecales registrados en las playas Pasacaballos, Salahonda y el Arco el Morro (Tabla 2) representaron un riesgo de >1% y de 0,3% de contraer enfermedades Gastrointestinales y Respiratoria Febril Aguda respectivamente según la [OMS \(2003\)](#).

Tabla 2. Microorganismos indicadores de contaminación fecal medidos en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en los muestreos de en noviembre de 2015 en la marea baja y junio de 2016 en la marea alta. *Criterio de calidad para el uso recreativo por contacto primario en base a coliformes termotolerantes (CTE; *Escherichia coli*) de MinSalud (1984), y **valor de referencia de la OMS (2003) para el riesgo >1% y de 0,3% de contraer enfermedades Gastrointestinales y Respiratoria Febril Aguda respectivamente. (-) no medido.

Zona	Estación	<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	CTE (NMP/100mL)	EFE (UFC/100 mL)	
		Nov 2015	Jun 2016	Nov 2015	Jun 2016
Costa Norte Tumaco	Playa Mosquera	587,0	1,0	33,5	24,0
	Playa Pasacaballos	1.022,5	20,0	32,0	88,0
	Brazo Patía	6.630,0	1.100,0	-	-
	Playa Salahonda	2.237,0	1.700,0	16,0	56,0
Ensenada Tumaco	Bocana Tumaco	1.566,0	4,5	-	-
	Río Chagüi	3.905,0	180,0	-	-
	Río Mejicano	2.975,0	200,0	-	-
	Río Rosario	2.100,0	400,0	-	-
	Frente a ríos	2.150,0	110,0	-	-
	Arco el Morro	1.354,0	630,0	68,0	56,0
	El Pajal	645,0	170,0	-	-
	Playa Bocagrande	2.241,0	11,0	11,0	16,0
	Playa El Morro	1.015,0	27,0	10,0	10,0
	Playa el Bajito	1.024,0	330,0	8,5	39,0
	Puente El Morro	1.421,0	4,5	-	-
	Puente El Pindo	12.180,0	22.000,0	-	-
	Sociedad Portuaria	887,0	20,0	-	-
Costa Sur Tumaco	Río Mira	6.360,0	2.400,0	-	-
Valores de referencia		200*	200*	40**	

En junio de 2016 debido a la marea alta, las concentraciones de estos microorganismos se redujeron en algunas estaciones de las zonas de muestreo. En la **Costa Norte**, en las estaciones brazo del río Patía y en la playa Salahonda, se determinaron valores de 1.100 y 1.700 NMP de CTE/100 mL respectivamente, los cuales se encuentran por encima de la norma nacional y se clasifican como aguas contaminadas bacteriológicamente, tomando como referencia la escala de calidad de aguas de [CONAGUA \(2015\)](#). Estas estaciones están muy cerca de la cabecera municipal de Francisco Pizarro, en donde no existe cobertura de alcantarillado y los residuos son vertidos directamente al canal Salahonda (concentración de 155.310 NMP de *E. coli* /100 mL registrada en este canal en noviembre de 2015) que desemboca en el brazo del río Patía y llega a la playa Salahonda. En la **Ensenada de Tumaco**, la piscina natural del Arco el Morro, también mantuvo una concentración de CTE por encima de 200 NMP/100 mL (Tabla 2), siendo inadecuada para el uso recreativo, debido al aporte constante de aguas residuales que llega por el estero Los Tulicios, lo cual requiere de atención por parte de las autoridades ambientales para reducir el riesgo sanitario para los bañistas, debido a que este sitio es de importancia turística. Históricamente (2001-2015) en las estaciones de estas zonas se han registrado altas concentraciones de coliformes totales (20 – 206.855 NMP de CTT/100 mL), coliformes termotolerantes incluyendo *E. coli* (20 – 160.000 NMP de CTE/100 mL; Figura 9) y enterococos fecales (1 – 195 UFC/100 mL), esta última variable se mide solamente en las playas. Cerca de 60% de las 535 ± 46 mediciones de CTT y CTE realizadas en las estaciones están por encima de 1.000 y 200 NMP/100 mL respectivamente, lo cual indica que no son adecuadas para que la población local como principal usuario, realice actividades recreativas de contacto primario en estos ríos y playas, según la norma nacional ([MinSalud, 1984](#)).

