

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ECOLÓGICA DE AGUAS COSTERAS EN
LA BAHÍA DE BUENAVENTURA COMO INSTRUMENTO DE ANÁLISIS
DE LOS APORTES CONTAMINANTES DEL RÍO DAGUA. MUNICIPIO DE
BUENAVENTURA-VALLE**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO
IIAP**



Tabla de contenido

1	OBJETIVOS.....	5
1.1	Objetivo general.....	5
1.2	Objetivos Específicos.....	5
2	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
2.1	UBICACION GEOGRAFICA.....	6
2.2	CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS Y AMBIENTALES.....	7
3	LÍNEA BASE ESTUDIOS PRELIMINARES DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN EL AREA DE ESTUDIO.....	8
4	METODOS.....	12
4.1	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	12
4.2	Métodos: Medición de variables, toma y análisis de muestras.....	13
4.3	Métodos: Estrategias de control de contaminación.....	16
5	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA Y EL RIO DAGUA.....	17
5.1	Resultados de las Variables fisicoquímicas y biológicas.....	17
5.2	ANALISIS ECOLOGICO DE LA BAHIA MEDIANTE EL USO DE ALGAS Y MACROINVERTEBRDOS.....	26
6	DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL DE CONTAMINANTES APORTADOS POR EL RIO DAGUA A LA BAHIA DE BUENAVENTURA.....	34
	CONCLUSIONES.....	43

Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución y localización de los puntos de muestreo

Tabla 2. Resultados analíticos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Tabla3. Composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica en la bahía

Tabla 4. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Dagua.

Lista de Figuras

Figura 1. A) Rio Dagua B, Bahia de Buenaventura

Figura 2. Muestreo de Macroinvertebrados a) ,b) Identificación taxonómica

Figura 3. Abundancia relativa de grupos fitoplanctónicos durante la marea alta y baja en tres estaciones de la bahía.

Figura 4. Diversidad de algas encontradas en la bahía: a. *Melosira*, b. *Cyclotella*, c. *Pleurosigma*,

d. *Skeletonema*, e. *Bacillaria*, f. *Pseudonitzschia*, g. *Dytilum*, h. *Chaetoceros*, i. *Amphiprora*, j. *Synedra* k. *Amphora*, l. *Ceratium*.

Figura 5. Macroinvertebrados encontrados en el rio Dagua A) Veliidae y B)Chironomidae

PRESENTACION

La mayor parte de los contaminantes introducidos a los ecosistemas marinos y costeros provienen de fuentes continentales, como producto de actividades que se desarrollan no solo en las poblaciones cercanas a costa, sino también en todas aquellas que se encuentran conectadas a estos ambientes a través de las fuentes hídricas. Dentro de dichos focos de contaminación se destacan los vertimientos líquidos y sólidos de asentamientos humanos, desechos de la industriales y pesqueros, vertimientos de residuos oleosos de la actividad marítima y dragados portuarios; cuya acumulación ocasiona alteraciones de la calidad fisicoquímica del agua y por ende afectaciones en el funcionamiento ecológico del medio acuático como ecosistema, a lo que se suman los impactos sobre la vida marina, los peligros para la salud humana, la pérdida de bienes y servicios relacionados con el desarrollo de actividades productivas como la pesca y el deterioro paisajístico entre otros, que resultan ser determinantes a nivel ambiental, socioeconómico y de conservación de la biodiversidad.

En este sentido, la bahía de Buenaventura, constituye no solo un verdadero estuario por la mezcla de agua marina y continental que llega principalmente a través de los ríos Dagua, Limones y Anchicayá, la cual se caracteriza por la presencia de ecosistemas de manglar, playas de arena y acantilados, sino también un ecosistema vulnerable por la gran cantidad de contaminantes que recibe a través de dichas fuentes hídricas, teniendo en cuenta que el área se encuentra expuesta de manera permanentemente a el aporte de materiales proveniente de distintas fuentes como la actividad portuaria, pesquera, minera y maderera realizada no solo de manera directa sobre la costa, sino también sobre sus corrientes hídricas afluentes, además de los residuos que genera la población de los asentamientos localizados en el área de influencia de todo el sistema hídrico que conforman, los cuales son principalmente desechos sólidos y aguas residuales generalmente sin tratamiento, que han ocasionado cambios a nivel físico en el litoral por la acumulación de sedimentos, en el agua por la alteración de sus condiciones fisicoquímicas y a nivel ecológico por el intercambio de nutrientes y el aporte de elementos tóxicos, que afectan la vida acuática.

Esta situación denota la necesidad de realizar estudios que permitan evaluar los aportes contaminantes que ingresan a la bahía de Buenaventura, a través de las principales fuentes hídricas urbanas como el río Dagua, así como determinar su alcance al interior de la zona costera y los impactos que se generan a nivel fisicoquímico y ecológico, en aras de generar información que permita tomar decisiones orientadas a diseñar estrategias de conservación de estos ecosistemas tan importantes a nivel hídrico, ecológico y socioeconómico, por sus particularidades ambientales que los convierte en hábitat único para grupos biológicos específicos, su importancia en la conexión ecológica y en la prestación de servicios económicos de los que depende la subsistencia de muchas comunidades de la región.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, el presente documento aborda la temática, partiendo de un análisis realizado como resultado de una caracterización fisicoquímica y biológica en la bahía de Buenaventura, lo cual permitió evaluar las variables que afectan la calidad del agua y la biota acuática, además de aportar información técnica sobre la calidad del agua en la zona de interconexión con el río Dagua, información que se empleó para diseñar y proponer estrategias de prevención, control y mitigación de contaminación de las aguas costeras y prever las herramientas necesarias para planificar campañas de concienciación de los residentes locales orientadas a reducir la contaminación del medio.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar la calidad fisicoquímica y ecológica de aguas costeras en la bahía de Buenaventura, como instrumento de análisis de los aportes contaminantes del río Dagua

1.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del agua a través del análisis de las variables fisicoquímicas en la bahía de Buenaventura y su intersección con el río Dagua.

- Determinar la calidad ecológica del sistema hídrico mediante la identificación y análisis de comunidades de algas y macroinvertebrados como indicadores
- Diseñar estrategias de mitigación y control de los contaminantes aportados por el río Dagua a la bahía de Buenaventura.

2 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

2.1 UBICACION GEOGRAFICA

La bahía de Buenaventura, está localizada entre los 77° 16' de longitud oeste y los 3° 56' de latitud norte, tiene 21 kilómetros de largo por 11 de ancho; su extensión aproximada es de 68.190 ha, con profundidades promedio de 25 a 30 m. Tiene una sola entrada conocida como La Bocana, que está formada por la punta Bazán al norte y la punta Soldado al sur, que están separadas entre sí por un estrecho de 1.582 m. Esta bahía, se encuentra en el interfluvio del San Juan y el Naya, dos de los ríos más caudalosos del mundo; esta característica de dinámica hidrológica, la ha convertido en el más importante puerto marítimo del país. A la bahía afluyen los ríos Dagua y Anchicayá; sus orillas son bajas y cubiertas de grandes extensiones de manglares. Muy cerca y al sur de la bahía de Buenaventura se encuentra la boca del Raposo, o golfo de Raposo. También están la isla de Santa Bárbara y el golfo de Tortugas, que debe su nombre a la abundancia de esta especie sobre sus playas de arena gris. (Golfos y Bahías de Colombia, 2002).

El Municipio de Buenaventura está situado dentro de la región del Chocó Biogeográfico, la cual cubre una superficie de 50.000 km² y va desde la división de aguas en la Cordillera Occidental hasta el Litoral y desde los límites con Panamá hasta la frontera con el Ecuador con 1.400 Km de costa. La posición geográfica de la cabecera municipal corresponde a las coordenadas 3° 53' latitud Norte, 77° 05' longitud Oeste y está situada aproximadamente a 7 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar). (POT Municipio de Buenaventura, 2001)

2.2 CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS Y AMBIENTALES

De acuerdo con la Clasificación internacional Industrial Uniforme (CIIU), históricamente el sector que ha liderado las exportaciones del distrito de Buenaventura es la pesca. En el caso de la pesca, la artesanal, aunque en algunos casos se comercializa en los mercados locales, es una actividad básicamente de sustento. La pesca industrial está a cargo de las grandes empresas, las cuales tienen como principal objetivo las exportaciones. Si bien, la actividad productiva que mayores recursos económicos le genera a Buenaventura es la portuaria, no es el único sustento para la mayoría de sus habitantes. La economía municipal genera recursos a través de las actividades agropecuarias, servicios, comercio, industria y turismo.

El Río Dagua, se encuentra en el municipio Dagua, engloba a tres municipios del departamento del Valle del Cauca: Cali, Dagua y Buenaventura. Nace aproximadamente a 2.200 m.s.n.m. entre heliconias, trinos y verduras, sobre el costado occidental de la Reserva Natural de los Farallones de Cali. La cuenca presenta una forma de triángulo equilátero y se divide fisiográficamente en Parte Alta y Parte Baja, regiones bien diferenciadas además, por sus características biofísicas y socio-económicas. La parte alta tiene una superficie de 140.121 has., distribuidas entre los municipios de Dagua, La Cumbre, Buenaventura, Restrepo, Vijes y Yotoco; la parte alta tiene un área de 86.351 has, equivalentes al 62% del área total distribuida en ocho subcuencas y cinco microcuencas. Corresponde a la parte baja un área de 53.771 has, equivalentes al 38% del área total, distribuida en doce (12) subcuencas y una (1) micro cuenca. (PBOT - Municipio de Dagua - Valle del Cauca 2001-2009),

Según el PBOT Municipio de Dagua - Valle del Cauca (2001-2009), la cuenca del Río Dagua es una zona en la que desafortunadamente, los desechos y las aguas residuales de beneficiaderos de café, porquerizas y viviendas están siendo depositados directamente y sin ningún tratamiento en los cauces y cuerpos de agua que componen la cuenca. De igual manera, el área urbana municipal descarga sus aguas residuales al río, así como los diferentes centros poblados localizados en su área de influencia. Por su parte la bahía se caracteriza por presentar aguas un

poco turbias en marea baja y poca profundidad y en marea alta aguas claras. Además, recibe muchos aportes de toda clase de residuos provenientes de los ríos y playas aledañas

3 LÍNEA BASE ESTUDIOS PRELIMINARES DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL USO DE MACROINVERTEBRADOS Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN EL AREA DE ESTUDIO

Diversos autores e instituciones locales y nacionales han realizado estudios para evaluar la calidad del agua de la bahía de Buenaventura través de variables fisicoquímicas y biológicas, las más recientes han sido realizadas por instituciones como la Corporación Autónoma Regional del Cauca (2010), DIMAR-CCCP (2007), Comité de Acción Ecológica, CAE, estudio de impacto ambiental del complejo portuario industrial de buenaventura S.A. (2006) y de la sede Regional Pacífico de la Universidad del Valle (2000), Peña (2003), INVEMAR (2004), y Rengifo et al (2012) entre otros.

