

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE  
CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS LITORALES DE  
PLAYA COLORADA, BAHÍA DRAKE, PENÍNSULA DE  
OSA, COSTA RICA**

**Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa  
de Estudios de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas  
Costeras Tropicales para optar al grado de Magister Scientiae  
en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales**

**JEAN-BAPTISTE LIVENNAIS**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica**

**2009**

# DEDICATORIA

A mis padres Marie-Jeanne y Jean-Yves  
cuyo amor incondicional siempre ha  
dado alas a los proyectos de sus hijos.  
El mío pudo volar gracias a ellos.

« Creer posible algo es hacerlo cierto »

Christian Friedrich Hebbel

# AGRADECIMIENTOS

A mi tutor de tesis Jenaro Acuña González por su benevolencia, su confianza, sus perspicaces sugerencias y su valioso tiempo.

A mi profesores asesores Carmen González Gairaud y Manuel Murillo Castro por sus consejos, su entusiasmo y su disponibilidad.

A mi profesor Hans Julian Hartmann quien fue al origen de esta apasionante aventura. A Margarita Silva la directora de la Maestría GIACT, así como a todos mis profesores quienes ofrecieron su ayuda con mucho gusto.

A Gerardo Umaña y a Álvaro Morales, los directores del CIMAR durante el período de la investigación, por haber confiado en mí y prestarme el equipo necesario para llevar a cabo el estudio.

A Luz María Chacón Jiménez y Elizabeth Carazo Rojas, las directoras del INISA y del CICA respectivamente, quienes me ofrecieron la posibilidad de ampliar los datos del estudio y a Kenia Barrantes y Wilson Beita por su agradable colaboración.

Al Laboratorio de Geomorfología de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica que ofreció los análisis de muestras de arena y tierra.

A la Universidad de Costa Rica y más precisamente a la Vicerrectoría de Investigación que me ayudó financieramente a concretizar la repartición de los folletos informativos.

A Eddy Gómez por su ayuda para llevar a cabo los análisis de nutrimentos, sus pacientes explicaciones y su jovialidad. A Elías Rosales del TEC por su preciosa ayuda informativa.

A Federico Solórzano por sus consejos y su ánimo y a la Fundación Corcovado por dejarme usar su local para realizar las operaciones de campo y a sus voluntarios quienes ofrecieron su ayuda.

A Barbara y Maritza Lozano, a Vanessa y Shawn Larkin, a Beate Heycke y a Leonardo Guerrero por su apoyo, su hospitalidad y su entusiasmo. A Erick Ross por su ayuda y atención y a Mauricio Solís por sus preciosos consejos en el campo.

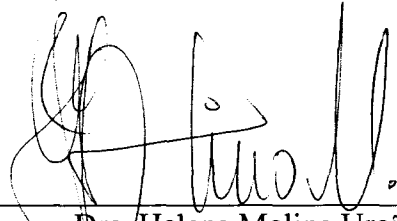
A José-Miguel Mayo, por su ayuda en el campo y su compañía, a Nicolas Duprey también por confiarme su GPS con el cual se elaboraron las cartografías necesarias para la comprensión del estudio, a Paula Méndez y a Yann Turgis por haberme ayudado a recolectar los desechos sólidos durante sus vacaciones. A Juan-Bautista Chavarría y a Jeffrey Sibaja por su ayuda aportada en los análisis estadísticos. A Helen Ballesterero por sus valiosos consejos de redacción.

A los dueños y gerentes de los hoteles (Jinetes de Osa, Águila de Osa Inn, Drake Bay Resort y La Paloma Lodge,) por haber apoyado el proyecto y aceptado de regalar el valioso tiempo de sus empleados para que hayan podido asistir a las charlas.

A los miembros de mi familia quienes me apoyaron mucho desde cerca o desde lejos y a Natalia Harvey Sánchez por su aliento y su apoyo.

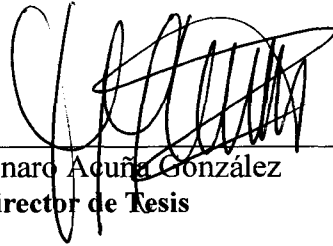
A todas las personas que participaron con su grano de arena, muchas gracias.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado de Magister Scientiae en Gestión Integrada de Áreas Costeras Tropicales.”



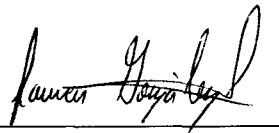
---

Dra. Helena Molina Ureña  
**Decana o Representante de la Decana  
Sistemas de Estudios de Posgrado**



---

M. Sc. Jenaro Acuña González  
**Director de Tesis**



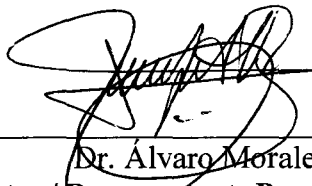
---

M. Sc. Carmen González Gairaud  
**Asesora**



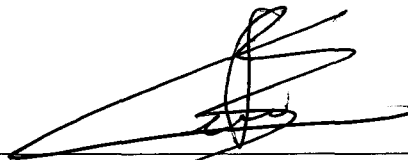
---

Dr. Manuel Murillo Castro  
**Asesor**



---

Dr. Alvaro Morales Ramírez  
**Director / Representante Programa de Posgrado en  
Gestión Integrada de las Áreas Costeras Tropicales**



---

Jean-Baptiste Pierre-Marie Livenais Cadeau  
**Candidato**



# ÍNDICE

<i>DEDICATORIA</i> .....	<i>ii</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	<i>iii</i>
<i>HOJA DE APROBACIÓN</i> .....	<i>iv</i>
<i>ÍNDICE</i> .....	<i>v</i>
<i>RESUMEN</i> .....	<i>ix</i>
<i>RÉSUMÉ</i> .....	<i>x</i>
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>xi</i>
<i>LISTA DE CUADROS</i> .....	<i>xii</i>
<i>LISTA DE FIGURAS</i> .....	<i>xiii</i>
<i>ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS</i> .....	<i>xvii</i>
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	<b>1</b>
Objetivo general .....	5
Objetivos específicos.....	5
<b>PARTE I</b> .....	<b>6</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
1-Descripción del área de estudio.....	9
2-Recolección de muestras .....	10
3-Mediciones <i>in situ</i> .....	11
4-Análisis de agua .....	12
a-Análisis realizados en el LOQ-CIMAR .....	12
b-Análisis realizados en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA).....	12
c-Análisis realizados en el Instituto de Investigación de Salud (INISA) .....	13
5-Índice de Calidad del Agua de Agujitas (ICA-Agu) .....	13
6-Desechos sólidos, corriente y caudal.....	14
7-Perfil de playa .....	15
8-Análisis granulométrico .....	15

<b>RESULTADOS.....</b>	<b>16</b>
I - Análisis de agua.....	16
1-Temperatura.....	16
2-Salinidad y Conductividad.....	16
3-pH.....	17
4-Concentración de Materiales Suspendidos.....	17
5-Transparencia del agua.....	18
6-Porcentaje de Saturación de Oxígeno.....	19
7-Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	20
8-Bacterias coliformes fecales y Escherichia coli.....	21
9-Nutrientes.....	25
10-Clorofila-a y Faeopigmentos.....	30
11-Alcalinidad.....	31
12-Iones: cloruro, sodio, sulfato, potasio, calcio y magnesio y dureza.....	32
13-Índice de Calidad del Agua de Agujitas.....	34
II - Caracterización ambiental.....	36
1-Hidrología.....	36
2-Topografía.....	37
3-Fisiografía.....	38
4-Caudal.....	38
5-Corriente costera y oleaje.....	39
6-Viento.....	41
7-Perfil de playa.....	41
8-Desechos sólidos.....	43
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
I - Análisis de agua.....	44
1-Oxígeno disuelto.....	44
2-Concentración de Materiales en Suspensión y Turbidez.....	45
3-Clorofila-a.....	45
4-Nutrientes.....	46
5-Bacterias coliformes fecales.....	47
6-Índice de Calidad de Agua de Agujitas.....	49
II - Aspectos ambientales.....	49
1-Caudal y corriente costera.....	49
2-Necesidades y vulnerabilidades ambientales.....	50
III - Limitaciones del trabajo.....	51
<b>PARTE II.....</b>	<b>52</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>54</b>
1-Aspectos socio-económicos.....	54
2-Encuesta.....	54
3-Charlas participativas y folleto informativo.....	56

<b>RESULTADOS.....</b>	<b>57</b>
1-Entorno social.....	57
2-Encuesta .....	59
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>67</b>
1-Aspectos socio-económicos .....	67
2-Charlas.....	69
3-“Ecoturismo” o turismo de “bajo impacto”.....	69
<b>PROPUESTA DE ACCIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
1-Sugerencias para limitar la contaminación del recurso hídrico.....	77
2-Sugerencias para la realización de próximos estudios .....	82
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>
Anexo I: Ubicación de los sitios de muestreo. El lector lo puede usar para facilitar la comprensión de los resultados presentados en los gráficos. ....	90
Anexo II: Recapitulación de los parámetros medidos por sitio de muestreo según la época: Septiembre y octubre de 2007, enero de 2008 y abril de 2008. No se analizaron variables en los compartimentos vacíos o blancos. En los sitios que presentan una cruz “X”, el parámetro fue medido de manera puntual, no presenta promedio. ....	91
Anexo III: Coordenadas geográficas y descripción de los sitios de muestreo.....	92
Anexo IV: Asentamientos humanos de Agujitas. Fuente: Campos 1996.....	93
Anexo V: Resultados de la encuesta realizada por voluntarios de la Fundación Corcovado en enero de 2008 con el propósito de apreciar la opinión de los turistas acerca del uso de “servicios composteros”, un sistema más integrado que los servicios convencionales.....	94
Anexo VI: Valores estadísticos de la concentración de bacterias coliformes fecales en función del periodo de muestreo ( NMP/100 mL).....	96
Anexo VII: Valores estadísticos de la concentración de bacterias <i>Escherichia coli</i> en función del periodo de muestreo (NMP/100 mL).....	96
Anexo VIII: Clasificación de los desechos sólidos encontrados durante la recolección el 6 de diciembre de 2007 en Playa Colorada, Bahía Drake. ....	97
Anexo IX: Concentraciones de iones (mg/L), expresados en ámbitos y promedios ± desviación estándar, durante los muestreos efectuados en la marea alta en las épocas de transición (ET) y seca (ES) del año 2008, en las estaciones de muestreo en Agujitas, Bahía Drake.	98