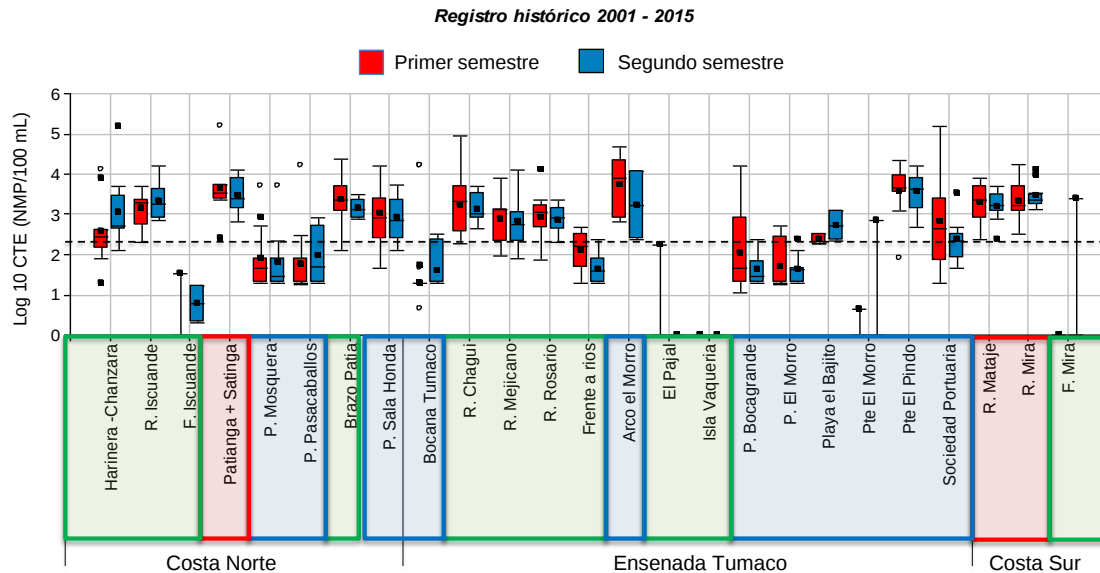


Figura 9. Registro histórico de coliformes termotolerantes (incluyendo *E. coli*) en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el máximo permisible para el uso recreativo por contacto primario (1.000 NMP/100 mL) MinSalud (1984).

En las zonas de muestreo se registran constantemente hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en las aguas superficiales y sedimentos por los recurrentes eventos de derrame de crudo desde el año 1976 hasta la actualidad ([Cabrera y Reyna, 1997](#); [INVERMAR, 2015](#)) y el derrame constante por goteo y rebosamiento de piscinas, donde se almacena el crudo que se extrae ilegalmente del oleoducto Transandino ([Semana, 2013](#); [El Tiempo, 2015](#)). Debido a que en Colombia no hay valores permisibles de HAT en el ambiente se utilizan los valores de referencia de 10 µg/L para aguas y 3,8 µg/g para sedimentos no contaminados, propuestos por la [Unesco \(1984\)](#) y [NOAA \(1990\)](#) respectivamente. No obstante, en el muestreo actual los HAT en las aguas superficiales (Figura 10) de las zonas de muestreo se encontraron por debajo del valor de referencia de 10 µg/L para aguas no contaminadas según la [Unesco \(1984\)](#).

En la zona **Costa Norte** las concentraciones de HAT no superaron los 1,5 µg /L. Históricamente esta zona ha presentado concentraciones bajas (<10 µg de HAT/L; Figura 10). Solamente en el río Iscuandé en el primer semestre del año 2001 se registraron concentraciones de 13 y 19,9 µg de HAT/L, que superaron el valor de referencia (Figura 11). Estos valores estaría asociado a un evento puntual de vertimientos de residuos de hidrocarburos ocurrido en esta zona, debido a que en años posteriores los niveles de HAT se encontraron por debajo de 10µg/L. Fuentes importante de estos compuestos en la zona son las actividades de tráfico fluvial con lanchas a motor, inadecuada venta de combustibles, disposición de residuos y la posible influencia de los derrames de crudo que son transportados por las corrientes hacia la Costa Norte del departamento.

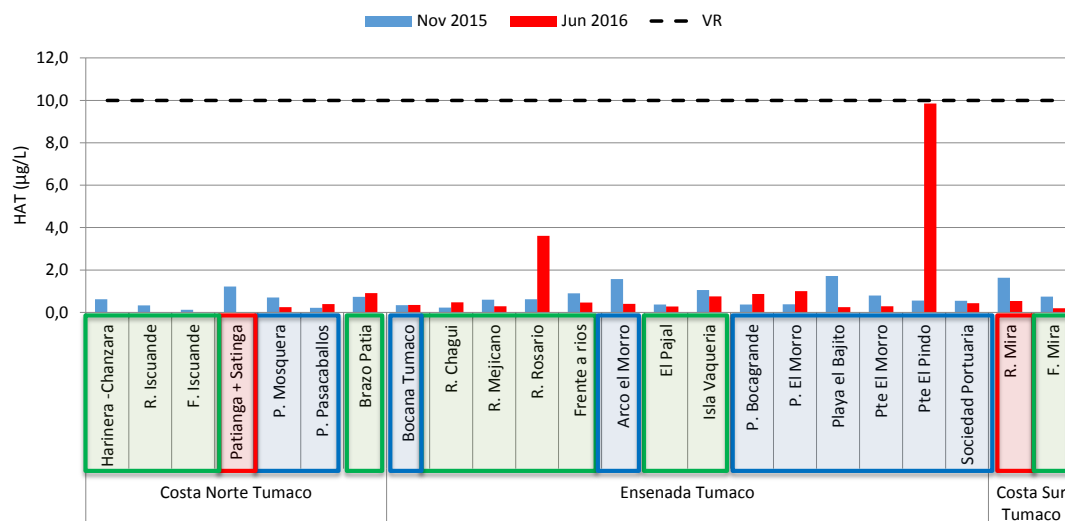


Figura 10. Hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el valor de referencia para aguas no contaminadas con HAT (Unesco, 1984).