En el 2010 la Corporación Autónoma Regional del Cauca, evaluó la calidad del agua en la Bahía de Buenaventura para su destinación a actividades de recreación mediante contacto primario y secundario y concluyó que la calidad del agua, en términos generales, para la mayoría de los sitios de monitoreo, ha mejorado y que basado en los análisis y los límites establecidos por la legislación tanto para coliformes totales como fecales, actualmente en el canal de acceso al puerto (a lo largo de la Bahía) el agua es no es apta para recreación mediante contacto primario (natación y buceo) a diferencia que para secundario, es decir, deportes náuticos y pesca, por el contrario, en los sitios cercanos al casco urbano del Municipio de Buenaventura, en la parte más interna de la bahía, el intercambio de agua es menor por acción de las mareas y se realiza descarga directa de los vertimientos domésticos del Municipio de Buenaventura al mar, por lo cual en esta zona, el agua no es apta para recreación mediante contacto primario ni secundario, las concentraciones de coliformes totales y fecales medidas evidencian polución fecal, presencia de excretas de animales de sangre caliente y, por ende, contaminación con organismos patógenos.

Por su parte, la DIMAR-CCCP (2007), realizó evaluación de la calidad del agua en la bahía de Buenaventura, con el fin de evaluar algunos parámetros fisicoquímicos indicadores de la calidad del agua de dichos ecosistemas. Los resultados indicaron que la alteración de la calidad fisicoquímica de las aguas en Buenaventura es de carácter puntual; como consecuencia del vertimiento de aguas residuales domésticas. Los nutrientes llegan a las bahías directamente del aporte terrestre, a través de ríos, escorrentías y vertimientos generados de las actividades antrópicas.

El Comité de Acción Ecológica, CAE, y de la sede Regional Pacífico de la Universidad del Valle en el (2000), realizaron un estudio preliminar buscando demostrar los grados de contaminación que se presentaban en la Bahía de Buenaventura, dentro de los resultados de esta investigación se encontró que en marea baja, la contaminación de las aguas frente al muelle turístico, supera 160 veces la norma de contacto primario para coliformes totales e igualmente supera 800 veces la misma norma para coliformes fecales. Cuando la marea sube, a pesar de que el agua ayuda a disolver los contaminantes, se superaron los límites para contacto primario mientras que para contacto secundario los niveles de contaminación se mantuvieron dentro de los límites permisibles. Se demostró además, que la mayor parte de las descargas de aguas residuales se efectúa de manera dispersa y fuera del alcantarillado, directamente a canales y esteros, mientras sólo el 28% se realiza a través de los tubos de alcantarillado. Esta carga finalmente se deposita en bajos y playones alrededor de la ciudad.

A nivel biológico Peña (2003), realizó un estudio sobre la dinámica espacial y temporal de la biomasa algal asociada a las raíces de mangle en la bahía de Buenaventura, costa pacífica de colombiana, estos resultados demostraron que existen diferencias espaciales y temporales de la biomasa total de las especies dominantes de la flora algológica asociada a las raíces de mangle en la bahía de Buenaventura. La proximidad a las mayores descargas de agua dulce (ríos Dagua y Anchicaya) y las crecientes actividades humanas en el principal puerto de la ciudad, podrían explicar las diferencias significativas de la biomasa algal a lo largo del estuario. Adicionalmente, la inundación de la marea también parece tener efectos directos en la distribución de la biomasa de las especies. El nivel de inundación mareal, expresado en el rango de la

marea de tipo semidiurno, sugiere ser otro factor que estaría influenciando la distribución espacial y vertical de la biomasa algal. En la costa Pacífica colombiana la marea varía entre tres a cuatro metros (Cantera y Blanco, 2001) y las algas epífitas están expuestas a la desecación por periodos de aproximadamente 3 a 4 horas debido a los ciclos de la emersión-inmersión generados por los ámbitos de marea. Durante la exposición, las macroalgas de la zona intermareal experimentan una variedad de condiciones medioambientales estresantes, como la alta intensidad de luz y desecamiento. Estas condiciones pueden afectar el metabolismo algal y la tasa de crecimiento (Karsten *et al.*, 1994; Peña *et al.*, 1999).

Según el informe técnico INVEMAR 2004, sobre el estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia, la influencia de las actividades terrestres en las condiciones de las aguas marinas y costeras, se han evidenciado principalmente por los vertimientos domésticos, ríos y tributarios caudalosos, así como también por las poblaciones costeras con actividades importantes como las portuarias o industriales. Los sitios donde constantemente se han observado dichas influencias son la Bahía de Cartagena, el Golfo de Urabá, el Golfo de Morrosquillo y el río Magdalena para el Caribe; los ríos Mira y San Juan, Bahía de Buenaventura, así como la población de Bahía Solano en el Pacífico. Aunque las relaciones causa efecto de las cargas de contaminantes sobre los organismos y poblaciones marinas se conocen poco, a nivel ecosistémico se evidencia su influencia en las condiciones ambientales en varios sectores de las costas colombianas y derivado de ello en sus recursos naturales, incidiendo por tanto, en la calidad de vida de la población en general y en mayor grado, en las comunidades que viven de una u otra forma del uso de tales recursos.

Sumado a lo anterior, se realizó una modificación del estudio de impacto ambiental del Complejo Portuario Industrial de Buenaventura S.A. (2006), donde se reportó que en cuanto a macroinvertebrados acuáticos, el neuston marino estuvo conformado principalmente por hemípteros que medran en la película superficial entre los que sobrepasan el género *halobates* de la familia Gerridae que son insectos pelágicos. El fitoplancton de las tres muestras analizadas, estuvo representado por las clases Bacillariophyceae, Dinophyceae y Cyanophyceae, siendo la primera de ellas la que presento mayor cantidad de géneros; mostrando

abundancias similares entre sí. Por otro parte el grupo de Diatomeas (Cianoficeas), son especies indicadoras de contaminación según Arboleda *et al* (1992), hace suponer que exista en la zona una influencia directa del hombre sobre estas comunidades, representada en un aumento de materia organica proveniente de desechos humanos.

Por otro lado, autores como Rengifo *et al* (2012), realizaron en dicha bahía un efecto de la asociación alga-bacteria *Bostrychia calliptera* (Rhodomelaceae) en el porcentaje de remoción de cromo en laboratorio. Los resultados permitieron observar una mayor eficiencia de la combinación Alga-Bacteria, respecto a la de Alga-antibiótico. Esto sugiere que las bacterias asociadas a la superficie de *B. calliptera* poseen participación en el proceso bioacumulativo del alga, dado que el porcentaje de reducción de cromo es mayor en la combinación Alga-bacteria (87% a 10mg/L) que en los sistemas libres de bacteria (Alga antibiótico 65.3% a 10mg/L).

En general, las zonas costeras mayormente impactadas en Colombia corresponden a los cuerpos de agua de Cartagena en el Caribe, y a la bahía de Buenaventura en el Pacífico. En estas áreas, la contaminación microbiológica es alta, como consecuencia de las descargas de aguas negras a través del alcantarillado sanitario, los emisarios de emergencia y los que se hacen en forma directa sin ningún tratamiento. Aunque los efectos que ejercen estas cargas de contaminantes sobre los organismos y poblaciones marinas se conocen poco, a nivel ecosistémico es necesario profundizar en el conocimiento de la problemática ambiental de esta bahía, que permita disponer de argumentos para el control y vigilancia de la calidad ambiental de sus ecosistemas marinos. Resulta importante profundizar en el conocimiento sobre el estado y características de ecosistemas tan importantes como son los estuarios y lagunas costeras, y parejo a ello formular e implementar estrategias para su protección y conservación. Deben organizarse redes que permitan el uso y manejo de la información ambiental que se tiene sobre la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros colombianos, para el manejo, supervisión y atención a los problemas sociales, económicos y culturales derivados del deterioro y desatención de los ecosistemas costeros y de los recursos naturales que les están asociados, acompañados del diseño e implementación de planes de prevención que coadyuven a la protección y conservación de los ecosistemas marinos colombianos.

4 METODOS

4.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de muestreo abarcó el río Dagua, la bahía de Buenaventura y la zona de intersección entre estos dos (Tabla 1) con la finalidad de analizar la calidad física y ecológica de la bahía y los aportes contaminantes que ingresan a través del río Dagua, sobre el cual están localizadas numerosas actividades antrópicas, portuarias, pesquera, minera y de extracción maderera.

la zona muestreada del río Dagua esta ubicada dentro de las coordenadas N 6°13'45.2" y W 77°23'55.9", se caracteriza por presentar vegetación, continua sobre las riberas, y áreas ocupadas por manglar. Sobre la zona se descargan gran cantidad de residuos sólidos y desechos líquidos, generando una sedimentación constante de sus aguas. Debido a que está influenciada por los cambios de marea, presenta una profundidad promedio de 40cm en marea baja y 4 metros en marea alta. En este, realizan actividades de transporte de madera y pesca (Figura 1A).

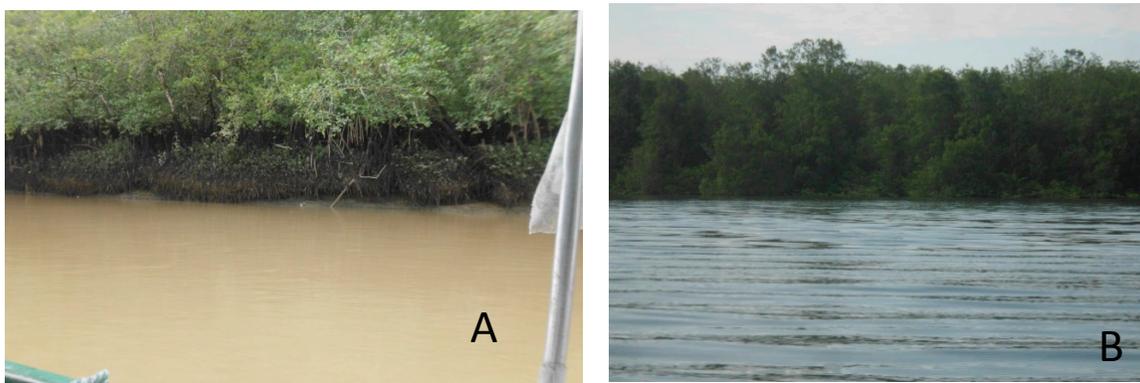


Figura 1. A) Rio Dagua B, Bahia de Buenaventura

Por su parte, la bahía de Buenaventura, está localizada entre los 77° 16' de longitud oeste y los 3° 56' de latitud norte, tiene 21 kilómetros de largo por 11 de ancho; su extensión aproximada es de 68.190 ha, con profundidades promedio de 25 a 30 m. Tiene una sola entrada conocida como La Bocana, que está formada por la punta Bazán al norte y la punta

Soldado al sur, que están separadas entre sí por un estrecho de 1.582 m. (Figura 1B).