Anexo X: Valores de los parámetros y los puntajes correspondientes para el cálculo del Índice de Calidad de Agua, en las estaciones fluviales de las quebradas del Mono (QM1) y Don Carmen (QC1) del litoral de la Bahía Drake, Península de Osa, Costa Rica, para septiembre de 2007, enero y abril de 2008. ....	99
Anexo XI: Recopilación de las leyes costarricenses acerca de la protección del recurso hídrico. ...	100
Anexo XII: Concentraciones promedio estimadas de algunos constituyentes disueltos, en el suministro global de agua de ríos, con los correspondientes valores para agua de mar. Fuente: Dryssen, D. & M. Wedborg. 1980.....	103
Anexo XIII: Registro de enfermedades diarreicas de la comunidad de Agujitas entre enero y marzo de 2008. Fuente: Acosta 2008. ....	103
Anexo XIV: Fotografías de la zona de estudio.....	103
Anexo XV: Comparación entre las concentraciones máximas permitidas en distintas normas internacionales para variables relacionadas con la calidad del agua para la pesca y la vida acuática y las que se estiman para aguas no contaminadas (Pérez-Castillo 2004). ....	107
Anexo XVI: Sección de Playa Colorada donde se midió el perfil de la playa. ....	108
Anexo XVII: Franja de Playa Colorada donde se recolectaron los desechos sólidos.....	108
Anexo XVIII: Puntos de muestra de tierra en la ladera de la parte baja de la Quebrada Don Carmen (izquierda) y a la orilla de la carretera (derecha). Fotos: JB Livenais .....	108
Anexo XIX: Precipitaciones en la Península de Osa en mm/año. Fuente: Anónimo 1982. ....	109
Anexo XX: Categorías de manejo del ACOSA. Fuente: Jiménez 1998.....	109
Anexo XXI: Fisiografía de la Península de Osa. Fuente: Pérez 1978. ....	109
• Anexo XXII: Geomorfología de la zona de Drake. Fuente: González 1996. ....	110
Anexo XXIII: Zonas de vida de la zona de Drake. Fuente: González 1996.....	110
Anexo XXIV: Áreas deforestadas en 1995 y áreas en riesgo de deforestación. Fuente: Rosero-Bixby L. <i>et al.</i> 2002. ....	110
Anexo XXV: Artículo enfocado sobre el manejo de las aguas negras en la urbanización Emmanuel Ajoy cuyo suelo es de tipo arcilloso, publicado en el periódico costarricense La Nación el 15 de noviembre de 2008. ....	111
Anexo XXVI: Encuesta: Lista de acciones a notar por orden de prioridad (distribuido el 2 de diciembre de 2008). ....	112
Anexo XXVII: Participantes a la charla del 2 de diciembre de 2008 en la escuela de Drake. ....	113
Anexo XXVIII: Lista de los talleres propuestos a los alumnos de la escuela de Drake el 2 y 3 de diciembre de 2008. ....	114
Anexo XXIX: Carta de agradecimiento de la directora de la escuela de Drake.....	115
Anexo XXX: Fotografía Satélite 2004, modificada para presentar las cuencas del pueblo de Agujitas. Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia. ....	116
Anexo XXXI: Folleto distribuido en 400 ejemplares en la comunidad de Agujitas. Elaboración propia, 2009.....	117

# RESUMEN

En una aplicación de la gestión integrada de las áreas costeras tropicales, se propuso llevar a cabo un estudio orientado hacia los orígenes de la calidad del agua litoral de la Playa Colorada en la Bahía de Drake, Península de Osa, Costa Rica. Esto con el propósito de motivar a la comunidad costera de Agujitas en un enfoque hacia la capacitación y la información de los habitantes sobre las causas, las consecuencias y las opciones de solución para la minimización de la contaminación del agua fluvial y litoral. Entre septiembre de 2007 y julio de 2008, se estudiaron las características ambientales, sociales y económicas del pueblo de Agujitas. En septiembre de 2007, enero y abril de 2008, meses que corresponden a diferentes épocas de precipitación, se determinó la distribución temporal de la salinidad, la temperatura, los sedimentos en suspensión, la clorofila-*a*, el oxígeno disuelto, la demanda bioquímica de oxígeno, la calidad bacteriológica, los nutrientes y los iones principales en las desembocaduras de las quebradas del Mono y Don Carmen, el Río Agujas y varios sitios litorales de Playa Colorada ubicada frente al pueblo de Agujitas. El muestreo se realizó tres veces por época, en marea alta, en 10 sitios. Se calculó un índice de calidad de agua en las aguas dulces de las desembocaduras de las quebradas anteriores. Los sitios con más altos niveles de nutrientes y bacterias fecales fueron los extremos fluviales de las desembocaduras de las quebradas, tal como los índices de calidad de agua calculados lo señalaron. La calidad del agua litoral de Playa Colorada depende de los aportes fluviales más concentrados y, sin embargo, de menor volumen durante la época seca. Se percibió el conocimiento ambiental de los habitantes sobre el tema de la contaminación del agua, por medio de una encuesta a 94 personas para posteriormente, conceptualizar y distribuir un folleto informativo sobre ese sujeto. Se programaron 12 charlas dirigidas hacia los habitantes jóvenes y adultos del pueblo con el propósito de aportar una mejor comprensión sobre la contaminación del agua y las opciones de soluciones aplicables. La creación de una comisión pro-bandera azul ecológica que impulsaría el seguimiento a largo plazo de la calidad de las aguas de Playa Colorada, la implementación de una educación ambiental aplicada y el fomento de sistemas integrados de tratamiento de agua residual en las instalaciones tanto turísticas como privadas fueron presentadas como importantes medidas alcanzables.

## **PALABRAS CLAVE**

Calidad del Agua, Erosión, Bacterias Coliformes Fecales, Gestión Integrada de las Áreas Costeras, Bahía Drake, Agujitas

# RESUME

Dans une application en Gestion Côtière Intégrée des Zones Côtières Tropicales, une étude orientée vers les origines de la pollution des eaux de Colorada Plage (Baie de Drake, Péninsule d'Osa, Costa Rica) a été proposée. Ceci dans le but de motiver et informer, la communauté côtière d'Agujitas des causes, conséquences et des options de solutions disponibles afin de minimiser la pollution des eaux fluviales et côtières. Entre septembre 2007 et juillet 2008, les caractéristiques environnementales, sociales et économiques du village d'Agujitas ont été étudiées. En septembre 2007, janvier et avril 2008, mois qui correspondent à différents niveaux de précipitations, la distribution temporelle de paramètres physicochimiques (la salinité, la température, la matière en suspension, la chlorophylle-*a*, l'oxygène dissous, la demande biologique en oxygène, la qualité bactériologique, la concentration en nutriments et en ion principaux) a été mesurée dans les eaux de l'embouchure des ruisseaux Mono et Don Carmen, de la rivière Agujas et de plusieurs stations d'échantillonnage de Colorada Plage située en face du village d'Agujitas. L'échantillonnage a été effectué à marée haute, dans 10 stations, trois fois par campagne. Un indice de qualité de l'eau a été calculé dans les eaux fluviales de l'embouchure des deux ruisseaux précédents. Les stations fluviales au niveau des embouchures des ruisseaux furent celles contenant les plus fortes concentrations de nutriments et de bactéries fécales, comme la valeur des indices de qualité de l'eau calculés l'a confirmé. La qualité de l'eau de Colorada Plage dépendait surtout des apports fluviaux, néanmoins, de volume moins important pendant la saison sèche. Les connaissances environnementales des habitants à propos de la pollution de l'eau a été appréciée grâce à une enquête réalisée auprès de 94 personnes afin de concevoir et distribuer à posteriori un guide d'information sur ce thème. Douze conférences adressées aux habitants jeunes et adultes du village ont été programmées dans le but d'apporter une meilleure compréhension de la pollution de l'eau et des solutions applicables. La constitution d'un groupe de travail pour l'acquisition du Drapeau Bleu Écologique qui favoriserait le suivi à long terme de la qualité des eaux de Colorada Plage, la mise en œuvre d'une éducation environnementale appliquée ainsi que le développement de systèmes intégrés de traitement des eaux usées dans les installations touristiques et privées ont été proposé comme principales mesures accessibles.

## MOTS CLES

Qualité de l'eau, Erosion, Bactéries Coliformes Fécales, Gestion Côtière Intégrée, Colorada Plage, Baie de Drake, Agujitas

# **ABSTRACT**

As an application of Integrated Tropical Coastal Management, a study focused on the origins of water pollution at Colorada Beach (Drake Bay, Osa Peninsula, Costa Rica) was carried out. The aim was to motivate and inform the coastal community of Agujitas about the causes, consequences, and available options to minimize fluvial and coastal water pollution. Between September, 2007, and July, 2008, the environmental, social and economic characteristics of the village of Agujitas were studied. In September, 2007, January and April, 2008, months that correspond to different levels of precipitation, the temporary distribution of physicochemical parameters (salinity, temperature, suspended matter, chlorophyll-*a*, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, bacteriological quality, principal nutrients and concentration of ions) was measured at the mouths of Mono and Don Carmen creeks, Agujas River and at several coastal sample stations at Colorada Beach, which is located in front of the village of Agujitas. The sampling was executed at 10 sample stations during high tide, three times per season. A water quality index was calculated for the fresh water found at the mouths of both creeks. The highest levels of nutrients and fecal bacteria were found at the fluvial stations of both creek mouths, as indicated by the calculated water quality indexes. The coastal water quality of Colorada Beach depends mostly on fluvial contributions, though they are of lesser volume during the dry season. The townspeople's knowledge on the subject of water pollution was gauged by interviewing 94 people. The results of the surveys helped with the design and subsequent distribution of an informative booklet created as a guide to help them protect and care for their water resources. Twelve conferences were held for the local youth and adult residents to improve their comprehension on the causes of water pollution and to suggest viable solutions. The main measures proposed to improve water quality over the long term included the formation of a work group whose goal would be to obtain the Blue Ecological Flag for Colorada Beach, the implementation of practical environmental education, and the encouragement of integrated sewage treatment systems for touristic and private buildings.