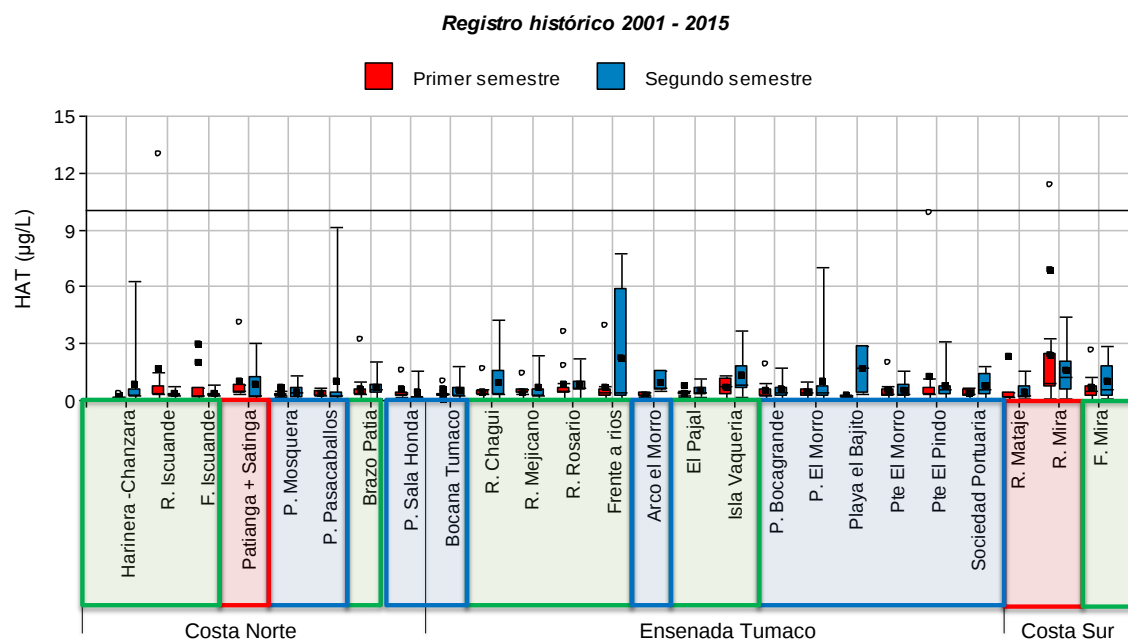


Figura 11. Histórico de hidrocarburos aromáticos totales en el agua superficial en las estaciones de muestreo REDCAM en Nariño. Los cuadros de color azul corresponden a aguas marinas, los verdes a aguas estuarinas y los rojos a aguas dulces. La línea negra punteada indica el valor de referencia para aguas no contaminadas con HAT (Unesco, 1984).

En la zona **Ensenada de Tumaco**, los HAT oscilaron entre 0,23 y 9,85 µg/L (Figura 10), sin sobrepasar el valor de referencia para aguas no contaminadas (10µg/L; [Unesco, 1984](#)). El valor más elevado se registró en junio de 2016 en la estación puente El Pindo, en donde se encuentran expendios de gasolina que podrían ser la fuente principal. De acuerdo a los registros históricos de la REDCAM, en el agua superficial de esta zona, siempre se ha registrado la presencia de HAT, no obstante, las concentraciones nunca han estado por encima de la referencia (Figura 11). Sin embargo, en el muestreo realizado por el grupo de respuestas a emergencias ambientales (GAMA) en julio de 2015, tras el derrame de crudo como consecuencia de los atentados al oleoducto Transandino, se registraron altas concentraciones de HAT en frente al río Rosario (19 µg/L) y en el estero Vaquería (100 µg/L), valores que superaron la referencia y que indicaron contaminación ([INVEMAR, 2015](#)).

En sedimentos de las estaciones frente a ríos y en la desembocadura del río Rosario se registraron concentraciones de HAT de 0,25 y 0,16 µg/g respectivamente, los cuales no superan la referencia para sedimentos no contaminados (3,9 µg/g; [NOAA, 1990](#)). En monitoreos de años anteriores y como consecuencia de los derrames de crudo ([Cabrera y Reyna, 1997](#); [INVEMAR, 2015](#)) se han registrado concentraciones de HAT que en algunos casos superan el valor de referencia. En marzo de 2006 en la estación estero El Pajal se reportó una concentración de 122 µg/g, y en ese mismo muestreo en la estación puente El Pindo se registró 16,91 µg/g. En el 2014 en sedimentos de la estación frente a ríos se determinaron 58 µg/g, y en julio de 2015 en la desembocadura del río Rosario se registraron 3,8 µg de HAT/g, y 0,007 µg/g de benzo(a)pireno, hidrocarburo aromático polinuclear de elevado peso molecular altamente tóxico ([INVEMAR, 2015](#)). Estos resultados se deben a la permanente ruptura del oleoducto transandino tanto por atentados como por la extracción ilegal del combustible, lo cual ha afectado las actividades productivas de la zona como el turismo en las playas, la extracción de la piangüa por los daños al manglar, la pesca, acuicultura, agricultura, entre otros. Además deterioro del recurso hídrico para el consumo humano, pérdida de biodiversidad y sus servicios ambientales ([INVEMAR, 2015](#)). Por lo anterior es necesario aumentar el número de estaciones de sedimentos, y aumentar los esfuerzos técnicos y económicos hacia mediciones más detalladas de los tipos de hidrocarburos presentes, que permita dimensionar el impacto de los derrame de crudo en la zona y hacer seguimiento a este tipo de contaminantes.

En la zona **Costa Sur**, en el río Mira y su frente se determinaron concentraciones de HAT entre 0,2 y 1,64 µg/L en el agua superficial, sin sobrepasar el valor de referencia para aguas no contaminadas (Figura 10). A pesar de que este cuerpo de agua en junio de 2015 fue afectado por el derrame de aproximadamente 10.000 barriles de crudo, los HAT en el agua se han encontrado en concentraciones muy bajas, incluso en julio de 2015, un mes después de ocurrido el derrame de crudo, los HAT estuvieron en una concentración de 1,42 µg/L, condición puede atribuirse a la hidrodinámica y las características hidrofóbicas de los hidrocarburos ([INVEMAR, 2015](#)). Sin embargo en los sedimentos de la estación frente a río Mira, la concentración de 78,33 µg/g registrada en noviembre de 2015 evidencia el impacto del derrame de crudo en esta zona. Esta concentración supera ampliamente el valor de referencia para sedimentos no contaminados (3,9 µg/g; [NOAA, 1990](#)), lo cual representa un riesgo para los organismos bentónicos y una fuente probable de hidrocarburos al agua por la resuspensión del sedimento.