Tabla 1. Distribución y localización de los puntos de muestreo

PUNTO	DESCRIPCIÓN	COORDENADAS
P1	A 100 metros antes de la intersección del río Dagua con la bahía de buenaventura	3°51'39.5"- 77°3'56.5"
P1A	A 1m de profundidad	3°51'39.5"- 77°3'56.5"
P2	Intersección rio Dagua + 100m	3°51'43.6"- 77°3'58.3"
P2B	A 1m de profundidad	3°51'43.6"- 77°3'58.3"
P3	Intersección río Dagua + 200m	3°51'48.4"- 77°4'0.02"
P3C	A 1m de profundidad	3°51'48.4"- 77°4'0.02"

4.2 Métodos: Medición de variables, toma y análisis de muestras

Para evaluar la calidad del agua en la bahía de Buenaventura, se seleccionaron seis puntos de muestreos, tres superficiales ubicados a 100 metros antes de la intersección del río Dagua con la bahía de buenaventura, a una distancia de 100 y 200 metros y tres puntos a 1m profundidad de cada uno. las evaluaciones fueron realizados en marea baja y alta, para dar respuesta al comportamiento de las variables en la dinámica de flujo. Para la selección se tomó en cuenta la accesibilidad de la zona y que el río se utilizara para las descargas de aguas servidas, agricultura y que abastecieran tanto a comunidades como a la industria en general. Las variables fisicoquímicas medidas *in situ* fueron: temperatura, Oxígeno disuelto (OD), pH, turbiedad, conductividad, nitrito, nitrato, solidos disueltos, solidos suspendidos, sulfatos, hierro, salinidad y fosfato, utilizando un Colorímetro portátil HACH 850 y un Multiparámetro YSI PROFESIONAL PLUS QUICK 1700/1725.

Para la extracción de las muestras destinadas al análisis microbiológico (grupo coliformes) y orgánicos (DBO₅, DQO y Grasas Y Aceites), se utilizaron frascos previamente esterilizados en el laboratorio de la Universidad del Valle. La toma de las muestras superficiales se realizó directamente, mientras que las de profundidad fueron extraídas con una botella muestreadora horizontal marca Wildco de 2.2 litros. Después de recolectar las muestras en campo, se conservaron en frío y se transportaron hasta el laboratorio de la Universidad del Valle, para su posterior análisis, tomando las precauciones necesarias para evitar una ulterior contaminación.

Para analizar el estado y la conservación del agua como ecosistema prioritario para el establecimiento de grupos biológicos en la Bahía de Buenaventura, se realizaron muestreos de la comunidad de algas y macroinvertebrados acuáticos. La colecta de algas se realizó en 3 puntos aleatorios, ubicados en la bahía, a una distancia de 100 m cada una, para la toma de muestras de algas se hicieron arrastres Superficiales, y Verticales con la ayuda de una botella muestreadora a un metro de profundidad, (Figura 2), a cada muestra se le agregó una solución de formol al 4%, las muestras allí fijadas se trasladaron al laboratorio, en el cual se realizó un proceso de centrifugación o concentración de la muestra, y se determinó su composición taxonómicas con la ayuda de un microscopio y claves especializadas, en el laboratorio de Limnología, de la universidad tecnológica del choco; Además, se midió la transparencia con la ayuda de un disco Secchi en cada uno de los puntos muestreados.



Figura 2. a) Arrastre superficial, b) Muestreo vertical, c) Medición disco Ssechi, d) Identificación taxonómica

Para el caso de los macroinvertebrados acuáticos, se realizaron colectas en el río Dagua, donde se trabajó en un tramo, correspondiente a la zona de desembocadura o intercepción con el mar donde se concentran todos los vertimientos o aportes descargados por las actividades antrópicas, se identificaron diferentes microhábitats como sedimento y vegetación ribereña; donde se aplicaron métodos dependiendo del tipo de sustrato, empleando cernidores, bandejas plásticas y pinzas (Figura 3)., Las muestras colectadas se ubicaron en una bandeja blanca y de allí, con la ayuda de pinzas, se depositaron en recipientes plásticos, los cuales fueron fijados con alcohol al 70%, para su posterior identificación. Los muestreos se efectuaron teniendo en cuenta el estado de la marea (alta y baja).



Figura 3. Muestreo de Macroinvertebrados a) ,b) Identificación taxonómica

La evaluación y análisis del estado y conservación del agua como ecosistema prioritario para el establecimiento de grupos biológicos en la Bahía de Buenaventura, se efectuó mediante el análisis de información

documental contenida en la línea base, la correlación de los valores obtenidos en campo y los procesados por el laboratorio con los estándares de calidad para la preservación de la fauna y la flora acuática y las observaciones realizadas en campo sobre el estado del agua, su dinámica de flujo y su interacción con componentes biológicos. El análisis permitió conocer el estado de salud de la fuente hídrica estudiada y posibles focos de contaminación.

4.3 Métodos: Estrategias de control de contaminación

Para la formulación de estrategias de control de contaminación de aguas en la bahía de Buenaventura se diseñaron fichas temáticas teniendo en cuenta las actividades que se llevan a cabo en la región y los impactos que generan. De igual manera las fichas buscan ser un referente para la gestión ambiental y de riesgos del municipio. Cada ficha contiene diez (10) aspectos que se describen a continuación:

- 1. Nombre de la actividad**, que se identifica mediante un código que hace referencia al nombre de la ficha
- 2. Objetivo de la actividad**, es decir, aquello que se persigue con la implementación de acciones ambientales.
- 3. Meta**. Describe cuál es el requisito detallado de desempeño, es cuantificable en la medida de lo posible y surge del objetivo.
- 4. Indicador de cumplimiento**, define cuáles son los parámetros para medir o calificar los resultados de las metas propuestas, en el periodo de evaluación.
- 5. Actividades o fenómenos que lo producen**, se escriben las actividades constructivas identificadas como susceptibles de producir los impactos que se van a manejar.
- 6. Impacto a manejar**, relaciona los impactos sobre los componentes ambientales más recurrentes.
- 7. Tipo de medida**, se señala si la medida a ejecutar es de control, preventiva, mitigación o corrección
- 8. Acciones a ejecutar**, expone recomendaciones de manejo que permiten mitigar y prevenir los posibles impactos. En este punto se citan fichas que pueden ser complementarias, utilizando para ello el código asignado.
- 9. Responsable de la gestión**, define los responsables de la gestión ambiental.

10. Registro de cumplimiento, Aquí se definen los documentos que evidencian el cumplimiento por parte del contratista de cada una de las acciones propuestas en la ficha.

5 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS EN LA BAHÍA DE BUENAVENTURA Y EL RIO DAGUA

5.1 Resultados de las Variables fisicoquímicas y biológicas

Como resultado de las mediciones de las variables fisicoquímicas se obtuvieron los datos presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados analíticos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

PUNTOS DE MUESTREO												
PARAMETROS	MAREA ALTA						MAREA BAJA					
	P1	P1A	P2	P2B	P3	P3C	P1	P1A	P2	P2B	P3	P3C
Caudal (l/S)	0.4	0.4	0.2	0.2	1.0	1.0	1.4	1.4	1.2	1.2	0.5	0.5
Temperatura (°C)	27.2	27.3	27.2	27.3	27.3	27.3	24.5	25.6	25.0	25.4	26.7	26.2
OD mg O ₂ /l	5.6	4.1	4.1	4.0	4.3	4.0	6.48	5.2	6.3	5.2	4.9	6.3
Ph	7.3	7.3	7.3	7.4	7.3	7.4	7.05	7.1	7.2	7.1	7.1	7.1
Conductividad μ S/Cm	26319	26283	26216	26244	26356	26000	147.7	148.4	207.0	204.5	51.9	30.66
Nitratos mg/l de NO ₃	114.34	118.62	118.4	116.2	118.5	113.2	19.4	2.64	2.2	2.4	23.8	13.5
TDS	16359.60	16373.50	16360.5	16354.0	16419.0	16191.5	94.9	94.5	133.9	131.9	32.760	1976.5
Salinidad mg/l de Cl	15.31	15.2	15.2	15.2	15.3	15.1	0.07	0.07	0.10	0.10	2.7	1.6
SS	12	12	12	16	0	0	142	129	112	112	62	88
Nitritos mg/l de NO ₂	0.038	0.036	0.020	0.026	0.008	0.037	0.264	0.262	0.213	0.212	0.129	0.156
Turbiedad NTU	10	11	17	19	0	0	124	120	102	103	60	78
Sulfatos mg/l de SO ₄	80	80	80	80	80	80	20	18	17	17	>80	>80
Fosfato mg/l PO ₄ -P	0.12	0.12	2.75	0.81	2.21	2.75	1.40	1.35	1.17	>2.751	0.72	0.79
Dureza mg/l							4.31	4.11	4.26	3.47		

como CaCO₃												
Hierro µg/l Fe	0.11	0.16	0.12	0.08	0.11	0.09	2.12	1.83	1.30	1.51	0.82	1.15
Cloro mg /l de Cl	0.06	0.12	0.05	0.05	0.01	0	0.74	0.65	0.58	0.66	0.35	0.47
DQO mg O₂/l	21.5	20.6	17.5	20.6	14.3	17.0	13.4	13.4	8.06	7.17	10.8	<6.6 9
Coliforme s Totales UFC/100 ml	64x10 ⁴	48 x10 ⁴	49 x10 ⁴	53 x10 ⁴	54 x10 ⁴	49x10 ⁴	34x10 ³	62x10 ⁴	33x10 ³	92x10 ³	47 x10 ³	32x10 ⁵
Coliforme s Fecales UFC/100 ml	41x10 ³	75 x10 ³	20 x10 ³	70 x10 ³	69x10 ³	44x10 ³	80x10 ²	42x10 ³	14 x10 ³	18x10 ³	13 x10 ³	18x10 ⁵
Grasas y Aceites mg/l	<8.24	8.24	10.0	1.9	9.22	14.8	<8.2 4	<8.2 4	<8.2 4	<8.2 4	<8.2 4	<8.2 4
Solidos Totales mg/l	21812	22277	2579 5	2986 3	2520 8	2358 2	275	292	325	516	191 2	2302

La temperatura promedio del agua en los puntos muestreados es de 26.42°C con mínima de 24.5 °C (Punto 1 en marea baja, Tabla 1). Las variaciones en los diferentes puntos pueden obedecer a cambio locales debido al calentamiento y evaporación y jornada de muestreo (mañana y tarde). Sin embargo, pese a los cambios observados los valores registrados indican aguas constantemente cálidas que no afectan el desarrollo de la vida acuática presente en la zona, por el contrario los valores obtenidos juega un papel importante en los procesos fisiológicos de los organismos acuáticos, tales como la respiración microbiana responsable en muchos de los procesos de auto-purificación en los cuerpos de agua superficiales (Boyd 1982).

La salinidad del agua mostró grandes variaciones entre los monitoreos realizados en marea alta y marea baja; presentando oscilaciones en dirección tanto horizontal como vertical, aun en un mismo punto, lo cual puede corresponder en primer lugar, a la temperatura ya que si es elevada provoca una evaporación intensa y por lo tanto un incremento de salinidad resultante de la concentración de sales; en segundo lugar, a los volúmenes de ingreso o aportes de agua dulce, que por dilución, disminuyen la salinidad. En este sentido, tanto la temperatura como el volumen de agua dulce, varían entre un estado de marea y otro, lo que justifica los resultados obtenidos. Se observaron valores ligeramente mayores en marea alta, oscilando entre 15.1 mg/l y 15.35 mg/l, lo que

obedece a que durante reflujo se incrementa la cantidad de agua salada que ingresa a la zona. En términos generales los valores obtenidos pueden considerarse como bajos si se tiene en cuenta que la salinidad promedio en el agua marina es de aproximadamente 35‰ Aguilar (1995).