## **KEY WORDS**

Water quality, Erosion, Fecal Coliform Bacteria, Integrated Coastal Management, Colorada Beach, Drake Bay, Agujitas,

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Comparación de los parámetros usados para la construcción del ICA de la NSF (ICA-NSF) y del ICA modificado para el estudio (ICA-Agu). .....	13
Cuadro 2: Estimación de la calidad del agua en función del valor de la DBO <sub>5,20</sub> . .....	20
Cuadro 3: Ámbitos de concentración de BCF y <i>E. coli</i> (NMP/100 mL) según la época de muestreo: en septiembre de 2007, enero y abril de 2008 (ELL: Época Lluviosa, ET: Época de Transición y ES: Época Seca). .....	22
Cuadro 4: Valor del Índice de Calidad del Agua de la NSF y su relación para la vida acuática. Fuente: Deininger 1980.....	35
Cuadro 5: Clasificación de las aguas de uso recreativo según los criterios bacteriológicos propuestos por Mora <i>et al.</i> 1989 (NMP BCF= Número Más Probable de Bacterias Coliformes Fecales). .....	47
Cuadro 6: Estimación de la cantidad de Bacterias Coliformes Fecales provistas por cada curso de agua por unidad de tiempo en las aguas costeras de Playa Colorada en abril de 2008 (NMP=Número Más Probable de bacterias).....	50
Cuadro 7: Preguntas planteadas durante la encuesta. ....	55
Cuadro 8: Charlas programadas durante el periodo de estudio. ....	56



# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema propuesto por el Programa de Acción Nacional de lucha contra la degradación de las tierras para la gestión de las cuencas. Fuente: Rojas 2005. Pobreza y degradación de tierra son sinónimas, Revista Crisol n°13, 60 p. ....	2
Figura 2: Ubicación de la zona de estudio.....	2
Figura 3: Ubicación de los sitios de muestreo.....	10
Figura 4: Comparación de los valores promedio de salinidad (ups) y de conductividad (mS/cm) en la época de transición (enero de 2008) (n=3, n=número de muestras) y en la época seca (abril de 2008) (n=3).....	16
Figura 5: Comparación de la dispersión de las CMS en los diferentes puntos de muestreo entre las campañas de septiembre de 2007 (se midió en las estaciones 7, 8, 9 y 13, n=3), enero (n=3) y abril (n=3) de 2008. Está incluido el límite superior de CMS (25 mg/L) considerando la calidad del agua para la pesca y la vida acuática y las que se estiman para aguas no contaminadas (Pérez-Castillo 2004), Anexo XV. ....	18
Figura 6: Fotografía de una intersección de la Quebrada Don Carmen con un afluente aportando sedimentos durante un episodio lluvioso el 10 de julio de 2008. Foto: Jean-Baptiste Livenais.....	19
Figura 7: Comparación de los Porcentajes de Saturación de Oxígeno Disuelto en los diferentes sitios de muestreo medidos en septiembre de 2007 (en las estaciones 2, 6, 18, 19 y 20, n=1, en las estaciones 7, 8, 9 y 13, n=3), enero y abril de 2008 (n=3). La estación 1 fue muestreada en enero (n=2) y en abril de 2008 (n=3). ....	20
Figura 8: Comparación de la DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L) entre los diferentes sitios de muestreo en septiembre de 2007 (n=1), enero y abril de 2008 (n=3). La estación 1 fue muestreada en enero (n=2) y en abril de 2008 (n=3). ....	21
Figura 9 : Diagrama Boxplot representando la media y la dispersión de BCF en las tres épocas de muestreo; A: Septiembre/Octubre de 2007, B: Enero de 2008 y C: Abril de 2008. ....	22
Figura 10: Comparación del promedio de la concentración de BCF. Las concentraciones sólo fueron medidas en enero (n=3) y abril (n=3) en la estación 1 y en abril de 2008 (n=3) en la estación 5.....	23
Figura 11: Comparación de la mediana y dispersión de la concentración de BCF y <i>E. coli</i> por punto de muestreo durante todo el estudio (n=9). Las concentraciones sólo fueron medidas en enero y abril de 2008 en la estación 1 (n=6) y en abril de 2008 en la estación 5 (n=3).....	23
Figura 12: Mapa de concentración de BCF (NMP/100 mL) medida en sitios puntuales entre el 21 de enero de 2008 y el 22 de abril de 2008. ....	24
Figura 13: Concentración de fosfatos (arriba) y nitratos (abajo) en µmol/L en función de la época de muestreo. ....	26
Figura 14: Diagramas de mezcla de los fosfatos, silicatos y nitratos de la zona estuarina de la Quebrada del Mono en setiembre y octubre de 2007 (n=3 por cada nutriente). A: Fosfatos, B: Silicatos, C: Nitratos.....	27

Figura 15: Diagramas de mezcla para la concentración de fosfatos, silicatos y nitratos en la zona estuarina de la Quebrada del Mono (izquierda) y de la Quebrada Don Carmen (derecha) en enero de 2008 (n=3 por cada nutriente); A: Fosfatos en la Q. Mono, B: Fosfatos en la Q. Carmen, C: Silicatos en la Q. Mono, D: Silicatos en la Q. Carmen, E: Nitratos en la Q. Mono, F: Nitratos en la Q. Carmen.....	28
Figura 16: Diagramas de mezcla para la concentración de fosfatos, silicatos y nitratos en la zona estuarina de la Quebrada del Mono (izquierda) y de la Quebrada Don Carmen (derecha) en abril de 2008 (n=3 por cada nutriente). A: Fosfatos en la Q. Mono, B: Fosfatos en la Q. Carmen, C: Silicatos en la Q. Mono, D: Silicatos en la Q. Carmen, E: Nitratos en la Q. Mono, F: Nitratos en la Q. Carmen.....	29
Figura 17: Fotografías de la Q. Mono el miércoles 14 de noviembre de 2007 (izquierda) y lunes 19 de noviembre de 2007 (derecha). Fotos: Jean-Baptiste Livenais.....	30
Figura 18: Promedios de las concentraciones de clorofila- <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> ) medidas en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3) por todas las estaciones y en septiembre de 2007 (n=3) por los sitios 7, 8 9 y 13 (no se midió en la estación 1 y n=1 por las estaciones 2, 6, 18, 19 y 20 en septiembre).....	30
Figura 19: Comparación de la Alcalinidad total en mg CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> /L medida en los diferentes sitios de muestreo en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). ....	31
Figura 20: Comparación de las concentraciones promedio (mg/L) de las especies iónicas: cloruro, sodio, sulfato y potasio en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). En la estación 1 la concentración ha sido medida en abril (n=3). Las concentraciones globales promedio de cada especie en río o mar son indicadas en cada gráfico. ....	32
Figura 21: Comparación de las concentraciones promedio (mg/L) de las especies iónicas: magnesio y calcio en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). Las concentraciones globales promedio de cada especie en río o mar son indicadas en cada gráfico. En la estación 1, la concentración ha sido medida en abril (n=3). ....	33
Figura 22: Comparación de las concentraciones promedio (mg CaCO <sub>3</sub> /L) de la dureza en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). En la estación 1, la dureza ha sido medida en abril, n=3. .	34
Figura 23: Valores del Índice de Calidad de Agua en los extremos fluviales de los esteros de las quebradas, litoral de la Bahía Drake, Península de Osa, Costa Rica, en septiembre de 2007 (n=1), enero (n=3) y abril de 2008 (n=1). ....	34
Figura 24: Cursos de agua de la zona de Agujitas. Elaboración propia, 2008. ....	36
Figura 25: Topografía, cursos de agua, carreteras y cuencas de la zona de Agujitas. Fuente: Mapa topográfico del IGN, Sierpe, Escala 1:50000, 1962, Elaboración Propia 2008.....	37
Figura 26: Comparación del flujo de las quebradas Don Carmen, del Mono y del Río Agujas en septiembre de 2007 (n=1), en enero (n=3) y en abril de 2008 (n=3) en m <sup>3</sup> /s (se midieron el flujo del Río Agujas y de ambas quebradas en Mayo, n=1). ....	38
Figura 27: Esquema tridimensional de la circulación de las corrientes marinas en la región Este del Pacífico Tropical basado en datos recientes (traducido de Kessler 2006). La leyenda a la derecha lista los nombres de las corrientes. Varios signos de interrogación indican las regiones donde las interconexiones entre las corrientes siguen desconocidas. ....	39
Figura 28: Apreciación de la dirección y de la velocidad de las corrientes costeras en Playa Colorada, en enero y abril de 2008. Los ámbitos de velocidad indicados son el resultado de mediciones efectuadas en varios puntos de la zona costera. ....	40

Figura 29: Fotografía satélite del sur de la Bahía de Drake (2004) modificada para ilustrar la dirección del oleaje. Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.....	40
Figura 30 : Comparación de los perfiles de playa medidos en noviembre de 2007 y en mayo de 2008 en metros.....	41
Figura 31: Análisis granulométrico de los diferentes tipos de arena encontrados en tres puntos de Playa Colorada al nivel de bajamar en noviembre de 2007 (Frente a la pulpería, Boca Quebrada del Mono y frente al EBAIS) (Izquierda). Análisis granulométrico de los diferentes tipos de arena encontrados a lo largo del perfil de la playa (1, 2, 3 y 4) y de dos muestras de tierra del pueblo de Agujitas en mayo de 2008 (Derecha). Trabajo de campo, 2008, Laboratorio de Geomorfología.....	42
Figura 32: Erosión fluvial al nivel de la desembocadura de la Quebrada del Mono. Fotos: Jean-Baptiste Livenais (14 de febrero de 2008).....	42
Figura 33: Composición porcentual de los principales componentes de los desechos sólidos recolectados en la Playa Colorada frente a la pulpería y a la cancha de fútbol de la escuela el 6 de diciembre de 2007. ....	43
Figura 34: Porcentajes de muestras rebasando el límite saludable para uso recreativo del agua (Clase C concentración de BCF>240 NMP/L) según Mora <i>et al.</i> 1989, por cada época de muestreo. (La concentración de bacterias en el punto E1 en Punta Agujas no se midió en septiembre y sólo se midió en abril en el punto 5).....	48
Figura 35: Número de personas y casas por cada pueblo del Área de Drake. Fuente: EBAIS de Drake. Diciembre de 2007. ....	57
Figura 36: Fotografía satélite del sur de la Bahía de Drake (2004) que muestra los asentamientos humanos de Agujitas (color rojo), las vías de acceso (color anaranjado) y los cursos de agua (color azul). Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.....	58
Figura 37: Rango de edad de las personas entrevistadas.....	59
Figura 38: Proporción de mujeres y hombres entrevistados.....	59
Figura 39: Proporción de mujeres y hombres en el distrito de Sierpe. Fuente: Anónimo 2006.....	59
Figura 40: Nacionalidad de las personas entrevistadas. ....	60
Figura 41: Número de personas entrevistadas instaladas en la región de Drake entre 1948 y 2008 por periodo. ....	60
Figura 42: Porcentaje de personas entrevistadas de origen extranjera instaladas en la región de Drake según el periodo entre 1968 y 2008.....	60
Figura 43: Proporción de entrevistados teniendo empleos directamente relacionados con el turismo “verde” o “naturalista”.....	61
Figura 44: Nivel escolar de las personas entrevistadas. ....	61
Figura 45: Aspectos de la región de Drake valorizados por sus habitantes entrevistados.....	62
Figura 46: Aspectos de la región de Drake despreciados por sus habitantes entrevistados. ....	62
Figura 47: Aspectos de la región de Drake que los habitantes ven cambiados dentro de 10 años. ....	63
Figura 48: Aspectos de la región de Drake que los habitantes desearían disfrutar dentro de 10 años. ....	63