El registro histórico de esta zona muestra que en los ríos Mira y Mataje se han registrado concentraciones de HAT que indican contaminación (Figura 12). Las concentraciones más altas se registraron en el primer semestre del año 2001, 11,35 µg/L en el río Mira y de 21,24 µg/L en el río Mataje, lo cual está asociado a los residuos de hidrocarburos de los derrames ocurridos en 1976 y 1998 en el sector del río Mataje y en Esmeralda, Ecuador ([El Tiempo, 2001](#)). Hay que destacar que después del año 2012, la estación del río Mataje no se ha podido monitorear por orden público.

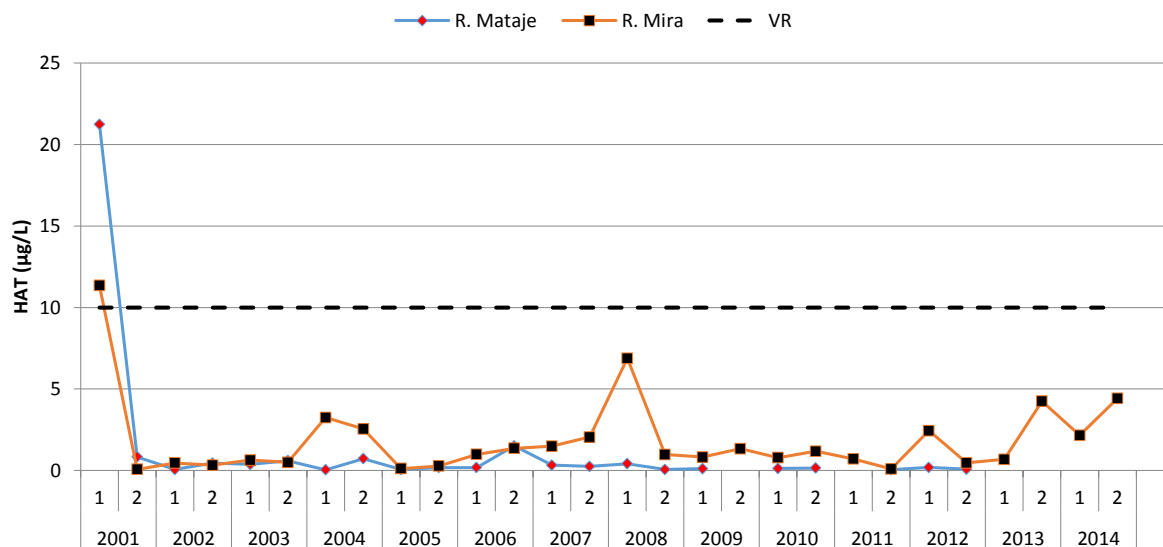


Figura 12. Registro histórico (2001-2014) de hidrocarburos aromáticos totales (HAT) en el agua superficial en dos estaciones de muestreo en los ríos Mira y Mataje.

Con respecto a los plaguicidas, en la zona **Costa Norte** en el muestreo de junio de 2016 se determinó en la estación Patianga + Satinga la presencia del organofosforado Metil Paratión en una concentración de 23,1 ng/L, superando el valor de referencia de 13 ng/L del Paratión (el cual incluye el Metil Paratión) para efectos crónicos en especies dulceacuícolas (EPA, 2015; Buchman, 2008). Cabe aclarar que en seguimiento de este plaguicida en la zona inició en el año 2010 y este es el primer registro de este plaguicida. Por otra parte, los plaguicidas organocloranos en estos últimos muestreos no fueron detectados. Sin embargo, compuestos como Aldrin, DDT, Heptacloro y Hexaclorociclohexano han sido detectados en muestreos anteriores de la REDCAM, evidenciando el uso de estos compuestos o su permanencia en esta zona en años posteriores a la restricción y prohibición de estos plaguicidas en el país (Decreto 305 de 1988).

En el muestreo de junio de 2016, en la estación frente a la sociedad portuaria de la **Ensenada de Tumaco**, se registró por primera vez el organoclorado DDT, en una concentración de 82,8 ng/L, indicando su uso reciente a pesar de estar prohibido en Colombia (Decreto 704 de 1986; Resolución 10255 de 1993). Este valor no supera la referencia para efectos agudos (130 ng/L) propuesta por la EPA (2016), pero sí supera la referencia para efectos crónicos (1 ng/L). Es necesario que las autoridades ambientales identifiquen la fuente probable, para tomar las medidas de control. En la **zona Costa Sur** no se detectaron plaguicidas organoclorados ni organofosforados en las aguas superficiales del río Mira en los muestreos actuales.

Los metales pesados (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni y Fe) disueltos medidos en las zonas de muestreo, en su mayoría estuvieron por debajo del límite de detección de las técnicas utilizadas. Cabe destacar que las concentraciones de los metales que se pudieron cuantificar estuvieron por debajo de las referencias para efectos crónicos y agudos en aguas dulces y marinas (Buchman, 2008), por lo tanto no representan ningún riesgo para la biota acuática (Tabla 3). En los sedimentos tampoco se registraron valores que puedan tener efectos probables en la biota (Tabla 4).