En el área de muestreo la presencia de nitrógeno en forma de nitritos y nitratos puede interpretarse como indicativo de contaminación de origen industrial, agrícola y urbano. Las concentraciones de nitritos reportados en marea baja fueron altas (0.156 -0.264mg/l), lo cual indica que el agua está ligeramente contaminada con material orgánico, esto posiblemente por el gran número de vertidos industriales y urbanos de diferente naturaleza que el río recibe a lo largo de su curso hasta llegar a la bahía. Según Stumm y Morgan (1981), los valores de nitritos en aguas superficiales bien oxigenadas no pueden superar los 0.1 mg/l, pues valores entre 0.1 y 0.9 mg/l pueden presentar problemas de toxicidad, así como por encima de 1.0 mg/l son totalmente tóxicos y representan un impedimento para el desarrollo de la vida acuática y el establecimiento de un ecosistema hídrico en buenas condiciones (Prat *et al.*, 1996). Lo anterior denota cierto nivel de deterioro en las condiciones del medio acuático, generando una tendencia a la eutroficación como resultado del aporte de vertimientos orgánicos en grandes cantidades, lo que incrementa la concentración de nutrientes, que al alcanzar un nivel de saturación altera el funcionamiento de los procesos de fotosíntesis y respiración, afectando la sostenibilidad del sistema y limitando el desarrollo de diversidad de especies, que requieren de excelentes niveles de oxígeno para subsistir, elemento que se ve disminuido en dichas condiciones. Lo que sugiere la necesidad de implementar medidas de reducción de las cantidades de aportes orgánicos y nutrientes que llegan a la bahía a través del río Dagua y más un si se tiene en cuenta que las concentraciones de nitritos halladas son persistentes a +100m y +200m y a profundidad, es decir tienen un alcance considerable al interior del ecosistema costero, lo que constituye una amenaza para la conservación del mismo.

Los niveles máximos de nitratos en la bahía se hallaron en marea alta (113.2-118.62mg/), valores que se sitúan muy por encima de los valores máximos admisibles 50 mg/l, BOE (1994). Estas altas concentraciones pueden ser originadas por la actividad agrícola e industrial que se realiza en la zona y el aporte de compuestos orgánicos nitrogenados vertidos por

los diferentes núcleos urbanos localizados sobre de la cuenca. Según la EPA (2002), altas concentraciones de nitrato incrementan la actividad fotosintetizadora, aumentando las concentraciones de materia orgánica y como consecuencia generando condiciones de hipoxia, por la actividad de degradación bacteriana de esta materia orgánica, proceso conocido como eutrofización, corroborando la situación descrita para el caso de los nitritos, que indica una elevada disponibilidad de nutrientes en el agua de manera persistente tanto a nivel superficial como a profundidad, con picos de concentración localizados con mayor frecuencia en la zona de intersección río-bahía durante marea alta, mostrando claros efectos de los vertimientos antrópicos sobre la calidad de agua del sistema.

La concentración de fosfatos en el área muestreada en marea alta osciló entre 0.12-2.75mg/l y en marea baja entre 0.72- >2.751mg/l, indicando una cantidad considerable de aporte de compuestos orgánicos vertidos por los diferentes núcleos urbanos de la cuenca. Según lo reportado, los valores de fosfato en los sitios de monitoreo supera los 0,1 mg/l $\text{PO}_4\text{-P}$, lo cual según Sharpley *et al.* (2003), puede ocasionar el crecimiento de algas o de manera acumulativa puede llevar a la eutrofización del agua superficial, la cual promueve el enturbiamiento del agua, la reducción de la luz y de la cantidad de oxígeno disponible, por tanto las poblaciones de especies acuáticas más sensibles a estos cambios decrecen. Situación similar a la que ocurrió con otros nutrientes como nitratos y nitritos, que mostraron tendencia a eutrofización en el sistema.

De otro lado, aunque los sulfatos se encuentran naturalmente distribuidos en los ecosistemas hídricos y generalmente en aguas costeras presentan altas concentraciones debido a la gran cantidad de sales disueltas en el mar, sus concentraciones pueden aumentar por el efecto de la contaminación de origen urbano e industrial. Para el caso del área de estudio, este parámetro presentó sus mayores concentraciones durante marea alta con un valor constante de >80 mg /l de SO_4 ; sin embargo este valor se encuentra dentro del rango establecido por Chapman (1996), para aguas naturales que se encuentra entre 2 y 80 mg/L. Durante las horas de flujo las concentraciones oscilaron entre 17 y >80 mg /l indicando que los mayores aportes de este elemento son de origen marino.

El pH permaneció dentro del rango establecido por la norma colombiana para la Preservación y conservación de la vida acuática (6,5-8,5Minsalud, 1984), mostrando valores cercanos a la neutralidad con una tendencia ligeramente alcalina, lo cual sugiere que el ecosistema presenta una estabilización de un potencial de hidrógeno que resulta favorable para el desarrollo de los procesos biológicos vitales y la permanencia de las especies en su interior, ya que Boyd (1982) indica que aguas con valores de pH por debajo de 6.5 y por encima de 9 durante largos periodos pueden afectar el desarrollo y reproducción de los peces. En este sentido, cabe mencionar que pese a la considerable carga de nutrientes encontrada que generalmente tiende a bajar el pH, este se mantuvo con una tendencia neutro, lo que posiblemente estuvo relacionado con la naturaleza de estos sitios ricos en sales que pueden contribuir a su estabilización.

Aunque las aguas de los puntos muestreados en la bahía de Buenaventura, presentan buenas condiciones de oxigenación (valores superiores a 4.0 mg/L), se observó una variación en su comportamiento entre estaciones de muestreo y entre mareas, lo que demostró la influencia de las dinámicas antrópicas y mareales en su variación. El promedio para el oxígeno disuelto en marea baja alcanzó 5,7 mg/l y para marea alta fue de 5,7 mg/l, lo cual obedece a que variables como conductividad, sólidos disueltos, sólidos totales y nitratos presentaron sus mayores concentraciones durante esta última contribuyendo a disminuir el oxígeno disponible a través del proceso de oxidación de toda la cantidad de iones, materia orgánica y nutrientes presentes en el agua, los cuales son aportados por las actividades antrópicas desarrolladas en el área de influencia y durante marea alta sufren un aumento si se tiene en cuenta que la dinámica hídrica está en reflujó. De igual manera, cabe mencionar que las horas de muestreo (7:50 am y 12:40pm), también pudieron influir en los valores obtenidos ya que en horas tempranas la cantidad de oxígeno disuelto es menor que durante el mediodía, debido a la fuerte radiación solar y su efecto sobre la temperatura del agua y la función fotosintética de las algas.

El Hierro presentó valores entre (0.08- 0.16 mg/l) en marea alta y entre (0.82-2.12 mg/l) en marea baja, valores que superan el límite máximo permisible para la preservación de la flora y fauna en aguas marinas y

estuarios según lo establece la norma de calidad ambiental y descarga de efluentes: Recurso agua (0.3 mg/l), (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2002) ya que causa alteraciones en la turbiedad y en el color del agua, lo cual trae consigo la disminución de la productividad primaria, debido a que como consecuencia se reduce la producción de fitoplancton, primer eslabón de la cadena trófica básica. Además ocasiona que algunos peces y otros organismos vivos sufran asfixia por disminución del oxígeno disuelto. Las sales férricas, las únicas estables se mantienen en las aguas normalmente bien oxigenadas, se hidrolizan en cuanto el pH comienza a superar el valor de 6. En estos casos el hierro se elimina de la solución nutritiva y da lugar a precipitaciones en copos, lo que se llama normalmente herrumbre u óxido ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), hidrato férrico insoluble. Por el contrario, un agua muy ferruginosa, con pH elevado y muy oxigenada, corre el riesgo de producir en los peces una obstrucción de las branquias por la formación de partículas de óxido o herrumbre. Éstas se depositan directamente en el órgano respiratorio del pez causando una obstrucción del proceso respiratorio.

Los valores de conductividad oscilaron entre $26000\mu\text{s}/\text{cm}$ y $26356\mu\text{s}/\text{cm}$ durante marea alta y entre $30.6\mu\text{s}/\text{cm}$ y $207.0\mu\text{s}/\text{cm}$ para el caso de marea baja, observando que las mayores concentraciones ocurrieron en la primera, debido a que en ella el agua se encuentra en refluo de la bahía hacia el río, generando un incremento en la cantidad de agua de mar rica en minerales y sales, que junto con los aportes contaminantes producto de las actividades antrópicas que ingresan al sistema a través del río, alcanzan su máxima disponibilidad durante esta fase debido al choque de corrientes, ocasionando un gran aumento de la conductividad, la cual expresa la capacidad de conducir corriente a través de los iones disueltos. Cabe mencionar, que en ambos estados de marea, los valores más altos se concentran en la zona de intersección entre la bahía y el río Dagua, lo que permite analizar que los vertimientos antrópicos que este último aporta al ecosistema, contribuye notablemente al aumento de materiales disueltos en el agua que de manera acumulativa pueden interferir con procesos biológicos que alteran la sostenibilidad de la bahía como hábitat y/o ecosistema, situación que se corrobora al observar que parámetros como sólidos disueltos (TDS), materia orgánica (DQO) y nutrientes (nitratos, fosfatos, sulfatos) presentaron un comportamiento proporcional, cuyos aumentos ocurrieron también durante marea alta y persistieron aun en las estaciones a +100m y +200m, indicando su

alcance al interior de la bahía, lo que sugiere un requerimiento de control sobre la cantidad de residuos vertidos a las fuentes hídricas continentales como el Dagua, que finalmente los depositan en este tipo de ambientes de importancia socioeconómica y ecológica. Lo anterior teniendo en cuenta que dichos materiales son los responsables del aumento acelerado de nutrientes en el agua, su consecuente eutrofización y alteración de su productividad.

La turbiedad es un parámetro inverso a la transparencia y por tanto a la altura de la marea. Los valores de esta, oscilaron entre 0 y 19 NTU durante marea alta y entre 60 y 124 NTU para el caso de marea baja, donde a medida que aumenta la marea, los valores de turbidez disminuyen, aunque conservando una menor amplitud de variación, debido a que en marea alta la cantidad de sólidos suspendidos es menor. Caso contrario ocurre en marea baja, donde se da un incremento de la turbidez y los sólidos suspendidos, lo cual se asocia a la cercanía de la desembocadura del río Dagua, al estado de conservación del suelo en las cuencas de los tributarios y la presencia de residuos y sedimentos. Cabe mencionar, que turbiedades elevadas como las obtenidas en la zona de intersección entre el río y la bahía impiden la penetración de la luz solar perturbando el proceso de fotosíntesis, lo cual trae consigo la disminución de la productividad primaria, debido a que se reduce la producción de fitoplancton, el cual constituye el nivel base de la cadena trófica. Evidencia de la alteración ecológica de esta zona es la poca presencia de macroinvertebrados acuáticos, cuyos registros estuvieron restringidos a organismos tolerantes de elevados niveles de contaminación del medio. De ahí la importancia de controlar los vertimientos que reciben las fuentes hídricas continentales y por consiguiente de la calidad del agua que ingresa a la bahía a través de los ríos como Dagua, ya que no solo determina los procesos físicos y biológicos en su interior, sino que también tiene un efecto progresivo en la dinámica de los sistemas hídricos costeros a los que fluyen.