Figura 49: Causas de la contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada citadas por los habitantes entrevistados de la región de Drake. ....	64
Figura 50: Consecuencias de la contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada citadas por los habitantes entrevistados de la región de Drake. ....	65
Figura 51: Medios de conocimiento de los entrevistados sobre el tema de la contaminación del agua. ....	65
Figura 52: Actores propuestos por los entrevistados para llevar a cabo el mejoramiento de la calidad de las aguas litorales de Playa Colorada.....	66
Figura 53: Proporción de turistas entrevistados a favor del uso de los “servicios composteros” en los hoteles y cabinas de Agujitas. ....	66

# ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ACOSA.....	Área de Conservación de OSA
AGUINADRA.....	Asociación de Guías Naturalistas de Drake
ASADA.....	Asociación Administradora del Acueducto Rural
AyA.....	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BAE.....	Bandera Azul Ecológica
BCF.....	Bacterias Coliformes Fecales
CATUOSA.....	Cámara de Turismo de Osa
CICA.....	Centro de Investigación en Contaminación Ambiental
CIMAR.....	Centro de Investigación en ciencias del Mar y limnología
CMS.....	Concentración de Materiales Suspendedos
CoDeDrake.....	Comité de Desechos de Drake
DBO <sub>5, 20</sub> .....	Demanda Bioquímica de Oxígeno por 5 días a 20°C
EBAIS.....	Equipos Básicos de Atención Integral en Salud
FODA.....	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GIACT.....	Gestión Integrada de las Áreas Costeras tropicales
GPS.....	Sistema de Posicionamiento Geográfico
ICA-Agu.....	Índice de Calidad de Agua de Agujitas
ICT.....	Instituto Costarricense de Turismo
IGN.....	Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica
INA.....	Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica
INISA.....	Instituto de Investigación de Salud
INEC.....	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
LOQ-CIMAR.....	Laboratorio de Oceanografía Química del CIMAR
MAG.....	Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica
MINAET.....	Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica
Nd.....	No detectable
NSF.....	National Sanitation Foundation
ONG.....	Organizaciones No Gubernamentales
PSO.....	Porcentaje de Saturación de Oxígeno
RFGD.....	Reserva Forestal Golfo Dulce
TEC.....	Instituto Tecnológico Costarricense
UCR.....	Universidad de Costa Rica
USDA.....	United States Department of Agriculture

# INTRODUCCIÓN GENERAL

La gestión integrada de las áreas costeras, es un proceso multidisciplinario que abarca tanto las ciencias sociales como las ambientales y tiene como meta la de alcanzar una armonía en el desarrollo de comunidades costeras entre la vida económica, social y ambiental a largo plazo. Este tipo de gestión costera ha sido una opción que ha generado resultados favorables en aquellos lugares en los que las actividades humanas han provocado algún deterioro (Westmacott 2002).

En Costa Rica se han realizado esfuerzos en este sentido y por medio del programa de estudios de postgrado: Gestión Integrada de las Áreas Costeras Tropicales (GIACT) de la Universidad de Costa Rica (UCR), se han llevado a cabo varias tesis de maestría (Cortés 2004, Dick 2004, Germain 2004, Lagunas 2004, Orrantía 2004), que han abordado esta problemática desde ángulos variados para promover este instrumento privilegiado de desarrollo sostenible de un “Eco-socio-sistema”, reconciliando el desarrollo y buen estado ecológico de los recursos, y uniendo los aspectos ambientales, económicos y sociales (Denis & Henocque 2001).

Lograr una gestión adecuada de un área costera tiene como primer paso la elaboración de un diagnóstico ambiental, social y económico que constituye la base para proyectar los cambios alcanzables en cada uno de estos aspectos interrelacionados. El presente estudio se divide en dos partes: una caracterización ambiental, enfocada hacia la determinación de los orígenes de una eventual degradación de la calidad del agua del litoral frente al pueblo de Agujitas, en la “Playa Colorada” y una caracterización socio-económica de la comunidad de Agujitas. Con esta orientación, se propone proyectar un plan de acciones destinado a ayudar a la comunidad a tomar decisiones de planificación, con el fin de integrar los aspectos sociales y económicos de Agujitas en su ambiente costero-forestal. Mediante la ejecución, el monitoreo y la evaluación de proyectos o desarrollos enfocados hacia la sostenibilidad, se pueden mejorar las acciones remediales de planificación. Así se van adaptando los proyectos a los cambios que pueden ocurrir a lo largo del proceso de gestión de las cuencas o de las zonas costeras. El esquema siguiente (Figura 1) ilustra el proceso retroactivo a seguir para lograr una buena gestión de las cuencas.



Figura 1: Esquema propuesto por el Programa de Acción Nacional de lucha contra la degradación de las tierras para la gestión de las cuencas. Fuente: Rojas 2005. Pobreza y degradación de tierra son sinónimas, Revista Crisol n°13, 60 p.

La Península de Osa es una región caracterizada por una biodiversidad abundante, tanto al nivel de la flora (Kappelle *et al.* 2002), como al nivel de la fauna (Sierra *et al.* 2003), lo cual ha motivado la creación en 1975 del Parque Nacional Corcovado, a través del Decreto Ejecutivo No. 5357-A (Gobierno de Costa Rica 1975). Está localizada en la costa Pacífica de Costa Rica, entre las latitudes Norte de 8° 45' y 8° 25' y longitudes Oeste de 83° 45' y 83° 15' (Figura 2-a).

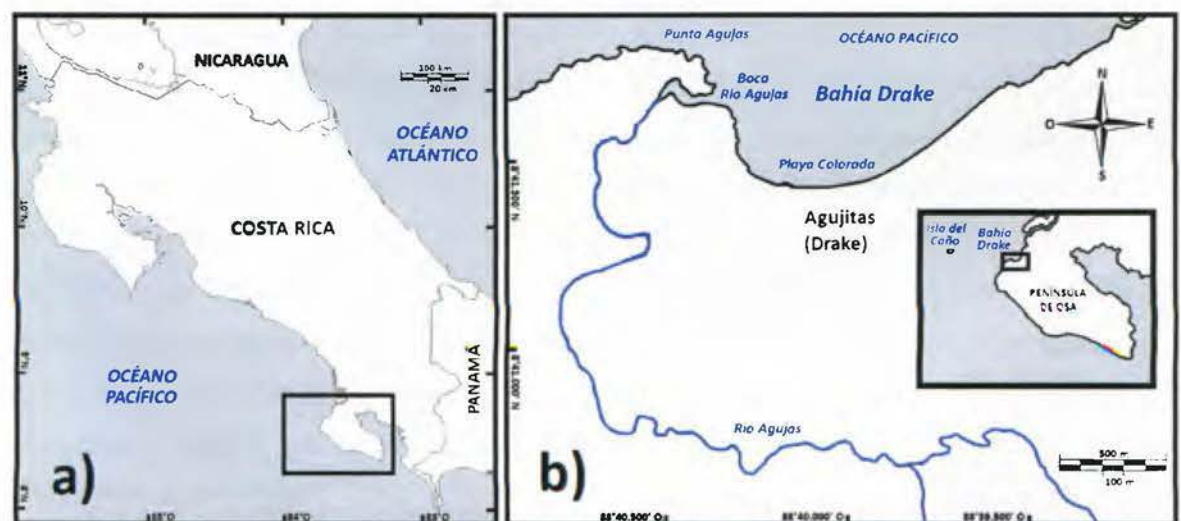


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio.

El Parque Nacional Corcovado es conocido por sus ecosistemas terrestres, mientras que los ambientes marino-costeros no han recibido mucha atención científica, tales como las playas arenosas, los afloramientos rocosos, los fondos duros y blandos y los variados arrecifes coralinos que favorecen la riqueza del ecosistema marino (Kappelle *et al.* 2002, Cortés & Jiménez 1996). El clima de la península es de tipo muy húmedo, caliente, con una estación seca moderada de enero a marzo. La temperatura media anual varía entre 23 y 27°C con una precipitación media anual en el ámbito de 3420 a 6840 mm (Kappelle *et al.* 2002), según el mapa de precipitaciones (Anexo XIX) el pueblo de Agujitas y sus alrededores reciben aproximadamente 5000 mm por año.

La Bahía de Drake, en la Península de Osa constituye un punto de accesibilidad estratégico entre el Parque Nacional Corcovado, el Humedal Nacional Terraba-Sierpe y la Reserva Biológica Isla del Caño (Anexo XX). Una demanda turística progresiva ha motivado la construcción de varios hoteles. El clima, agradable todo el año, favorece la realización de numerosas actividades como buceo, pesca deportiva, equitación, giras para observar delfines y ballenas, excursiones en senderos de bosques primarios y secundarios, o a la orilla de la playa. En la región de Bahía Drake, la comunidad de Agujitas (Figura 2-b), compuesta de unas 476 personas (Díaz, A. com. pers. 2008), vive del turismo que es la fuente económica básica.

Ya que Sierpe, al ser el pueblo más cercano, se convierte en el origen substancial de aprovisionamiento por vía marítima. El tránsito vial ocasiona una circulación limitada, debido a que la travesía se efectúa a través de la zona montañosa de la Reserva Forestal Golfo Dulce.