Tabla 3. Metales pesados disueltos medidos en el agua superficial de las estaciones REDCAM del departamento de Nariño. Los valores de referencia con un asterisco (*) corresponde a Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008) y el valor con dos asteriscos () corresponde a la referencia para cromo (CONAMA, 2005).**

Zona	Estación	Metales en noviembre 2015 (µg/L)							Metales en junio 2016 (µg/L)						
		Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Zn
Costa Norte Tumaco	Brazo Patía	<0,42	<0,97	1,6	225,8	<1,0	5,6	56,8	<0,42	<0,97	2,1	75,20	<1,0	<3,1	<6,9
Ensenada Tumaco	Bocana Tumaco	<0,42	<0,97	<0,9	15,8	<1,0	6	8,4	<0,42	<0,97	<0,9	<4,7	<1,0	<3,1	<6,9
	R. Chagüí	<0,42	<0,97	1,8	153,7	<1,0	<3,1	13,7	<0,42	<0,97	2,1	8,00	4,1	<3,1	<6,9
	R. Mejicano	<0,42	<0,97	1,4	21,7	<1,0	<3,1	27,2	<0,42	<0,97	2,1	5,40	2,6	<3,1	<6,9
	R. Rosario	<0,42	<0,97	1,7	190,1	<1,0	<3,1	73,0	<0,42	<0,97	<0,9	5,80	4	<3,1	<6,9
	Frente a ríos	<0,42	<0,97	<0,9	13,1	<1,0	<3,1	65,9	<0,42	<0,97	1,1	<4,7	<1,0	<3,1	27,5
	Sociedad Portuaria	<0,42	<0,97	<0,9	<4,7	<1,0	<3,1	<6,9	<0,42	<0,97	<0,9	<4,7	3,7	<3,1	<6,9
Costa Sur Tumaco	F. Mira	<0,42	<0,97	1,8	108,6	<1,0	<3,1	45,3	<0,42	<0,97	<0,9	<4,7	<1,0	<3,1	<6,9
	R. Mira	<0,42	<0,97	<0,9	34,6	<1,0	<3,1	28,0	<0,42	<0,97	1,8	33,60	<1,0	<3,1	<6,9
Referencia Efectos crónicos agua marina		8,8	50**	3,1	50,0	8,2	8,1	81,0	8,8	50**	3,1	50,0	8,2	8,1	81,0
Referencia Efectos crónicos agua dulce		0,25	50**	9,0	1000	52,0	2,5	120,0	0,25	50**	9,0	1000	52	2,5	120,0

Tabla 4. Metales pesados totales en los sedimentos de la estación Frente a ríos en la zona de la Ensenada de Tumaco medidos en los muestreos de noviembre de 2015 y junio de 2016. Los valores de referencia para efectos probables se tomaron de Screening Quick Reference Tables (Buchman, 2008).

Metal	Unidad	Muestreo de Nov 2015	Muestreo de Jun 2016	Referencia PEL*
Pb	µg/g	12,15	<4,00	112,0
Cd	µg/g	<0,50	<0,50	4,2
Cr	µg/g	61,82	55,82	160,0
Cu	µg/g	27,30	13,11	108,0
Zn	µg/g	66,05	103,51	271,0
Ni	µg/g	26,18	13,23	42,8
Fe	mg/g	33,73	38,45	-
Hg	ng/g	-	21,67	700,0

2.1 RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL ICAM_{PFF}

Los resultados de la aplicación del ICAM_{PFF} muestran que en el muestreo realizado en noviembre 2015 durante la marea baja subiendo, el 58% de las estaciones evaluadas tuvieron aguas con calidad aceptable, el 32 % de aguas inadecuadas y un 11% de calidad adecuada (Figura 13a). Esta gran proporción de estaciones en condiciones inadecuadas y aceptables responden a la alta contaminación microbiológica que se evidencia en mayor medida durante la marea baja. En junio de 2016 la calidad de las aguas mejoró, el 53% de las estaciones tuvieron una calidad adecuada, el 42% aceptables y 5% pésimas, lo cual se atribuye al estado de marea alta, en la cual los contaminantes y microorganismos están en menor concentración por el efecto de la dilución. Para el muestreo actual, la zona **Ensenada de Tumaco** es la que mayor número de estaciones con aguas aceptable e inadecuada tiene en comparación con las demás zonas, lo cual concuerda con el mayor número de actividades productivas y fuentes de contaminación.