La carga microbiana (coliformes totales y fecales), arrojó valores que oscilaron entre 20×10^3 UFC/100ml y 70×10^3 UFC/100ml para marea alta y 13×10^3 UFC/100ml y 18×10^5 UFC/100ml para marea baja, valores que superan el límite establecido por la normatividad para uso directo e indirecto en actividades humanas o recreativas. Todos los puntos excedieron los 200 UFC/ml estipulados por MINISALUD (1984),

situación ocasionada principalmente por las continuas descargas de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, procedentes de zonas urbanas adyacentes, lo cual constituye un riesgo de salud pública, tanto para bañistas, como para el consumo de las especies hidrobiológicas que allí se desarrollan (INVEMAR, 2005). Por otra parte, las altas concentraciones de coliformes fecales en el agua, contribuyen al crecimiento de algas y malezas acuáticas, que favorece la reducción de los niveles de oxígeno causando la muerte de peces y otros organismos de la vida silvestre que dependen del oxígeno, así mismo contribuyen con el bloqueo del flujo continuo de agua afectando negativamente el desarrollo óptimo de las comunidades biológicas en su interior y la productividad del sistema. En general la fluctuación de estos valores se puede atribuir a las aguas de desecho doméstico descargadas al río Dagua, sin tratamiento previo, por tanto se debe considerar la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales que reduzca las concentraciones de materia orgánica a las corrientes y así mitigar afectaciones a la salud y a los ecosistemas acuáticos.

Según la clasificación establecida por Mejía & Rojas (2000), los valores de DQO reportados en los muestreos realizados en marea alta 14.3 - 21.5 mgO₂/l y marea baja <6.69 - 13.4 mgO₂/l, denotan agua superficial de calidad aceptable con indicios de contaminación principalmente de origen antropogénica, lo cual puede originar alteración de las redes que conforman las cadenas alimenticias en dichos ecosistemas, ocasionando que algunas especies pueden desaparecer, ser reemplazadas por otras o someterse a reducciones drásticas de sus poblaciones.

Por otro lado, las concentraciones de grasas y aceites variaron entre 1.9 mg/L y 14.8 mg/L, valores que superan el límite máximo permisible de descarga a cuerpos de agua marina para preservación de la flora y fauna (0.3 mg/l Minsalud, 1984), lo cual se atribuye al desarrollo de actividades antrópicas que involucran el manejo de combustibles, como la actividad portuaria, el transporte marítimo, a lo que se suma el aporte de aguas residuales domesticas con altas concentraciones de detergentes y aceites. En este sentido, la presencia de elevadas cantidades de grasas y aceites aumentan la concentración de materia orgánica en el agua e incrementan de la turbidez como resultado de su establecimiento sobre la superficie en forma de nata, lo cual dificulta el paso de la radiación solar, alterando el equilibrio de las comunidades de algas y otros grupos biológicos, por ello

se hace necesario no solo el tratamiento de los vertimientos domésticos e industriales, sino también el establecimiento de medidas de control de las actividades marítimas y portuarias, de tal manera que se manejen adecuadamente los recipientes de lubricantes o combustibles y se eviten sus derrames al sistema hídrico.

En conclusión las condiciones actuales no resultan totalmente restrictivas para el desarrollo de la vida acuática pues se mantienen concentraciones de pH y oxígeno disuelto dentro de los límites permisibles de la legislación colombiana y acordes con el tipo de ecosistema analizado; sin embargo los análisis permiten inferir que la bahía como fuente hídrica y como ecosistema se encuentra en peligro o amenazada en sus sostenibilidad, si se tiene en cuenta las concentraciones de nutrientes, sólidos, grasas y aceites y coliformes que ingresan por el río Dagua, como resultados de actividad portuaria y agrícola, la disposición de residuos sólidos, las aguas residuales domésticas y las descargas de ríos. Además, los resultados obtenidos permiten evidenciar que uno de los impactos más significativos en sus efectos sobre el medio, es ocasionado por el vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos domésticos e industriales, teniendo en cuenta la baja cobertura de sistemas de aseo, alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas servidas que se presenta en la zona, lo que genera que todas las descargas de los centros poblados sean realizadas sobre los ríos, los cuales finalmente las depositan en zonas costeras, lo que se ve agravado debido a sus caudales, elevadas frecuencias y a la diversidad de contaminantes que pueden transportar.

A pesar de que los cuerpos de agua salada tienen capacidad para autodepurarse, es decir deshacerse de forma natural de las bacterias y sustancias contaminantes, la descarga de aguas residuales es tanta, que el sistema defensivo de la bahía puede no ser suficiente, lo cual se evidencio en la persistencia encontrada en la concentraciones de los parámetros a diferentes distancias, lo cual implica que si no se toman medidas de prevención y mitigación a corto plazo que garanticen la recuperación de sus condiciones naturales se podrían originar cambios irreversibles en las mismas, ocasionando que algunas especies puedan desaparecer, ser reemplazadas por otras o someterse a reducciones drásticas de sus poblaciones, así como generar la pérdida de la gran cantidad de bienes y servicios asociados a estas áreas ambientalmente

estratégicas. Finalmente, los resultados dejan entrever que es necesario un mayor control para lograr reducir los impactos a futuro.

5.2 ANALISIS ECOLOGICO DE LA BAHIA MEDIANTE EL USO DE ALGAS Y MACROINVERTEBRADOS

La comunidad algal de la bahía estuvo conformada por un total de 1715 individuos, agrupados en 5 divisiones, 8 clases, 27 órdenes, 36 familias y 44 géneros. Las algas Bacillariophytas fueron las más representativas tanto en términos de diversidad como de abundancia con el 92,71% de los individuos y el 75 % de los géneros; le siguen las Dinophytas con el 6,06 % y las Chlorophytas y Cyanophytas ambas con el 0,58 % y las Euglenophytas con el 0,05% (Tabla 3). Al respecto, Gualancañay *et al.*, (2004) señalan a las Bacillariophytas como el grupo fitoplanctónico dominante en los ecosistemas de estuario, debido a la adaptabilidad que presentan en aguas turbulentas y de circulación propias de estos ecosistemas; que, unido a su elevada tasa de reproducción y respuesta al incremento de nutrientes, puede explicar la alta densidad de este grupo de algas en la bahía (Chu *et al.*, 2005); las cuales son importantes productores primarios de los ecosistemas acuáticos, que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, contribuyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica (Round *et al.*, 1990). Resultados similares han sido reportados para la ensenada de Utria por Peña y Pinilla (2002) y para el pacífico Colombiano por Ramírez *et al.*, (2006); Quienes reportan a las Bacillariophytas, como las algas con mayor abundancia y diversidad en las zonas estudiadas

Tabla3. Composición taxonómica de la comunidad fitoplanctónica en la bahía

DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESTACION 1		ESTACION 2		ESTACION 3		TOTAL
					Mare Alta	Mare Baja	Mare Alta	Mare Baja	Mare Alta	Mare Baja	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pleurosigmataceae	<i>Pleurosigma</i>	1	0	3	0	1	0	5
				<i>Girosigma</i>	0	0	2	1	0	0	3
			Naviculaceae	<i>Amphirora</i>	0	0	10	54	0	0	64
				<i>Navicula</i>	0	2	0	8	0	0	10
			Diploneidaceae	<i>Diploneis</i>	1	0	1	0	0	2	4
			Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i>	0	1	0	1	0	0	2
			Amphipleuraceae	<i>Amphipleura</i>	0	3	0	3	0	3	9
			Pleurosigmataceae	<i>Girosigma</i>	0	0	0	0	0	1	1
		Pennales	Nitzschiaceae	<i>Cylindrotheca</i>	0	0	11	0	0	0	11
			Gomphonemaceae	<i>Gomphonema</i>	0	0	1	3	0	0	4
		Cymbellales	Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	0	2	1	5	0	0	8
		Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Actinella</i>	0	0	0	1	0	0	1
				<i>Eunotia</i>	0	1	0	0	0	1	2
		Achnanthes	Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i>	0	1	2	20	0	2	25
		Thalassiosiphales	Catenulaceae	<i>Amphora</i>	0	0	0	0	0	2	2
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	0	1	3	21	0	1	26
				<i>Hantzschia</i>	0	0	2	20	0	1	23
				<i>Pseudonitzschia</i>	0	6	12	0	0	119	137
		Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	1	2	0	1	1	4	9
				<i>Stenopteroberia</i>	0	0	1	0	0	0	1
		Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Bacillaria</i>	14	28	25	42	0	88	197
		Tabellariales	Tabellariaceae	<i>Tabellaria</i>	1	0	27	0	15	0	43
		Fragilariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Asterionella</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Synedra</i>	20				24	4	2	0	44	94	
<i>Thalassiothrix</i>	8				0	6	0	13	0	27	

		s	ae								
	Coscinodiscophyceae	Thalassiosyrasales	Stephanodiscaceae	<i>Cyclotella</i>	25	0	99	0	82	19	225
			Skeletonemataceae	<i>Skeletonema</i>	63	0	123	2	52	21	261
		Coscinodiscales	Hemidiscaceae	<i>Actinocyclus</i>	0	0	62	0	0	0	62
			Coscinodiscaceae	<i>Coscinodiscus</i>	10	2	3	4	7	1	27
		Biddulphiales	Biddulphiaceae	<i>Biddulphia</i>	0	0	13	0	4	0	17
		Lithodermiales	Lithodermiaceae	<i>Ditylum</i>	0	0	23	0	8	0	31
		Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	14	1	130	1	21	2	169
		Chaetocerotales	Chaetocerotaceae	<i>Chaetoceros</i>	9	0	67	0	11	1	88
Chlorophyta	Zygnemataceae	Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	0	2	0	0	0	1	3
			Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i>	0	0	1	0	0	0	1
		Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium</i>	1	0	0	1	0	0	2
	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Bulbochaete</i>	1	1	0	0	0	0	2
				<i>Oedogonium</i>	0	2	0	0	0	0	2
Dinophyta	Dinophyceae	Gonyaulacales	Ceratiales	<i>Ceratium</i>	16	0	27	0	56	0	99
		Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Prorocentrum</i>	0	0	0	0	5	0	5
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	0	0	1	0	0	0	1
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	0	0	1	1	0	0	2
		Chroococcales	Spirulinaceae	<i>Spirulina</i>	0	0	2	4	0	1	7
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus</i>	0	0	0	0	1	0	1
TOTAL					185	79	664	196	277	314	1715

La mayor abundancia y diversidad de algas se presentó en la estación 2 durante el periodo de marea alta, con 664 individuos distribuidos en 4 divisiones, 7 clases, 19 órdenes, 29 familias y 30 géneros. Las Bacillariophytas sobresalieron por su abundancia en todas las estaciones y periodos de marea, con los géneros *Cyclotella* y *Skeletonema* como los de mayor densidad con el 15,21 y 13,11% respectivamente; otros géneros igualmente importantes fueron *Bacillaria* (11,49%), *Melosira* (9,85%), *Pseudonitzschia* (7,99%) y *Ceratium* (5,77%) (Figura 3 y Figura 4). Según Cajas *et al.*, (1998) los miembros del género *Skeletonema* son muy

representativos por su abundancia en ambientes estuarinos y tienen una gran importancia en la cadena trófica de estos sistemas (Jiménez, 1998).