Las dificultades ambientales esenciales de la región de Agujitas son la erosión provocada en parte por el desarrollo urbano para atender a una demanda turística creciente en los últimos años, y la descarga de aguas servidas que a menudo no cuenta con un sistema de tratamiento primario. El Río Agujas y los riachuelos del caserío de Playa Colorada (Figura 24), que desembocan en la bahía, pueden constituir un medio de contaminación de la zona con las aguas servidas procedentes de desarrollos poblacionales sin planificación. Otra fuente de contaminación en la bahía puede ser ocasionada por los derrames de combustible y, en general, vertidos de derivados de petróleo causados por los botes, dedicados a las actividades turísticas en su mayoría. En la zona costera de la península de Osa, la afluencia de varias especies de ballenas, en apariencia, obedece a que esta área es adecuada para su alimentación y sobre todo para el parto (Rasmussen *et al.* 2004).

Numerosas regiones costeras del mundo se enfrentan a la presión turística en crecimiento, lo que ha generado un deficiente manejo de los desechos líquidos y sólidos, con efectos negativos



sobre los ecosistemas marinos y terrestres en consecuencia (Orozco *et al.* 2005). En Bahía Drake el tema de la basura ha sido una perpetua preocupación para sus habitantes (Solórzano, F. com. pers. 2007). Hasta el día de hoy, la falta de un sistema de recolección ha causado que se manejen los desechos de la peor forma posible: la basura es quemada o enterrada. Ambos procedimientos causan un gran daño al ambiente: algunos de los gases liberados son de alta toxicidad (Orozco *et al.* 2005) como el monóxido de carbono, fosgeno y el ácido cianhídrico (Mager 2000), y por otro lado, la lluvia puede arrastrar por lixiviación hasta las aguas subterráneas los líquidos que constituyen o son originados en los materiales enterrados, las cuales eventualmente llegan hasta los ríos y las costas. Una gestión adecuada de los residuos sólidos suele iniciarse con la reducción en origen de su cantidad y su peligrosidad y el estímulo de la comunidad al reciclaje y la recuperación de la mayor parte de los materiales (Orozco *et al.* 2005).

En este contexto, el presente proyecto de investigación y de gestión integrada en el que confluyen varios ejes, presenta como objetivo general el originar y sistematizar una base de información y conocimiento, que contribuya al ordenamiento en el desarrollo de la comunidad de Agujitas, de la región en el entorno de Bahía Drake, Costa Rica, con respecto a la disminución o eliminación de las fuentes de contaminación de sus aguas litorales.

En este sentido se organizó e invitó a los diversos sectores de la comunidad (los vecinos, las autoridades, las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), los funcionarios y gerentes o dueños de los hoteles de la zona, a participar en charlas enfocadas hacia la temática de las fuentes de contaminación ambiental local. Se constituyó en un incentivo de motivación de los habitantes para que se involucren, en forma activa, de un objetivo ambiental que le permitan discutir, hallar y aplicar opciones viables de manejo sustentable, es decir, elaborar un listado de las acciones viables desde el punto de vista ambiental que podrían ser implementadas por la comunidad. Como resultado de estas acciones, se preparó un documento accesible a todos los habitantes de la zona, de manera tal que fomente el desempeño ambiental enfocado hacia la protección del recurso hídrico en sus actividades.

## **Objetivo general**

Generar una base de información y conocimiento sobre los aspectos ambientales, y socio-económicos del pueblo de Agujitas, orientado hacia la caracterización, el control y la mitigación de las fuentes de contaminación de las aguas litorales, que contribuya al establecimiento de acciones y políticas relativas a la planificación ambiental y al desarrollo sostenible, que podrían ser emprendidas por la comunidad de Agujitas de la región en el entorno de Bahía Drake, un sector clave de la Península de Osa, Costa Rica.

## **Objetivos específicos**

1. Determinar cualitativa y cuantitativamente los principales agentes causales de la degradación de la calidad del agua de los riachuelos alrededor de Agujitas y su influencia en la costa adyacente.
2. Caracterizar el entorno social, económico y ambiental en el poblado de Agujitas y áreas adyacentes, actuales y anteriores mediante entrevistas con los locales y la literatura disponible.
3. Sistematizar el grado de conocimiento acerca de la problemática ambiental en el poblado de Agujitas y áreas adyacentes, así como evaluar la disponibilidad y actitud de los distintos actores, con el propósito de propiciar su participación activa en actividades conexas, mediante la aplicación de encuestas.
4. Motivar, por medio de charlas/talleres participativos, a la comunidad de Agujitas y áreas adyacentes para mejorar el manejo de sus recursos naturales y de sus desechos y encontrar opciones viables que favorezcan el mejoramiento de la calidad de agua en la Bahía de Drake a largo plazo.
5. Elaborar un documento de carácter divulgativo, que sistematice los principales resultados de la investigación, cuyo grupo meta es la propia comunidad de Agujitas que habita el área de estudio.
6. Documentar una propuesta de acciones dirigidas a una mejor planificación ambiental y al desarrollo sostenible, que podrían ser tomadas en cuenta por el poblado de Agujitas y áreas adyacentes a la Bahía de Drake, para lograr una adecuada coexistencia en su hábitat.
7. Fomentar el seguimiento a largo plazo mediante la consecución y el mantenimiento de la designación oficial de Bandera Azul Ecológica que se le otorgue a la Playa Colorada.

# Parte I

Diagnóstico de la calidad de las aguas litorales de la Playa Colorada y de sus ríos y caracterización ambiental del pueblo de Agujitas y áreas adyacentes, Península de Osa, Costa Rica.

# INTRODUCCIÓN

Agujitas constituye uno de los pueblos costeros en Costa Rica, que ha experimentado una significativa expansión turística en los últimos cinco años. Al ubicarse en la cercanía de variados sitios de interés turístico, como la Isla del Caño, el Parque Nacional Corcovado y el Humedal Nacional Terraba-Sierpe, Agujitas tiene la ubicación adecuada para un desarrollo especialmente orientado hacia el turismo.

La topografía y la calidad del suelo de la zona convierten a Agujitas y sus alrededores en un lugar caracterizado por un ambiente muy frágil. La descarga de sedimentos por los riachuelos a Playa Colorada y por los Ríos Agujas al sur y Drake al norte aportan la prueba de una fuerte erosión anterior y actual en las micro-cuencas y cuencas que alimentan la Bahía de Drake en agua dulce. Playa Colorada en Agujitas no representa un lugar de recreación apetecido por bañistas. Corresponde más bien a un territorio de atraque para los visitantes que llegan o salen de la zona, o en su defecto, como un sitio de pesca para los locales.

La zona de estudio está formada en su mayoría por relieves en declive. Al norte de la bahía, la cuenca baja del Río Drake corresponde a una planicie fluvio-marino o de transgresión. Se nota también por la acumulación de sedimentos al sur de Boca Ganado y de Boca Drake, que la corriente costera se dirige hacia el sur (Anexo XXII). La región presenta un relieve fuertemente ondulado a escarpado (Figura 25). Los suelos son profundos, de textura fina, de color pardo rojizo a rojizo, poco permeables, de fertilidad actual muy baja y presentan moderados a severos riesgos de erosión (González 1996). De acuerdo con el sistema de clasificación de suelos, desarrollado por Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica (USDA por el nombre en inglés, United States Department of Agriculture), (Pérez *et al.* 1978), en su mapa de asociaciones de sub-grupos de suelos de Costa Rica, el suelo de la localidad de Agujitas está compuesto por ultisoles (suelo rojizo, profundo, arcilloso y ácido) y molisoles (suelo de textura media, oscuro, desarrollado de depósitos fluviales con algunos a bastantes problemas de drenaje) (Anexo XXI).

El bosque tropical muy húmedo predomina en las cuencas estudiadas de la zona de Agujitas. Al norte de la Bahía de Drake, se encuentra el bosque muy húmedo Premontano transición a Basal Tropical (Anexo XXIII). Debido a la alta precipitación los terrenos bajo el bioclima bosque muy húmedo tropical son muy susceptibles a la erosión. Los bosques poseen una

altura que varía entre 40 y 50 metros pero se localizan árboles que sobrepasan esta altura. La vegetación natural inalterada del bosque muy húmedo premontano, presente en la región de Agujitas, se caracteriza por ser de mediana altura, entre 30 y 40 metros, de densidad media, de dos o tres estratos y es siempre verde, con algunas especies *decidua* durante la estación seca y moderada a abundante cantidad de epífitas (González 1996).

En la región de Bahía Drake, la creación de pastizales y la implantación de asentamientos humanos favorecieron la deforestación (Anexo XXIV). Se puede apreciar la cobertura vegetal de la región de estudio en la imagen satélite presentada en la figura 36. Al aumentar la población y ocupación de la zona, se produce la interrupción de los bosques continuos que quedan fragmentados o convertidos en islas en un mar de actividades productivas. Las especies animales y vegetales que habitan dichos bosques se ven amenazadas por la pérdida de hábitat (Chapin *et al.* 1997, Taulman *et al.* 1998). La fragmentación del hábitat es la suma de algunos de los peligros ya mencionados en el Área de Conservación de Osa (ACOSA) y es la que representa el mayor riesgo para la supervivencia de flora y fauna nativa y endémica. Los árboles sufren el efecto de la fragmentación por la desaparición de polinizadores y la falta de área que permite la dispersión de las semillas (Barrantes 1999). La integridad de los ecosistemas del ACOSA participa en la supervivencia de grandes mamíferos amenazados como el jaguar, *Panthera onca*, el puma, *Puma concolor*, la danta, *Tapirus bairdii*, el chanco de monte, *Tayassu pecari* y el oso caballo, *Myrmecophaga tridactyla*, entre otros (Almeida 2000). Estas especies utilizan las áreas protegidas y se desplazan y viven en zonas de amortiguamiento. Un claro ejemplo es el de las manadas de chanchos de monte que realizan movimientos estacionales entre el Parque Nacional Corcovado y la Reserva Forestal Golfo Dulce (Altrichter & Almeida 2002).