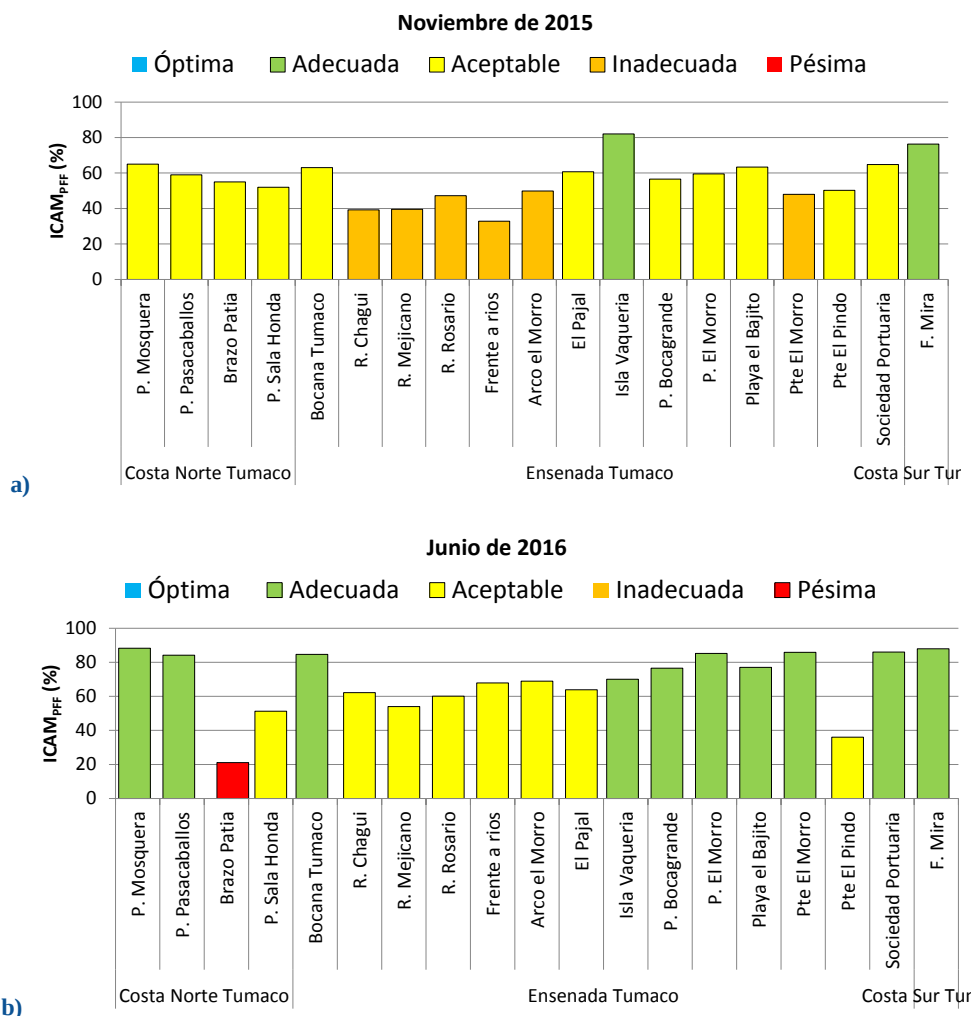


Figura 13. Calidad de las aguas marino costeras en las estaciones REDCAM del departamento de Nariño en los muestreos de noviembre de 2015 (a) y junio de 2016 (b), evaluadas con el del ICAM_{PFF}.

Históricamente la gran proporción de las estaciones REDCAM del departamento de Nariño han tenido aguas con calidad adecuada y aceptable (Figura 14) de acuerdo a las variables que se consideran en el ICAM_{PFF}. En algunos años se han presentado pequeñas proporciones de estaciones con calidad óptima como en los años 2001 (3%), 2002 (8%), 2007 (15%), 2011 (4%) y 2013 (3%), así mismo se han registrado estaciones con calidad pésima en el 2012 (6%) y 2013 (6%), y estaciones con calidad inadecuada asociadas a la contaminación microbiológica y altos contenido de materia orgánica y de SST. Es de resaltar que para el año 2015 la proporción de estaciones con calidad adecuada disminuyó e incrementaron las estaciones con condición inadecuada.

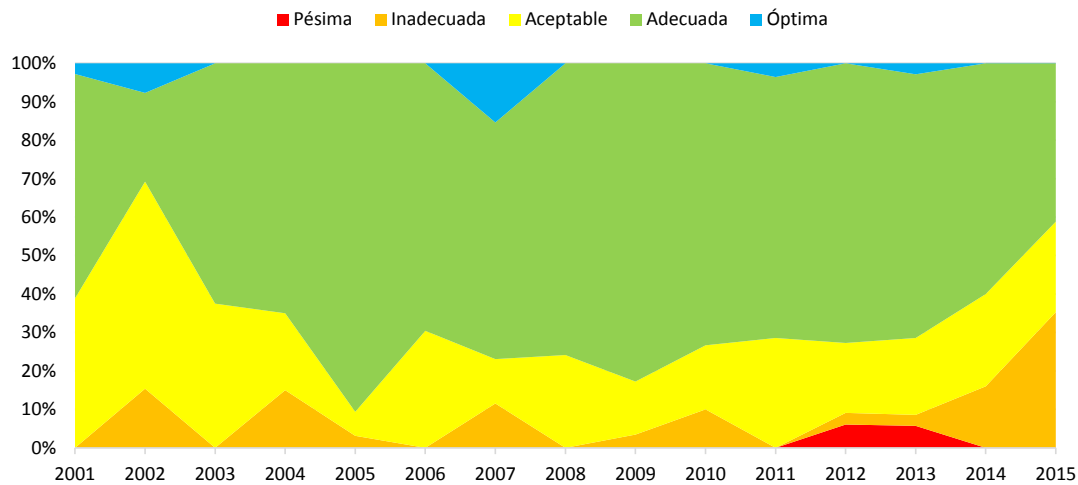


Figura 14. Proporción histórica (2001-2015) de estaciones de monitoreo REDCAM Nariño con aguas de calidad óptima, adecuada, aceptable, inadecuada y pésima de acuerdo al ICAM_{PFF}.

En los últimos tres años, las zonas con mayor proporción de estaciones con calidad inadecuada ha sido la zona costa Norte, mientras que la Ensenada de Tumaco y la costa Sur son la de mayor estaciones con calidad aceptable y adecuada (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución porcentual (%) de las condiciones de las aguas marino-costeras evaluadas con el ICAM_{PFF} en las zonas del departamento de Nariño en los años del 2013 al 2015.