A nivel de estaciones, la número dos registra la mayor abundancia de algas fitoplanctónicas con 860 individuos, seguida de la estación 3 con 591 y la 1 con 264 individuos. Típicamente, las máximas abundancias y biomásas se producen a salinidades intermedias a lo largo del gradiente de salinidad en las aguas estuarinas y costeras (Lohrenz *et al.*, 1999), lo que puede explicar la mayor abundancia y diversidad algal en la estación dos del estuario, correspondiente a la zona intermedia de transición entre el agua salada del mar y la dulce proveniente del río, lo que genera valores de salinidad intermedios en esta zona.

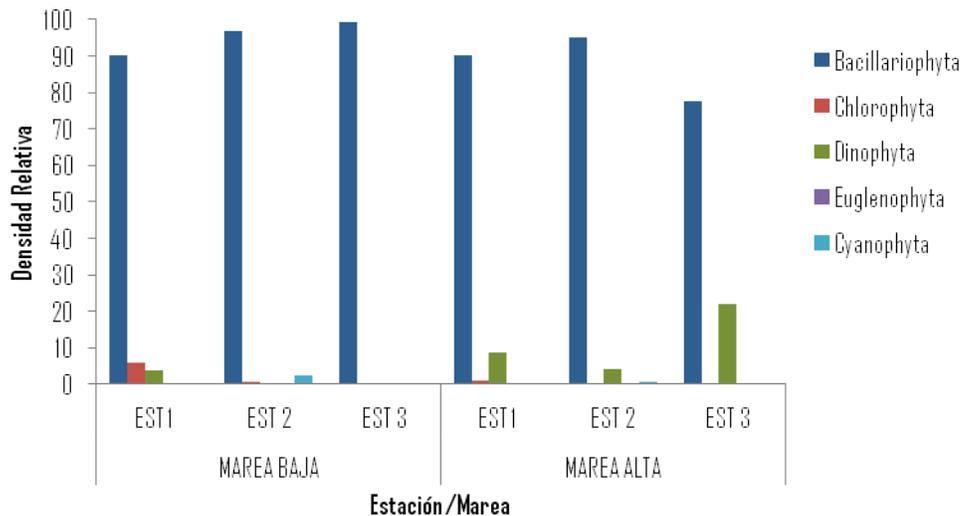


Figura 3. Abundancia relativa de grupos fitoplanctónicos durante la marea alta y baja en tres estaciones de la bahía.

Según Zhou *et al.*, (2012) una repuesta de la comunidad fitoplanctónica al aumento en las descargas de nutrientes es el incremento en la abundancia relativa del grupo de las Bacillariophytas; por lo que la alta densidad de este grupo, observada en todas las estaciones es un indicativo inequívoco del alto grado de eutroficación existente en la bahía como resultado directo de los aportes humanos a la misma. Lo que es confirmado con lo citado por Rodríguez & Lobo (2000), quienes afirman que los flujos de agua dulce y cargados en nutrientes principalmente nitrógeno, han sido relacionados con incrementos en el número de estas algas en estuarios.

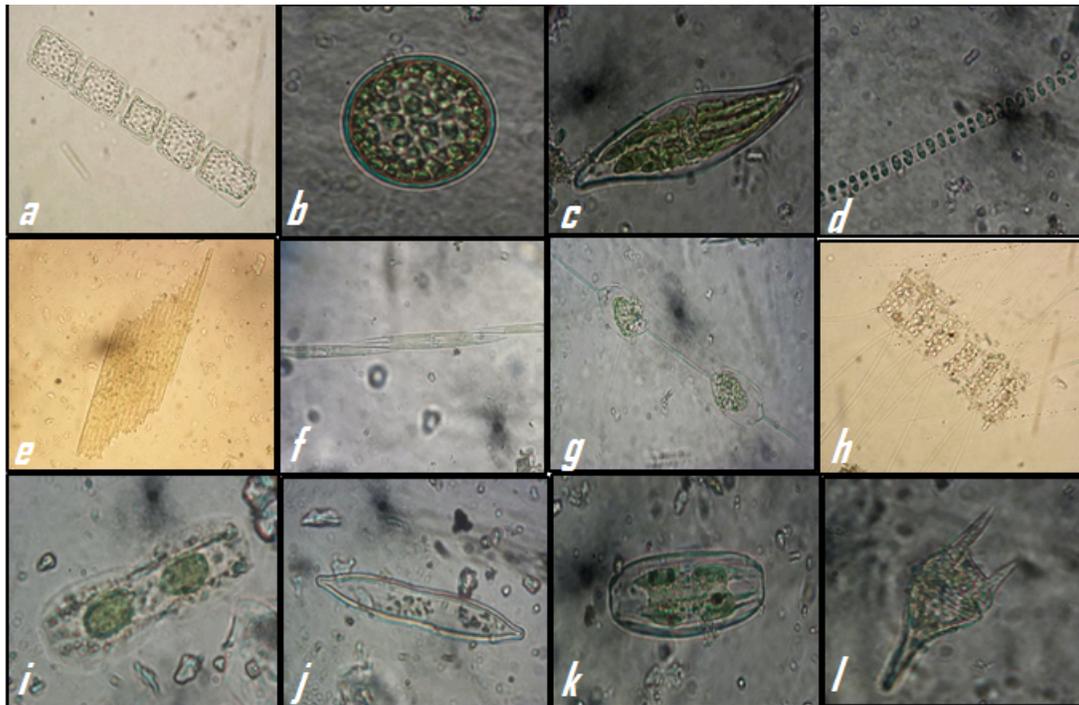


Figura 4. Diversidad de algas encontradas en la bahía: a. *Melosira*, b. *Cyclotella*, c. *Pleurosigma*, d. *Skeletonema*, e. *Bacillaria*, f. *Pseudonitzschia*, g. *Ditylum*, h. *Chaetoceros*, i. *Amphiprora*, j. *Synedra* k. *Amphora*, l. *Ceratium*.

5.1.2 ANALISIS DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

La comunidad de macroinvertebrados en el río Dagua, estuvo representada por tres órdenes, 4 familias y 4 géneros, para un total de 12 individuos (véase tabla 4). La clase crustácea fue la más representativa, esto como producto de la cercanía a la costa marina, seguido de los hemípteros y los dípteros en menor proporción. Estos datos concuerdan con autores como Karr, (1999), quien afirma que en condiciones de perturbación mínima, la permanencia, composición y densidad de macroinvertebrados acuáticos en un ecosistema es alta, lo que depende de los procesos naturales a los que su hábitat está sujeto. Sin embargo, en condiciones altamente perturbadas, tales como las que se originan a causa de acciones humanas, como la contaminación, dan lugar a la degradación del ecosistema, lo cual se refleja en una disminución de los valores de riqueza y abundancia; lo que se evidencio en la zona evaluada

del río Dagua. Esta situación se explica para el caso de este río, con la modificación total de su cauce para el desarrollo de algunas actividades (minería y tala de árboles), lo que genera remoción del sustrato y una alta sedimentación; y además, conlleva a una modificación directa de los diferentes hábitats y la reducción acelerada de la riqueza y la abundancia de especies de estos grupos.

Tabla 4. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Dagua.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	RIO DAGUA	
				N	GENERA L
Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	2	2
	Hemíptera	Veliidae	<i>Rhaguvelia</i>	4	4
Crustacea	Amphipoda	Bogidiellidae	<i>Megagidiella</i>	5	5
Oligochaeta		Naidiae	<i>Branchiura</i>	1	1
Total		3	4	4	12

El análisis de la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos en el río Dagua, muestra un estado de degradación elevado, lo que se corrobora con la presencia de taxones identificado y su abundancia que estuvo muy alejada de lo esperado para cause causes con similares características y sin alteración. En este sentido se encontró una ausencia de grupos taxonómicos como los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Plecóptera, que habitan en causes poco intervenidos; en contraste la composición mostro taxones tolerantes a la contaminación, las cuales se benefician de una elevada carga orgánica o niveles de nutrientes en las aguas , como en este caso el género *chironomus* y algunos oligoquetos. Autores como García 2010, ponen de manifiesto que la carga orgánica de las aguas determinan unas comunidades en términos de composición cuantitativa alejadas de un buen estado ecológico, favoreciendo a especies tolerantes a la contaminación, y además señala que el nivel de contaminación aun no debe de alcanzar un nivel limitante para diversos taxones sensibles a ciertas perturbaciones, o al menos permiten conservar cierta población de los mismos.

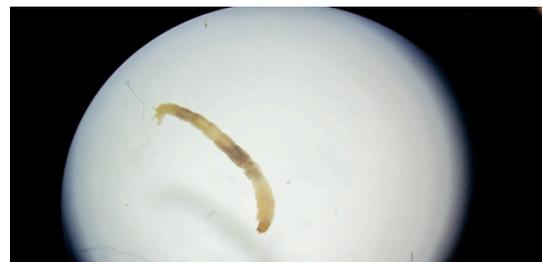


Figura 5. Macroinvertebrados encontrados en el río Dagua A) Veliidae y B) Chironomidae

Es importante resaltar que existe una evidente alteración de los parámetros ecológicos de este grupo, por lo tanto las funciones básicas de los ríos han sido alteradas en un alto porcentaje, por la actividad antrópica generada, disminuyendo de forma evidente la salud del mismo. En este sentido, estudios de los cambios que se producen en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos se ha mostrado como una herramienta eficaz para valorar perturbaciones causadas por la contaminación de materia orgánica, la eutrofización y otras actividades antrópicas; esta contaminación además, está afectando de forma directa la bahía como hábitat productivo para otros grupos biológicos, ya que recibe todos los aportes contaminantes del río Dagua y otros aledaños.

Cuando se presenta la contaminación de los cuerpos de agua como consecuencia de las actividades antrópicas, las redes tróficas que conforman las cadenas alimenticias en dichos ecosistemas, se alteran y algunas especies pueden desaparecer, ser reemplazadas por otras o someterse a reducciones drásticas de sus poblaciones. Los macroinvertebrados acuáticos, son organismos cuyo nicho y hábitat son temporales o permanentes en el agua, ya que su presencia, abundancia y distribución de estos organismos, es el resultado de las relaciones con las variables físicas y químicas del agua. En términos generales se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales.

6 DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL DE CONTAMINANTES APORTADOS POR EL RIO DAGUA A LA BAHIA DE BUENAVENTURA

Las fichas ambientales como estrategia de gestión integral de recurso hídrico formuladas obedecen a los diversos componentes ambientales físicos, bióticos y socioculturales que se verán afectados por el inadecuado uso del recurso hídrico.

Es importante anotar, que las medidas y controles recomendados están destinados a prevenir, mitigar y controlar el impacto y en su debido momento se evitará la afectación sobre los componentes ambientales y la comunidad, disminuyendo a su vez costos que pueden ocasionar las medidas de compensación cuando el efecto ambiental ya ha sido causado.