La Península de Osa, y en particular los alrededores de la Isla del Caño, es una zona caracterizada por la crianza de ballenas jorobadas, *Megaptera novaengliae* tanto del hemisferio norte como del sur, así como de especies residentes de delfines (Acevedo 1995, May-Collado *et al.* 2005, Rasmussen *et al.* 2007), lo que establece la costa pacífica de Costa Rica como el único lugar del mundo donde hasta la fecha se ha documentado que ballenas jorobadas de dos hemisferios utilizan las mismas aguas para reproducirse y dar a luz. Un alto número de avistamientos de delfines (*Tursiops truncatus*) hace presumir su subsistencia dentro del Golfo Dulce durante la mayor parte del tiempo. El delfín *Stenella attenuata*, por su parte, parece tener un mayor rango de movimiento, incluyendo la costa oeste de la Península de Osa e Isla del Caño, donde son observados con frecuencia (Acevedo & Burkhart 1998, May-Collado *et al.* 2005).

En este estudio se obtuvieron datos físico-químicos y bioquímicos inéditos de dos cuerpos de agua que desembocan en Playa Colorada y de varios sitios litorales. Se elaboraron diagramas de mezcla enfocados en los nutrimentos de mayor presencia y basados en los esteros de las dos quebradas que pasan por el pueblo de Agujitas, con el propósito de detectar la existencia de alguna situación de contaminación litoral por aguas terrestres. Se calculó un Índice de Calidad de Agua (ICA) Dulce que sintetiza la información de tal manera que sea comprensible por la población. Una propuesta de acciones y un listado de recomendaciones fueron formulados tanto para la comunidad de Agujitas como para las comunidades cercanas. La intención fue estimular a la población para que tome en cuenta las debilidades ambientales del área y cuide los recursos naturales a largo plazo, pues el pilar fundamental de su economía actual depende del turismo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1-Descripción del área de estudio**

La investigación se realizó en la costa norte de la Península de Osa, en la parte sur de la Bahía de Drake, en el pueblo de Agujitas y sus alrededores. Agujitas está ubicado al oeste del distrito de Sierpe, en el cantón de Osa perteneciente a la provincia de Puntarenas. Para los fines de esta investigación, la región del entorno del pueblo de Agujitas comprende un área aproximada de 3 km<sup>2</sup> y se extiende en la zona costera entre los ríos Drake y Agujas (Figura 2-b). Las cuencas hidrográficas del Río Agujas y de los tres riachuelos adyacentes: Quebrada del Mono, Quebrada Don Carmen y Quebrada El Jardín, fueron delimitadas utilizando el mapa topográfico del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGN), Sierpe, Escala 1:50000, 1962 y vía varias expediciones realizadas por los cursos de agua con un Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS), de marca Garmin, modelo Etrex y con los mapas disponibles. La adquisición de las coordenadas geográficas se hizo gracias al programa MapSource del GPS Garmin. Mediante la documentación disponible en oficinas estatales como el IGN, el Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET), el ACOSA, entrevistas y inspecciones visuales, se obtuvo una percepción de las características de los recursos naturales, de las necesidades y las vulnerabilidades ambientales de la zona.

## 2-Recolección de muestras

Se llevó a cabo la determinación de parámetros fisicoquímicos típicos en agua (temperatura, salinidad y conductividad, pH, concentración de materiales suspendidos (CMS), transparencia del agua, porcentaje de saturación de oxígeno (PSO), demanda bioquímica de oxígeno  $DBO_{5,20}$ , concentración de bacterias coliformes fecales (BCF) y *Escherichia coli*, nutrientes: fosfatos, nitratos, silicatos, nitritos, amonio, clorofila-*a* y faeopigmentos, alcalinidad y concentración de iones: cloruro, sodio, sulfato, potasio, calcio y magnesio) en los meses que corresponden a diferentes niveles de lluvia: en septiembre y octubre de 2007, que por lo general ocurre el máximo de la época lluviosa, en enero de 2008, que es el principio de la época seca y en abril de 2008 que es el fin de ésta. Con una frecuencia de tres veces por época en septiembre y en octubre de 2007 y en enero y en abril de 2008, se tomaron muestras de agua en los sitios costeros (Figura 3, Anexo I).

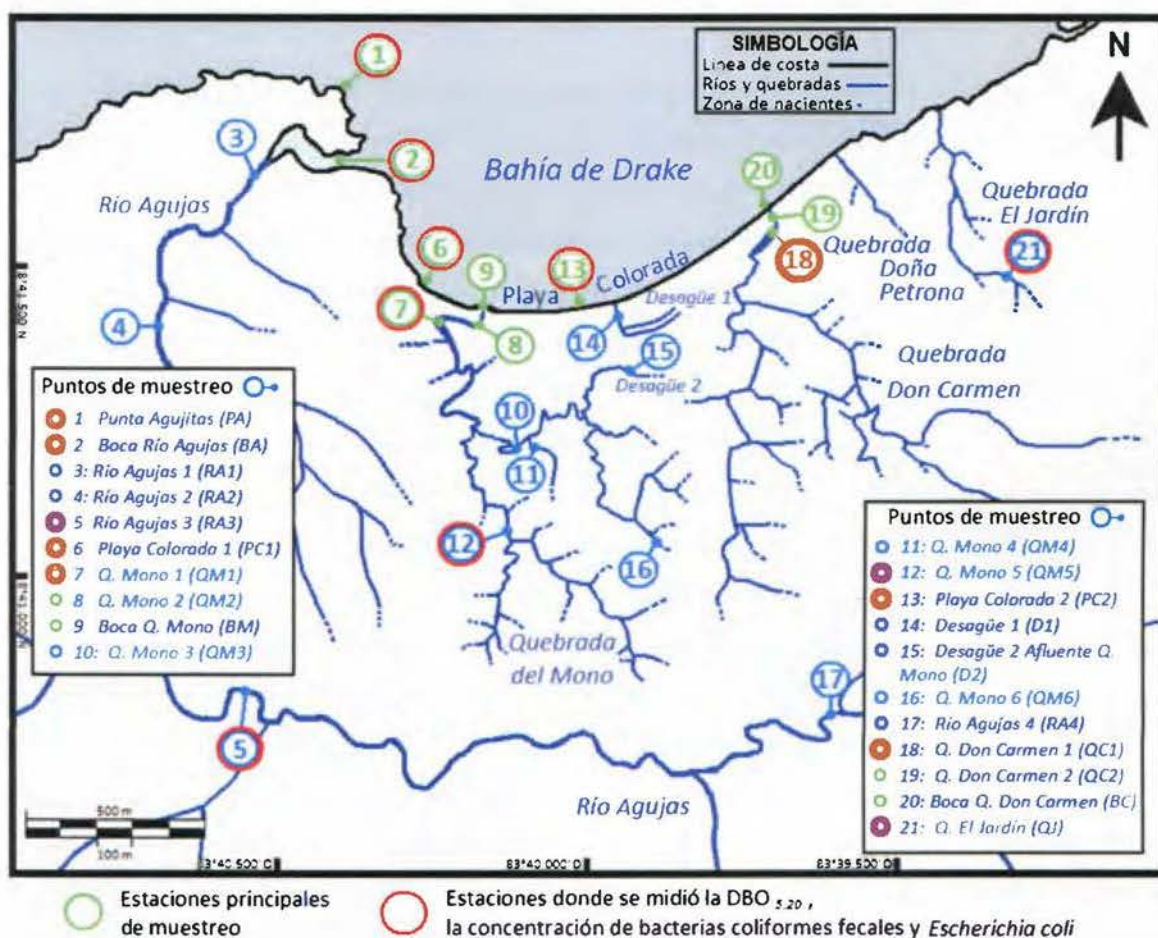


Figura 3: Ubicación de los sitios de muestreo.

Las estaciones de muestreo se ubicaron frente a Punta Agujas (estación 1), en la desembocadura del Río Agujas (estación 2), en la zona estuarina de la Quebrada del Mono (estaciones 7, 8 y 9), al nivel de la zona estuarina del segundo riachuelo la Quebrada Don Carmen (estaciones 18, 19 y 20) y en zona marítima por la Playa Colorada (estaciones 6 y 13). El cuadro de recapitulación de los promedios de las variables medidas por sitio de muestreo en función de la época se ve en el Anexo II y las coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo están descritas en el Anexo III. Se obtuvo el mapa de las quebradas del Mono y de Don Carmen y del Jardín gracias a una exploración realizada en los cursos de agua y sus afluentes hasta las zonas accesibles. Se usó un GPS de marca Garmin y de modelo eTrex VISTA HCx. La adquisición de las coordenadas geográficas se ejecutó con el programa Mapsource de Garmin fue. Luego se modificaron los mapas gracias al programa Paint de Microsoft.

### **3-Mediciones *in situ***

Se tomó una muestra superficial de agua con una botella Niskin de 5 L en cada estación en marea alta. Se midió la salinidad (ups) con un refractómetro óptico de marca Atago, la temperatura (°C) con el sensor asociado al medidor de oxígeno disuelto, el oxígeno disuelto (mg O<sub>2</sub>/L) y la conductividad (mS/cm) con el sensor incorporado en el equipo YSI (Yellow System Instruments) y el pH con el pH-metro de marca Cole-Parmer Instruments Company (en las estaciones fluviales). Se introdujeron los sensores del equipo YSI y del pH-metro calibrado con dos disoluciones amortiguadoras patrón, de pH 7 y de pH 4 en la botella hasta que los valores de cada parámetro se estabilizaran. Se estimó la penetración de la luz en la columna de agua o turbidez con un disco de Secchi de 20 cm de diámetro. Se homogeneizó la muestra en la botella Niskin y se separaron las submuestras dedicadas a los análisis de concentración de materiales en suspensión y clorofila-*a* en dos botellas oscuras de polietileno de 2 L y en otra botella oscura de polietileno de 1 L para la determinación de la concentración de los iones principales y alcalinidad, después de tres enjuagues por cada botella. Se colocaron las botellas en una hielera a una temperatura cerca de 5°C. Las muestras fueron filtradas el mismo día en el propio terreno de la investigación a través de filtros GF/C, con el fin de iniciar la determinación de la concentración de clorofila-*a* y a través de filtros GF/C secados 24h a 60°C y pesados para determinar la concentración de los materiales en suspensión. Los filtros se almacenaron en frío y se trasladaron al Laboratorio de Oceanografía Química del Centro de Investigación en ciencias del mar y limnología (CIMAR) (LOQ-CIMAR), donde su masa fue determinada en una balanza analítica,



una vez que se secaron durante 24 horas a 60 °C. La concentración de clorofila-*a* (mg/m<sup>3</sup>) se determinó en el LOQ-CIMAR, donde se aplicó el Protocolo de Operación Normalizado (PON) que utiliza la espectrofotometría molecular a un extracto de los filtros con acetona al 90%.