Año	Zona	Pésima	Inadecuada	Aceptable	Adecuada	Óptima
2013	Costa Norte Tumaco			14%	86%	
	Ensenada Tumaco	8%	4%	23%	62%	4%
	Costa Sur Tumaco				100%	
2014	Costa Norte Tumaco		33%	33%	33%	
	Ensenada Tumaco		14%	24%	62%	
	Costa Sur Tumaco				100%	
2015	Costa Norte Tumaco		67%	33%		
	Ensenada Tumaco		31%	15%	54%	
	Costa Sur Tumaco			100%		

3. CONCLUSIONES

- ❖ La calidad del agua en las estaciones marinas y costeras del departamento de Nariño, está afectada por los cambios del régimen pluvial y la marea. Durante el muestreo de noviembre de 2015, la calidad del agua estuvo entre aceptables e inadecuadas, debido a las elevadas concentraciones de SST y materia orgánica aportados por los ríos y altos contenidos de microorganismos de origen fecal que indican vertimientos de aguas residuales; en tanto que en junio de 2016, las condiciones en general fueron aceptables y adecuadas por la condición de marea alta, que favorece la dilución de los contaminantes.
- ❖ La presencia del organoclorado DDT en agua de la estación Frente Sociedad Portuaria, indica que esta sustancia está siendo utilizada a pesar de su prohibición (Decreto 704 de 1986). Si bien la concentración registrada no sobrepasa el valor propuesto por la EPA (1980) para efectos agudos, si sobrepasa el valor de referencia para efectos crónicos (1ng/L). Este resultado muestra la necesidad de identificar y hacer seguimiento a la fuente, con propósitos de control del vertimiento.
- ❖ El agua superficial de la zona costera del departamento de Nariño, no presentan contaminación por metales pesados (Pb, Cd, Cr, Ni y Zn) ya que las concentraciones registradas están por debajo de los valores referenciados en guías internacionales.
- ❖ Los sedimentos de la estación ubicada frente al río Mira se consideran contaminados por Hidrocarburos, debido a que la concentración registrada supera ampliamente el valor de referencia para sedimentos no contaminados (3,9 µg/g), debido al evento de derrame presentado en junio de 2015.

4. BIBLIOGRAFÍA

- 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. 21 ed. United States of America. 1325 p.
- Arcos, M., S. Ávila, S. Estupiñán y A. Gómez. 2005. Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. Rev. NOVA-Publicaciones científica, 3(4):1794-2470.
- Buchman, M. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQuiRTs). NOAA OR&R report 08-1 Seattle WA, office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration, 34 p.
- Cabrera, E. y J. Reyna. 1997. Evaluación del impacto por derrames de hidrocarburos en la ensenada de Tumaco. Comprobación de la efectividad de los planes de contingencia. Boletín Científico CCCP, 6:139-145.
- Cárdenas, G. y I. Sánchez. 2013. Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para la preservar el ambiente y la salud pública. Rev. Univ. Salud, 15 (1): 72-88.
- CONAGUA – Comisión Nacional del Agua. 2015. Monitoreo calidad del agua: escalas de clasificación de la calidad del agua superficial. Disponible desde internet: <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/CalidaddelAgua.pdf> (con acceso el 16/12/2016).
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2013. Área, producción y rendimiento agrícola del área cosechada en el año 2013. Información disponible desde internet en <http://geoportal.dane.gov.co/geocna/#> (consultado el 13/12/2016).
- DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística. 2005. Proyecciones nacional y departamentales de población 2005- 2020. Estudios post-censales No. 7, Bogotá. 300 p.
- Derraik, J. 2002. The pollution marine environment by plastic debris: a review. Marine Pollution Bulletin, 44 (9):842-852.
- El Tiempo. 2015. Así se roban 16 mil barriles de petróleo al mes. En línea, disponible en: <http://www.eltiempo.com/politica/justicia/robo-de-barriles-de-petroleo/16431573> (con acceso el 13/12/2016).
- El Tiempo. 2001. Revive derrame de crudo en Tumaco. En Línea, disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-675473> (con acceso el 20/12/2016).
- Escobar, L. 2002. La Contaminación de los ríos y sus efectos en áreas costeras y el mar. División de recursos naturales e infraestructura. Naciones Unidas. Chile. 68 p.
- EPA – Environmental Protection Agency of US. 2016. National Recommended Water Quality Criteria. Información disponible desde internet en: <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-aquatic-life-criteria-table> (con acceso el 16/12/2016).
- García, H., A. Molina y J. Andrade. 2012. Beneficios de una red de reservas marinas para Colombia. Fedesarrollo, Bogotá. 62 p.
- Garay, J., G. Ramírez; J. Betancourt, B. Marín, B. Cadavid, L. Panizzo, J. Lesmes, H. Sánchez y A. Franco. 2003. Manual de Técnicas Analíticas para la Determinación de Parámetros