FICHAS DE IMPACTO AMBIENTAL

ESTRETEGIA 1. INFORMACION Y CAPACITACIÓN COMUNITARIA	
OBJETIVO	
Capacitar a la población en general y especial a la que habita sobre las márgenes de ríos y zonas costeras en el manejo integral del recurso hídrico	
METAS	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
Efectuar el 100% de las capacitaciones propuestas para cada periodo programado.	Número de capacitaciones ejecutadas / total de población afectada.
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR	
Prevención, Control y Mitigación	
ACCIONES A EJECUTAR	
<p>Las instituciones locales deberán adelantar talleres de capacitación orientada a concientizar a la población en general y especial a la que habita sobre las márgenes de ríos y zonas costeras en el manejo integral del recurso hídrico, recursos naturales y la importancia de conservar las fuentes hídricas dentro de los estándares de calidad exigidos por la norma. La temática seleccionada se esgrime a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Manejo ambiental de los recursos naturales<ul style="list-style-type: none">- Medio ambiente y sostenibilidad- El impacto ambiental- Amenazas naturales y antrópicas2. Conceptualización3. La prevención de contaminación<ul style="list-style-type: none">- Manejo de residuos solidos- Manejo de residuos Líquidos- La planeación del desarrollo4. Legislación ambiental	
RESPONSABLE	
Alcaldía Municipal, Autoridad Ambiental de la Zona	
REGISTRO DE CUMPLIMIENTO	
<ul style="list-style-type: none">• Registro fotográfico• Diligenciamiento de formato de asistencia a capacitaciones	

ESTRATEGIA 2. MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS

OBJETIVO

- Establecer los procedimientos, procesos y actividades para el Manejo Integral de los residuos sólidos que se puedan generar en el desarrollo de las actividades diarias de las comunidades.

META

INDICADOR DE CUMPLIMIENTO

- Número de actividades ejecutadas/ Número de actividades programadas en el mes x 100.
- Separar en la fuente el 100% de los residuos generados
- Ausencia de residuos dispersos en Zonas afectadas por desastres/ Ausencia de reclamos por parte de las autoridades y pobladores locales. Ausencia de potenciales vectores de enfermedades.

- Número de actividades ejecutadas/ Número de actividades programadas en el mes x 100
- Volumen de Residuos Sólidos separados / volumen de residuos generados.
- Ausencia de residuos dispersos en el frente de obra / Ausencia de reclamos por parte de las autoridades y pobladores locales. Ausencia de potenciales vectores de enfermedades.

ACTIVIDADES QUE LOS PRODUCEN

IMPACTOS A MANEJAR

- Funcionamiento de infraestructuras (viviendas e industrias).

- Alteración en la calidad del agua.
- Alteración en la calidad del aire.
- Cambio en uso del suelo.
- Calidad física del suelo.
- Afectación cobertura vegetal.
- Conflictos con comunidades.
- Alteración en la calidad del paisaje.
- Afectación salud poblacional.

TIPO DE MEDIDAS A EJECUTAR

Prevención, Control, Mitigación y Corrección

ACCIONES A EJECUTAR

Un buen porcentaje de la población nacional vive en las zonas costeras y las personas allí asentadas derivan su sustento del uso y

aprovechamiento, no siempre adecuado, de los recursos naturales que ofrecen nuestras costas y mares.

La complejidad del medio físico, constituye una severa limitación para la ejecución de las actividades básicas del manejo de residuos sólidos, tales como recolección y disposición de residuos, entre otras razones, por la insuficiencia y discontinuidad vial que impide el acceso a la zonas, así como limitaciones de terrenos estables.

El panorama descrito, sin duda representa una condición de alta complejidad urbana que limita la prestación de servicios rurales indispensables para asegurar la salud y bienestar de las comunidades del sector, entre ellos el servicio de aseo urbano. Reconociendo esta situación, esta ficha busca contribuir a reducir la cantidad de residuos que llegan a los ríos y con ellos al mar, así mismo se promoverá desarrollar e instrumentar formas de participación comunitaria.

En este caso la ficha plantea estrategias tendientes a clasificación, almacenamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos:

CLASIFICACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Los residuos sólidos ordinarios son aquellos que por su naturaleza y composición no presentan riesgo para la salud humana o el medio ambiente y son generados en viviendas o cualquier área similar a ella.

Sin embargo, para un adecuado manejo de estos residuos, se deberá:

- Clasificarlos desde la misma fuente de producción, con el fin de lograr su máximo aprovechamiento y disminuir el volumen a disponer. Para la clasificación se recomienda separarlos como:
 - **Tipo 1 (Reciclable y/o Reutilizable):** cartón, material de vidrio, latas y papel.
 - **Tipo 2 (Orgánicos):** Sobrantes de comida y en general todos los sobrantes orgánicos que pueden ser transformados en suelo orgánico a través del compost.
- Almacenar los residuos generados por tipo en recipientes plásticos reutilizables combinados con bolsas plásticas desechables. Debido a las condiciones climáticas de la zona las canecas deberán permanecer tapadas y se deberán lavar periódicamente para evitar emanación de olores y aparición de vectores.

APROVECHAMIENTO

Se formularan acciones que reduzcan la cantidad de residuos que son dispuestos en las corrientes hídricas o el suelo. Para esto se plantean alternativas de tratamiento tendientes al aprovechamiento de los residuos en actividades que reporten beneficios sanitarios, sociales y económicos a la comunidad. Las posibles opciones que se estudiarían para manejo y aprovechamiento de residuos serian:

- Tratamiento orgánico mediante compostaje para la producción de humus, como abono orgánico para mejorar los suelos y la calidad de los productos orgánicos. Esta alternativa es muy amigable con el ambiente, ya que reduciría el uso de fertilizantes químicos.
- Tratamiento inorgánico mediante el segregado y clasificado para su reaprovechamiento como insumo o materia prima y su comercialización a centros de reciclado, mediante el establecimiento de estaciones de transferencia en zonas periféricas para evitar que la población vierta en los ríos

Esta actividad serviría de apoyo a entidades u organizaciones dedicadas al aprovechamiento de los residuos sólidos. Sin embargo para esta actividad hay que tener en cuenta la cantidad de residuos reciclables producidos y el costo-beneficio.

CONSTRUCCIÓN O ADECUACIÓN DE CELDAS DE SEGURIDAD

De no ser viable las dos alternativas anteriormente planteadas, se podría pensar en la construcción o adecuación de celdas de seguridad manual, diseñada bajo normas técnicas según lo establece la normatividad ambiental vigente. Sin embargo para la construcción de las mismas se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- El área que abarca el botadero
- Selección del sitio (Autoridades locales y ambientales)
- Morfología y geología de la zona
- El tipo de suelo
- Condiciones climatologicas
- La profundidad del agua subterránea y la distancia a fuentes de agua superficial
- La distancia de la población y la disponibilidad de vías de acceso
- La cantidad y el tipo de residuo dispuesto en el lugar

RESPONSABLES

Alcaldía Municipal, Comunidad

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Registro fotográfico.

- Resolución aprobatoria del sitio de disposición emitido por la Autoridad Ambiental
- Formato de control, para el manejo de residuos sólidos.
- Canecas o infraestructura para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos.

ESTRETEGIA 3. MANEJO Y PROTECCIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	
OBJETIVOS	
<ul style="list-style-type: none"> • Prevenir la contaminación de las corrientes hídricas de tal manera que prevenga, minimice y/o controle los impactos que se producen sobre el recurso hídrico por el desarrollo de actividades antrópicas. • Minimizar el deterioro de los cauces 	
METAS	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar el 100% de las medidas previstas en este programa. • Mantener los estándares de calidad del agua dentro de los parámetros permisibles de la norma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de actividades ejecutadas/ Número de actividades programadas en el mes x 100. • Valor parámetros evaluados =valor parámetros permisibles según norma
ACTIVIDADES QUE LOS PRODUCEN	IMPACTOS A MANEJAR
<ul style="list-style-type: none"> • Vertimiento de residuos líquidos y sólidos a las corrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación cuerpos de agua • Afectación fauna acuática • Afectación comunidades bentónicas • Conflictos con comunidades. • Afectación salud poblacional
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR	
Control, Prevención, Mitigación y Corrección	
ACCIONES A EJECUTAR	
<p>La mayor parte de los contaminantes introducidos al mar provienen de fuentes terrestres, producto de actividades que se desarrollan cerca de la costa, lo cual puede originar efectos nocivos tales como, daños a los recursos vivos y a la vida marina, peligros para la salud humana, obstaculización de las actividades marítimas (pesca), deterioro de la calidad del agua del mar para su utilización y deterioro paisajístico. Por lo anterior a continuación se algunas medidas preventivas para evitar la afectación de las fuentes hídrica:</p>	

- Manejar los residuos sólidos con base en los lineamientos trazados en la ficha **Manejo Integral de Residuos Sólidos**.
- Capacitar adecuadamente a la población para la correcta gestión del recurso hídrico.
- No se deberá disponer en las corrientes hídricas ni en sus rondas de algún tipo de residuo líquido y/o sólido.
- No se deberán verter las aguas de baterías sanitarias de forma directa a ríos siendo necesario la instalación de un sistema de tratamiento para tal fin.
- De presentarse derrames accidentales de combustibles o aceites, se deberán adoptar acciones inmediatas tendientes a la reparación y limpieza del área afectada utilizando barreras mecánicas o físicas. Las acciones deben ser efectuadas con tres objetivos principales:
 - Cercar el derrame en un lugar determinado.
 - Mantener el derrame alejado de un área crítica o de sensibilidad ambiental.
 - Dirigir el derrame hacia un punto determinada
- Formular el Plan de saneamiento y manejo de Vertimiento municipal, como herramienta para disminuir la contaminación de las corrientes hídricas.

RESPONSABLES

Municipio, comunidad

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Registro fotográfico y/o fílmico.
- Resultados análisis de calidad de agua.

ESTRATEGIA 5. MANEJO DE RESIDUOS LIQUIDOS

OBJETIVO

- Establecer estrategias para el manejo ambiental de los residuos líquidos generados en el área
- Implementar las estrategias de manejo y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales de tal forma que permitan la disposición previa comprobación de la calidad.