Las muestras de agua dedicadas a la determinación de BCF y *Escherichia coli*, se tomaron en bolsas plásticas transparentes y esterilizadas. La medición de la Demanda Bioquímica de Oxígeno por 5 días a 20°C, se realizó al tomar muestras de agua en botellas oscuras de polietileno de 1 L. El muestreo se efectuó al día siguiente de haber tomado las muestras correspondientes a las determinaciones fisicoquímicas en los sitios indicados en la figura 3.

#### **4-Análisis de agua**

Tres laboratorios de la Universidad de Costa Rica brindaron su colaboración en los análisis físico-químicos y microbiológicos de las muestras de agua dulce y salada, aportando así una gama de parámetros representativos de la calidad del agua.

##### ***a-Análisis realizados en el LOQ-CIMAR***

Los nutrientes: nitrato, nitrito, silicato y fosfato (μmol/L) se determinaron en las aguas filtradas, las cuales se trasladaron frías y en recipientes de polietileno oscuros, al LOQ donde se aplicaron los PON validados y que consisten en desarrollar compuestos coloreados con cada uno de esos analitos presentes en el agua. Luego se midió su absorbancia en un espectrofotómetro marca Shimadzu 1700, haciendo referencia a una curva de calibración con patrones estándares (Strickland & Parsons 1972), de la cual se obtienen, estadísticamente, los valores de los límites de detección y de cuantificación (Meier & Zünd 2000).

A la información obtenida acerca de la concentración de los nutrientes de la zona estuarina de los dos riachuelos, se le aplicó el método de los diagramas de mezcla para inferir si existieron situaciones anómalas, según la línea teórica de dilución, lo cual evidenciaría situaciones de contaminación (Silva & Acuña 2006, Presley & Trefry 1980).

##### ***b-Análisis realizados en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA)***

La DBO<sub>5,20</sub> se determinó diluyendo una muestra de agua de volumen conocido y se incubó durante 5 días, a oscuras, a 20°C. Se midió la concentración de oxígeno disuelto en la mezcla, antes y después de la incubación y por diferencia se determinó la DBO<sub>5,20</sub>.

La alcalinidad de las aguas y la concentración (mg/L) de los cationes y los aniones (cloruro, sodio, calcio, magnesio, sulfato y potasio), se determinaron en el laboratorio del CICA, de acuerdo con sus PON, los cuales utilizan una valoración ácido-base y un cromatógrafo de iones marca Shimadzu HIC-6A, según la naturaleza de la especie química.

### ***c-Análisis realizados en el Instituto de Investigación de Salud (INISA)***

Para determinar la concentración de coliformes fecales y de *Escherichia coli*, el análisis que se aplicó fue el del Número Más Probable por 100 mL (NMP/ 100 mL) (APHA 1992). La determinación de BCF y de *E.coli* en las aguas superficiales recolectadas en bolsas plásticas esterilizadas, se llevó a cabo en los laboratorios del INISA. La información obtenida se comparó con el criterio bacteriológico nacional de Costa Rica (Mora et al. 1989).

En los estudios y análisis de interpretación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos, se aplicó, además, el análisis estadístico según el programa SYSTAT (Wilkinson 1987), a un nivel de confianza del 95% (Gutiérrez 1995), la estadística no paramétrica (Conover 1971, Miller & Miller 2002) y la estadística paramétrica (Miller & Miller 2002), según se requirió.

## **5-Índice de Calidad del Agua de Agujitas (ICA-Agu)**

El ICA reduce de una manera sistemática gran cantidad de información técnica a un valor numérico asociado a una categoría, que al describir la calidad de un cuerpo de agua permite a las comunidades tomar decisiones sobre sus usos y manejo (Deininger 1980). El ICA que se calculó aquí está modificado del ICA de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos de Norteamérica (NSF por el nombre en inglés, National Sanitation Foundation) el cual integra 9 parámetros físico-químicos como un producto ponderado (Cuadro 1).

**Cuadro 1: Comparación de los parámetros usados para la construcción del ICA de la NSF (ICA-NSF) y del ICA modificado para el estudio (ICA-Agu).**

<b>Parámetros ICA-NSF</b>	<b>Parámetros ICA-Agu</b>	<b>Ponderación</b>
% Saturación de oxígeno	% Saturación de oxígeno	0,17
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	0,16
pH in situ	pH in situ	0,11
DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	0,11
Nitratos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	0,10
Fosfatos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	0,10
T (°C)	T (°C)	0,10
Turbidez (FAU)	Conductividad (µS)	0,08
Materiales suspendidos (mg/L)	Materiales suspendidos (mg/L)	0,07

Se calculó el ICA-Agu en las estaciones 7 y 18 que corresponden a los extremos fluviales de los esteros formados en las quebradas del Mono y Don Carmen. En el presente estudio, muy a menudo, la profundidad de penetración de la luz en el agua fue total hasta el fondo por lo que no se utilizó el disco de Secchi. La concentración de materiales en suspensión, que cuantifica los materiales insolubles en el agua, es un parámetro muy vinculado con la turbidez y fue tomado en cuenta en el cálculo del ICA-NSF. Se escogió la conductividad como parámetro, pues es un buen indicador de la concentración de los iones en disolución lo que puede aportar otro aspecto en el cálculo del ICA y ya ha sido integrado en un ICA calculado para apreciar la calidad de las aguas de riego en los humedales por Pérez-Castillo (2004). Es un parámetro relevante que puede ayudar a apreciar el desarrollo de la piscicultura. Por cada parámetro, se convirtieron los valores medidos en valores de puntaje comprendidos entre 0 y 1 con curvas específicas. La curva elaborada por Kahler-Royer (1999) fue aplicada a los valores de concentración de materiales suspendidos, la curva construida por Escribano & De Frutos (1987) permitió convertir los valores de conductividad y las curvas calculadas por la National Sanitation Foundation (Pérez-Castillo 2004) fueron empleadas en la conversión de los valores de los otros parámetros.

## **6-Desechos sólidos, corriente y caudal**

Los desechos sólidos que se encuentren a lo largo de la Playa Colorada se recogieron en una franja de 3 m de ancho y 100 m de longitud paralela al mar (Anexo XVII), para conocer la frecuencia con que aparecen los diversos materiales y tratar así de inferir su origen. La recolecta se hizo una vez durante el periodo de estudio el 6 de diciembre de 2007 entre los puntos de coordenadas geográficas 8°41.435' N, 83°40.005'O y 8°41.430' N, 83°40.060'O. Se clasificaron y se midieron (masa, volumen o número) los materiales utilizando el protocolo del LOQ- CIMAR \*(Anexo VIII). La información se organizó en cuadros de frecuencia.

Se observó la dirección principal de las corrientes costeras de la bahía, para inferir la dinámica de circulación de las aguas al nivel de la desembocadura del Río Agujas y en la parte sur de la bahía y apreciar así su influencia en el depósito de desechos sólidos en la playa. Esta actividad se llevó a cabo durante las épocas de muestreo descritas inicialmente que corresponden a los diferentes niveles estacionales de lluvia: septiembre/octubre de 2007, enero de 2008 y abril de 2008, mediante la observación del desplazamiento de flotadores orgánicos degradables, con una frecuencia semanal, con preferencia durante un período de la marea alta, en diferentes puntos. Se complementó por medio de entrevistas con los capitanes y boteros de la zona. Se observó la

dirección y la intensidad relativa del viento con la misma frecuencia.

El caudal de los riachuelos se evaluó con una frecuencia similar a la ejecución del muestreo, para calibrar la influencia de varios de los parámetros fisicoquímicos medidos sobre la calidad del agua de la estela de las quebradas. La determinación del caudal se realizó al nivel de los sitios de muestreo 8, 19 por las quebradas del Mono y Don Carmen. Se efectuó también al nivel del sitio 4 en mayo de 2008 en vista a comparar el caudal del Río Agujas con el de las quebradas. Se midió con un flujómetro tipo FP101 Global Flow Probe (Global Water, California) el 10 de septiembre y con una cinta de 2 m, una cuerda de 5 m marcada cada 25 cm y un pequeño flotador orgánico redondo (Umaña, com. pers. 2008) en las campañas de enero, abril y mayo de 2008.

## **7-Perfil de playa**

Se procedió a medir el perfil de playa a partir de una palmera específica de la Playa Colorada de coordenadas geográficas 8°41.440' N, 83°40.035' O el 23 de noviembre de 2007 y el 14 de mayo de 2008 con el fin de compararlos y detectar si se presentaron variaciones. Se midió la pendiente de la playa cada 5 m usando una cinta rígida de madera de 2 metros, otra de 1 metro y un decámetro (Anexo XVI).

## **8-Análisis granulométrico**

Se tomaron muestras superficiales de arena al nivel de bajamar el 23 de noviembre de 2007 para efectuar un análisis granulométrico de los diferentes tipos de arena encontrados en tres puntos de Playa Colorada (frente a la pulpería, frente a la boca Quebrada del Mono y frente al Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (EBAIS) de Drake).

Se recogieron 4 muestras superficiales de arena a lo largo de la línea de perfil desde el sitio fijo (la palmera especificada anteriormente), hasta el mar y dos muestras de tierra a unos 50 cm de la superficie en dos puntos del pueblo el 13 de mayo de 2008. El punto de muestra de tierra ubicado a la orilla de la carretera tiene como coordenadas geográficas 8°41.365' N, 83°39.745' O y el punto de la ladera de la Quebrada Don Carmen se sitúa en el punto de coordenadas geográficas 8°41.425' N, 83°39.755' O (Anexo XVIII). Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Geomorfología de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica.

# RESULTADOS

## I - Análisis de agua

### 1-Temperatura

De manera general, se destacaron temperaturas un poco más altas en las estaciones marinas. Independientemente del horario de muestreo, las temperaturas tuvieron un promedio de  $29,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$  en las estaciones marinas, de  $28,5 \pm 1,2^\circ\text{C}$  en las estaciones medias y de  $27,1 \pm 1,5^\circ\text{C}$  en las estaciones fluviales.

### 2-Salinidad y Conductividad

La estación marina 1 (PA) (Figura 4) fue la más salada con  $32,4 \pm 0,9$  ups. Las estaciones marinas 6 (PC1) y 13 (PC2) tuvieron un promedio de 32,3 ups. Los sitios marinos ubicados al extremo marino de los esteros tuvieron salinidades más bajas, con un promedio de  $30,9 \pm 2,3$  ups en la estación 9 (BM) y  $28,9 \pm 3,4$  ups en la estación 20 (BC) influenciadas por el aporte fluvial. Las estaciones presentaron salinidades similares entre enero y abril de 2008.