- Fisicoquímicos y Contaminantes Marinos: Aguas, Sedimentos y Organismos. INVEMAR. Serie Documentos Generales N° 13. Santa Marta. 177 p.
- Garcés-Ordóñez, O., L.J. Vivas-Aguas, M. Martínez, T. Córdoba, A. Contreras, P. Obando, Y. Moreno, J. Muñoz, Y. Nieto, M. Ríos, J. Sánchez y D. Sánchez. 2016a. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de Publicaciones Periódicas del Invemar No. 4 (2016). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe técnico 2015. INVEMAR, MADS y CAR costeras. Santa Marta. 377 p.
- INVEMAR - Instituto de Investigación Marinas y Costeras. 2015. Concepto técnico sobre derrame de petróleo en el municipio de San Andrés de Tumaco (Nariño), en junio de 2015. CPT-CAM-013-15. Santa Marta, 20 p.
- Knox, G.A. 2001. The ecology of seashore. CRC Press. Boca Raton. 557 p.
- 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.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. 1990. A special 20th anniversary report, coastal environmental quality in the United States, chemical contamination in sediments and tissues. Washington. 6 p.
- OMS - Organización Mundial de la Salud. 2003. Directrices para ambientes de aguas recreativas seguras. Costa y aguas frescas. Vol. 1. Ginebra. 219 p.
- PNNC- Parques Nacionales Naturales de Colombia. 2012. Datos Generales del Parque Nacional Natural Sanquianga. Documento en línea: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.012402>. 15/12/2014.
- PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2008. Guía para el muestreo, preparación y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (agua, suelos/sedimentos y biota). Manual del Programa de Monitoreo Costero del Proyecto GEF-REPCar. PNUMA, Programa Ambiental de Caribe. Kingston, Jamaica. 121p.
- Semana. 2013. Descubren robo de crudo en oleoducto Trasandino. En línea, disponible en: <http://www.semana.com/nacion/articulo/descubren-robo-crudo-oleoducto-trasandino/340250-3> (con acceso el 13/12/2016).
- Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board of Canada. Segunda Edición. Ottawa. 328 p.
- Superservicios – Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2014a. Disposición Final de Residuos Sólidos. Informe Nacional. Bogotá. 66 p.
- SUI – Sistema Unifco de Información de Servicios Públicos. 2016. Coberturas de acueducto, alcantarillado y aseo reportadas al sistema único de información, SUI, por las alcaldías municipales y distritales. Disponible en línea: <http://www.sui.gov.co/suibase/html/estratificacion/estratificacionSUI.htm> (con acceso el 16/12/2016).

- UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1984. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. Manuales y guías No. 13 de la COI. 87 p.
- Vivas-Aguas, L.J., K. Ibarra, J. Sánchez, M. Martinez, Y. Nieto, Y. Moreno, I. Cuadrado, P. Obando, O. Garcés, D. Sánchez, M. Villarraga y O. Sierra. 2015a. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones del Invemar No. 4 (2015). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe Técnico 2014, INVEMAR, Santa Marta. 320 p.
- Vivas-Aguas, L.J., J. Sánchez., B. Cadavid., J. Betancourt, M. Quintero., Y. Moreno., C. Santana., I. Cuadrado., K. Ibarra., M. Ríos., P. Obando y D. Sánchez. 2014. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones del Invemar No. 4. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia (REDCAM). Informe Técnico 2013, INVEMAR, Santa Marta. 314 p.
- Vivas-Aguas, L. J. y S. M. Navarrete-Ramírez. 2014. Protocolo Indicador Calidad de Agua (ICAMPFF). Indicadores de monitoreo biológico del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas (SAMP). Invemar, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 69, Santa Marta. 32 p.

Anexo 1. Parámetros y métodos utilizados en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina – LABCAM del INVEMAR para el monitoreo de la REDCAM

Parámetro	Límite de detección	Métodos de Análisis
Matriz agua		
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	<0,54	Filtración en membrana de fibra de vidrio, secado 103-105°C y gravimetría (Standard Methods 2540-D; APHA et al., 2012).
Nitritos (µg/L)	<0,7	Método colorimétrico de la sulfanilamida (Strickland y Parsons, 1972 y Garay et al., 2003).
Nitratos (µg/L)	<2,1	Método colorimétrico basado en la reducción con cadmio y reacción por sulfanilamida (Strickland y Parsons, 1972 y Garay et al., 2003).
Amonio (µg/L)	<3,1	Método colorimétrico del azul de indofenol (Strickland y Parsons, 1972 y Garay et al., 2003).
Ortofosfatos (µg/L)	<2,4	Método colorimétrico del ácido ascórbico (Strickland y Parsons, 1972 y Garay et al., 2003).
DBO ₅ (mg/L)	<0,5	Incubación con dilución a 20 °C (Standard Methods N° 5210 B; APHA et al., 2012 y Garay et al., 2003).
Coliformes totales (NMP/100 mL)	1	Fermentación en tubos múltiples método de números más probable (Standard Methods 9221-B; APHA et al., 2012).
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	1	Fermentación en tubos múltiples método de número más probable (Standard Methods 9221-E, APHA, et al., 2012)
Hidrocarburos aromáticos totales (µg/L)	<0,07	Extracción líquido-líquido con diclorometano cuantificación fluorométrica (UNESCO/COI, 1984; Garay et al., 2003)
Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni y Fe (µg/L)	Pb (3,1), Cd (0,42), Cr (0,97), Cu (0,9), Zn (6,9), Ni (1,0), Fe (4,7).	Tratamiento con APDC y MIBK para extracción selectiva, seguido de reextracción en fase ácida con HNO ₃ 1N y posterior cuantificación por espectrometría de AA con llama (Standard Methods N° 3111-C, APHA et al., 2012; Garay et al., 2003).
Plaguicidas organoclorados		Extracción líquido – líquido con diclorometano y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM (PNUMA, 2008).
Plaguicidas organofosforados		Extracción líquido – líquido con diclorometano y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM (PNUMA, 2008).
Matriz sedimentos		
Hidrocarburos aromáticos totales (µg/g)	0,07	Extracción soxhlet con diclorometano:acetona y cuantificación fluorométrica (UNEP et al., 1992; Garay et al., 2003).
Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni y Fe totales (µg/g)	Pb (4,0), Cd (0,5), Cr (6,4), Cu (1,9), Zn (4,3), Ni (2,0), Fe (0,2).	Digestión con ácido nítrico y ácido clorhídrico asistida por microondas (Método EPA 3052, 1996).
Hg (µg/g)	Hg (3,0)	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica (EPA, 2007).