METAS

- Ejecutar el 100% de las medidas previstas en este programa.
- Alcanzar 100% los parámetros de calidad mínimos esperados en las

INDICADOR DE CUMPLIMIENTO

- Número de actividades ejecutadas/ Número de actividades programadas en el mes x 100.

normas de vertimiento, previa a la disposición.	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen descargado/ Numero de parámetros evaluados
ACTIVIDADES QUE LA PRODUCEN	IMPACTOS A MANEJAR
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de residuos líquidos • Gestión de residuos solidos • Funcionamiento de las viviendas • Funcionamiento de las industrias • 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación cuerpos de agua • Afectación fauna acuática • Afectación comunidades bentónicas • Conflictos con comunidades. • Afectación salud poblacional • Alteración de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea
TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR	
Control, Prevención, Mitigación	
ACCIONES A EJECUTAR	
<p>Para el manejo de aguas residuales se deben seguir todos los lineamientos y parámetros de diseños establecidos en la normatividad ambiental vigente para poder verter las aguas residuales a un cuerpo de agua y se deberá contar con la autorización de la autoridad ambiental competente (Permiso de vertimiento).</p> <p>A continuación se describen algunas medidas a considerar para prevenir y mitigar los impactos ocasionados y de esta manera asegurar la conservación de las fuentes hídricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • separar las aguas residuales dependiendo de la fuente de donde provengan y disponerlos en los sitios adecuados cumpliendo las normas sobre vertimientos establecidas (Decreto 1594/84) o las disposiciones locales emitidas por las autoridades ambientales competentes. • Se prohibido el vertimiento de aguas residuales domésticas a las calles o sistemas de drenaje pluvial de las zonas urbanas o fuentes superficiales. • Las aguas generadas en procesos industriales deberán ser tratadas convenientemente antes de su descarga a una fuente superficial. • Disponer de los residuos retirados grasas, aceites, en sitios avalados por la entidad ambiental competente • Realizar monitoreo a la calidad del agua residual trimestral o según lo 	

establecido por la autoridad ambiental competente dentro de los permisos de vertimientos.

- Se prohíbe el vertimiento de aceites y grasa a fuentes hídricas o canales de aguas lluvias
- De presentarse derrames accidentales de combustibles o aceites, se deberá adoptar acciones inmediatas tendientes a la reparación y limpieza del área afectada utilizando barreras mecánicas o físicas. Las acciones deben ser efectuadas con tres objetivos principales:
 - Cercar el derrame en un lugar determinado.
 - Mantener el derrame alejado de un área crítica o de sensibilidad ambiental.
 - Dirigir el derrame hacia un punto determinado.
- Las grasas extraídas del sistema deben ser almacenadas en recipientes herméticos y dispuestos en sitios autorizados por la autoridad ambiental de la zona o entregadas a empresas especializadas en manejo de residuos especiales que tenga permiso ambiental vigente.

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Registro fotográfico y/o fílmico.
- Resultados análisis de calidad de agua.

CONCLUSIONES

La bahía de Buenaventura, constituye un verdadero estuario por la mezcla de agua marina y continental que llega principalmente a través de los ríos Dagua, Limones y Anchicayá, la cual se caracteriza por la presencia de ecosistemas de manglar, playas de arena y acantilados. Sin embargo, estos ecosistemas son expuestos permanentemente a la contaminación proveniente de distintas fuentes como son la actividad portuaria, actividad pesquera, minera y maderera y los residuos que genera la población del casco urbano, especialmente desperdicios orgánicos y aguas residuales, ocasionando cambios en el litoral (sedimentos) y ecosistemas (nutrientes y elementos tóxicos).

Las condiciones actuales no resultan totalmente restrictivas para el desarrollo de la vida acuática pues, se mantienen concentraciones de pH y oxígeno disuelto dentro de los límites permisibles de la legislación colombiana y acordes con el tipo de ecosistema analizado; sin embargo los análisis permiten inferir que la bahía como fuente hídrica y como ecosistema se encuentra en peligro o amenazada en sus sostenibilidad, si se tiene en cuenta las concentraciones de nutrientes, sólidos, grasas y aceites y coliformes que ingresan por el río Dagua, como resultados de actividad portuaria y agrícola, la disposición de residuos sólidos, las aguas residuales domésticas y las descargas de ríos. Por otro lado, los resultados obtenidos permiten evidenciar que uno de los impactos más significativos en sus efectos sobre el medio, es ocasionado por el vertimiento de aguas residuales y residuos sólidos domésticos e industriales, teniendo en cuenta la baja cobertura de sistemas de aseo, alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas servidas que se presenta en la zona, lo que genera que todas las descargas de los centros poblados sean realizadas sobre los ríos, los cuales finalmente las depositan en zonas costeras, lo que se ve agravado debido a sus caudales, elevadas frecuencias, a la diversidad de contaminantes que pueden transportar, a su persistencia y los procesos acumulativos que se dan al interior de los ecosistemas.

A pesar de que los cuerpos de agua salada tienen capacidad para autodepurarse, es decir deshacerse de forma natural de las bacterias y sustancias contaminantes, la descarga de aguas residuales es tanta, que el sistema defensivo de la bahía puede no ser suficiente, lo cual se

evidencio en la persistencia encontrada en la concentraciones de los parámetros a diferentes distancias, lo cual implica que si no se toman medidas de prevención y mitigación a corto plazo que garanticen la recuperación de sus condiciones naturales se podrían originar cambios irreversibles en las mismas, ocasionando que algunas especies puedan desaparecer, ser reemplazadas por otras o someterse a reducciones drásticas de sus poblaciones.

El diagnóstico ecológico de la bahía, muestra un ecosistema con una alta densidad y diversidad algal, con el grupo de las Bacillariophytas como el más representativo; del que se destacan los géneros *Skeletonema* y *Cyclotella*. La abundancia de este grupo de algas, demuestra el proceso de eutroficación en el que se encuentra el sistema, como resultado de los aportes de origen orgánico que prevalece en la bahía, los cuales favorecen la proliferación de las Bacillariophytas. En este sentido, la estructura de la comunidad de algas permite catalogar a la bahía como un sistema con un alto grado de eutroficación, así como la comunidad de Macroinvertebrados acuáticos presentes en el río Dagua, fomentados por los altos valores de contaminación que presenta la bahía.

Por último es importante resaltar la sensibilidad de estos grupos (Algas y Macroinvertebrados) a los cambios en su ambiente y que su respuesta a las modificaciones del medio es altamente evidente . Se recomienda tener en cuenta a la hora de evaluar la calidad de agua de ecosistemas similares, estos dos grupos como indicadores, sin embargo los resultados de esta investigación nos permiten contribuir de forma directa proponiendo incluir monitoreos periódicos en los análisis de calidad biológica y fisicoquímico para el entendimiento del funcionamiento de estos ecosistemas.

La alcaldía Municipal con el apoyo de la autoridad ambiental de la zona, debe tomar medidas tendientes a mantener una visión de manejo integral del recurso hídrico que permita la protección del recurso en condiciones tales que no afecten la salud pública y otros aspectos ambientales.

Las fichas ambientales como estrategias de gestión integral del recurso hídrico, proporcionan información que permite reducir, mitigar y prevenir los impactos ambientales y sociales originados por el inadecuado manejo del componente físico agua, disminuyendo a su vez

costos que pueden ocasionar las medidas de compensación cuando el efecto ambiental ya ha sido causado.

RECOMENDACIONES

A continuación se detallan algunas acciones a implementar a corto y mediano plazo por los usuarios del recurso hídrico e instituciones locales para alcanzar su manejo integral.

Corto plazo

1. Realizar campañas de educación y sensibilización en torno al agua y al manejo de residuos.
2. Formular el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado con el objeto de priorizar y actualizar las actividades tendientes a la implementación del PSMV.
3. Los prestadores de servicio deberán comenzar la ejecución de las acciones definidas en sus planes de saneamiento y manejo de vertimientos.
4. Realizar seguimiento y control a usuarios generadores de vertimientos que posean el permiso de vertimiento o plan de cumplimiento
5. Seguimiento y optimización de los respectivos sistemas de tratamiento a fin de disminuir en el tiempo el aporte de carga contaminante vertida
6. Realizar actividades tendientes a la disminución de los sitios o puntos de vertimiento.
7. Las actividades que se realicen dentro o en inmediaciones de las fuentes hídricas deberán contar con un sistema de tratamiento a fin de disminuir la descarga de vertimientos.

Mediano plazo

1. Aumentar la cobertura de alcantarillado en los cascos urbanos.
2. Disminuir los puntos de vertimientos
3. Continuación de los procesos de educación y sensibilización

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BOYD, C. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier. New York, EEUU. 318 pp.

Chapman, W.J. Merline, B. Bierhaus, S. Brooks, J. Keller 1996. Cratering on Europa: preliminary insights from Galileo (extended abstract). Europa Ocean Conference, San Juan Capistrano CA, Nov. 12-14, abstract book p. 19.

Chu, G., J. Liu, G. Schettler, J. Li, Q. Sun, Z. Gu, H. Lu, Q. Liu & T. Liu. 2005. Sediment Fluxes and Varve Formation in Sihailongwan, a Mar Lake From Northeastern China. *Journal of Paleolimnology*. 34 : 311-324 pp.

Efraín Otero Álvarez, Lina Mosquera Aguirre, Gerardo Silva Castro, Julio César Guzmán Victoria. «Bahía de Buenaventura». *Golfos y bahías de Colombia*. Bogotá: Banco de Occidente. ISBN 978-958-95504-2-7. Consultado el 24 de diciembre de 2012.

FLINT R, POWELL G, KALKE R. Ecological effects from the balance between new and recycled nitrogen in Texas coastal waters. *Estuaries*. 1986;(9):284-294.

García, B. T. Estudio integral del estado ecológico de la cuenca del río Lagares.

KARR, J. R. (1999). Defining and measuring river health. *Freshwater Biology*.

Lohrenz, S.E., Fahnenstiel, G.L., Redalje, D.G., Lang, G.A., Dagg, M.J., Whitedge, T.E., Dortch, Q., 1999. Nutrients, irradiance, and mixing as factors regulating primary production in coastal water impacted by the Mississippi River plume. *Continental Shelf Research*, 19, 1113–1141.

INVEMAR. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Diagnóstico nacional y regional. Santa Marta; 2005.

Libros de la Colección Ecológica del Banco de Occidente: Golfos y Bahías de Colombia 2002

Ministerio de Agricultura, decreto 1494 del 84

Peña, V. & G.A. Pinilla. 2002. Composición, distribución y abundancia de la comunidad fitoplanctónica de la ensenada de Utría, Pacífico colombiano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 37 (1): 67 – 81.

Plan Básico de Ordenamiento Territorial - Municipio de Dagua - Valle del Cauca 2001-2009,

Plan de Ordenamiento Territorial - Municipio de Buenaventura - Valle del Cauca 2001.

Ramírez, D.G., A. Giraldo & J. Tovar. 2006. Producción primaria, biomasa y composición taxonómica del fitoplancton costero y oceánico en el Pacífico colombiano (septiembre-octubre 2004). *Invest. Mar., Valparaíso*, 34(2): 211-216.

RECAM 2011,2010, 2009, 2008. Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marino en el caribe y pacifico colombiano

Rodríguez, L.M. & Lobo, E.A. 2000. Analise da estrutura de comunidades de diatomáceas epiliticas no Arroio Sampaio, Municipio de Mato Leitaó, RS, Brasil. *Caderno de Pesquisa Seie Botanica, Santa Cruz do sul*, 12: 5 -27.

Stumm W & Morgan J J. Aquatic chemistiy: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters. New York: Wiley-Interscience, 1970. 583 p.

Sharpley, A.N., Daniel, T., Sims,T., Lemunyon,J., Stevens,R. and Parry,R.(2003): Agricultural phosphorus and eutrophication Second Edition. USDA Agricultural Research Sercice, ARS-149, 38p.

Zhou, W., K. Yin, A. Long, H. Huang, L. Huang & D. Zhu. 2012. Spatial-temporal variability of total and size-fractionated phytoplankton biomass in the Yangtze River Estuary and adjacent East China Sea coastal waters, China. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 15:2, 200-209.