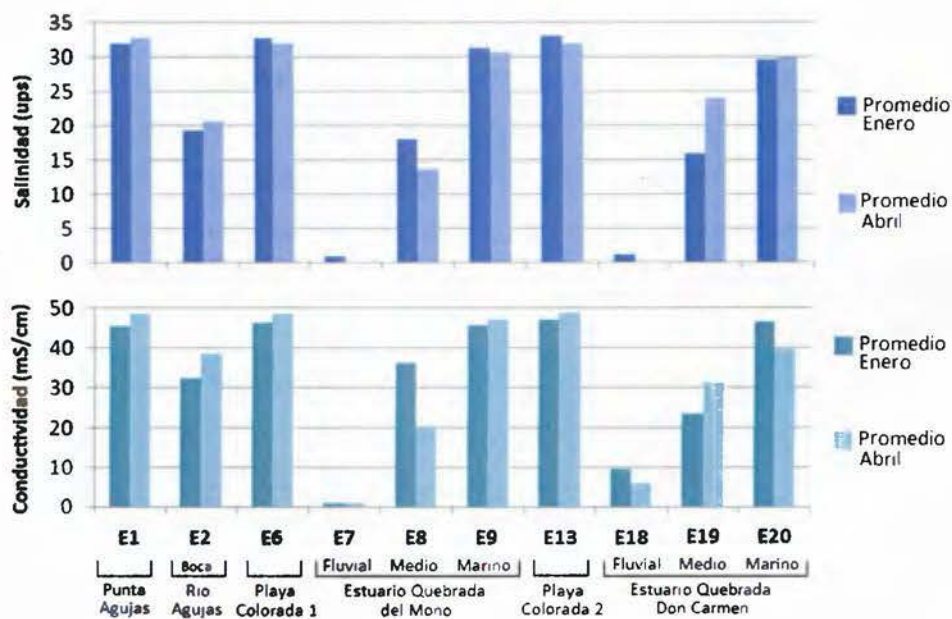


Figura 4: Comparación de los valores promedio de salinidad (ups) y de conductividad (mS/cm) en la época de transición (enero de 2008) ( $n=3$ ,  $n$ =número de muestras) y en la época seca (abril de 2008) ( $n=3$ ).

Los valores más bajos de conductividad se encontraron en las estaciones fluviales. La conductividad tuvo un ámbito de 0,1 a 1,7 mS/cm en promedio en la estación 7 (QM1) y de 1,0 a 14,6 mS/cm en la estación 18 (QC1). En los sitios medios, la conductividad tuvo un promedio de  $30 \pm 10$  mS/cm en la estación 8 (QM2) y de  $28 \pm 11$  mS/cm en la estación 19 (BC2). La desembocadura del Río Agujas presentó una conductividad cercana con  $32,9 \pm 6,7$  mS/cm<sup>2</sup> de promedio. Las estaciones marinas PA, PC1, PC2, BM y BC tuvieron conductividades superiores, fueron comprendidas entre  $44,0 \pm 6,9$  mS/cm (BC) y  $48,1 \pm 0,9$  mS/cm (PC2). Los valores de las estaciones marinas PA y PC1 fueron comparables entre las campañas de enero y abril de 2008. La salinidad y la conductividad estuvieron vinculadas, pues mostraron una correlación lineal superior al 97%. La conductividad del agua da una buena apreciación de la abundancia de los iones en disolución y un valor elevado se traduce en una salinidad elevada, o en valores anómalos de pH (Orozco *et al.* 2005).

### **3-pH**

Se obtuvo el promedio en el sector fluvial (QM1 y QC1) de las quebradas en enero de 2008. Ambas estaciones tuvieron un pH un poco ácido con valores de  $6,8 \pm 0,2$  en la Quebrada del Mono y  $6,9 \pm 0,1$  en la Quebrada Don Carmen.

### **4-Concentración de Materiales Suspendidos**

Las estaciones fluviales de ambos esteros (QM1 y QC1), así como la estación de la boca del Río Agujas (BA), fueron las que tuvieron la menor cantidad de materiales suspendidos durante todo el periodo de estudio excepto, después del episodio lluvioso del 21 de abril de 2008. Durante las épocas de transición y seca, la estación marina (PA) presentó un promedio de CMS de  $48 \pm 22$  mg/L, la estación (BA) de  $19 \pm 11$  mg/L. La CMS de las estaciones marinas PC1 y PC2 fue bastante alta con ámbitos de 23 a 114 mg/L (n=7) y de 20 a 247 mg/L (n=9).

Durante la época de transición los valores menores se encontraron en las zonas fluviales de las quebradas del Mono y Don Carmen con ámbitos de 2 a 10 mg/L (n=3) y de 3 a 16 mg/L (n=3), respectivamente. Durante la misma campaña se detectaron los valores mínimos de CMS de la desembocadura del Río Agujas con  $12 \pm 3$  mg/L y de la estación marina 13 con un ámbito entre 20 y 73 mg/L. La variabilidad de los datos de CMS en las estaciones medias superó mucho la de las estaciones fluviales y marinas debido a que las muestras contuvieron la arena puesta en suspensión en el lecho arenoso de poca profundidad.

Durante el último muestreo de abril de 2008, se tomaron las muestras de agua de los sitios PA, BA y PC1 antes de un aguacero. Las muestras de agua de los sitios ubicados en las quebradas (sitios QM1, QM2, BM, QC1, QC2 y BC) y en el sitio marino PC2 se tomaron después. La lluvia afectó de manera significativa los resultados de las 7 estaciones precedentes debido al aumento drástico del caudal de los cursos de agua.

El ámbito de los valores de CMS de los sitios fluviales QM1 y QC1 de los muestreos sin episodio lluvioso fue de 2 a 83 mg/L (n=8) y de 3 a 21 mg/L (n=6) respectivamente (Figura 5). Durante el aguacero del 21 de abril de 2008 se midieron niveles de 783 mg/L (QM1) y 566 mg/L (QC1). Los valores puntuales de CMS durante el aguacero fueron superiores a 15 veces el promedio sin episodio lluvioso. El muestreo del 21 de abril fue el único momento entre todas las campañas en el cual la CMS sobrepasó mucho el límite superior de aguas fluviales consideradas como contaminadas para la pesca y la vida acuática.

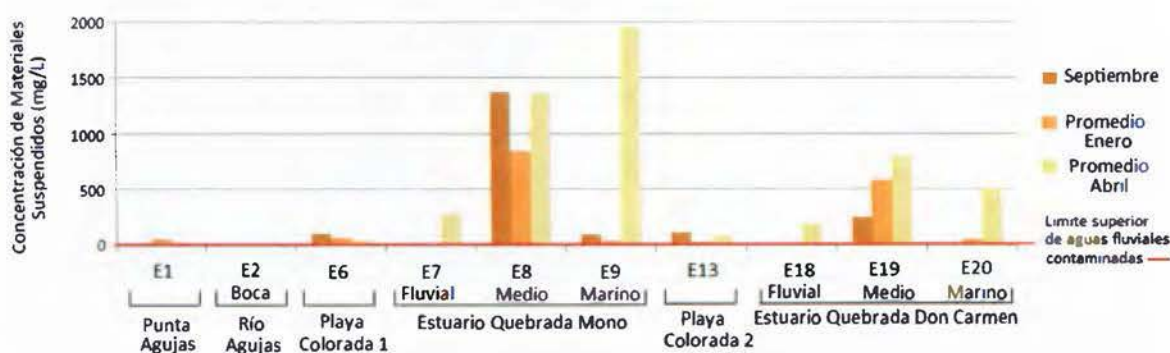


Figura 5: Comparación de la dispersión de las CMS en los diferentes puntos de muestreo entre las campañas de septiembre de 2007 (se midió en las estaciones 7, 8, 9 y 13, n=3), enero (n=3) y abril (n=3) de 2008. Está incluido el límite superior de CMS (25 mg/L) considerando la calidad del agua para la pesca y la vida acuática y las que se estiman para aguas no contaminadas (Pérez-Castillo 2004), Anexo XV.

### 5-Transparencia del agua

La transparencia, evaluada por la profundidad de entrada de luz en la columna de agua, fue total hasta el fondo, es decir que los valores de transparencia fueron superiores a la profundidad del sitio de muestreo en la estación marina de Punta Agujas, donde fue medida en enero y abril de 2008. En la desembocadura del Río Agujas (BA) y en la estación marina 6 (PC1) la transparencia fue bastante constante durante el periodo de estudio, el promedio era  $2,2 \pm 0,8$  m (n=7) y  $0,5 \pm 0,3$  m (n=7) respectivamente. Las estaciones medias (QM2 y QC2) tuvieron los valores más bajos de los meses de enero y abril de 2008.



La transparencia coincidió con valores de CMS bajos. De manera general, en abril de 2008 se notó una relación inversa entre la profundidad de penetración de la luz en el agua y la CMS.

Durante el último muestreo de abril de 2008 en las estaciones de ambos esteros y la estación marina PC2 la turbidez no excedió 0,25 m mientras la CMS presentó valores muy altos. En el anexo XIV, fotografías D, E, F, G y H y en la figura 6 se pueden observar los efectos de un episodio lluvioso en las quebradas del Mono, de Don Carmen, en el Río Agujas y también los sedimentos en suspensión en la franja litoral de la Bahía de Drake como consecuencia de la erosión.



Figura 6: Fotografía de una intersección de la Quebrada Don Carmen con un afluente aportando sedimentos durante un episodio lluvioso el 10 de julio de 2008. Foto: Jean-Baptiste Livenais.

## 6- Porcentaje de Saturación de Oxígeno

Durante la época lluviosa, las aguas estuvieron significativamente más oxigenadas con un promedio del PSO del  $73,3 \pm 9,0\%$  contra un  $47,2 \pm 14,5\%$  en enero de 2008 y del  $50,4 \pm 8,9\%$  en abril de 2008 (Figura 7). Pocos promedios de PSO sobrepasaron un 50% durante las épocas de transición y seca. Un agua considerada como poco contaminada tiene una concentración de oxígeno igual a 50% del valor de saturación a la presión y temperatura correspondiente (Orozco *et al.* 2005). Las estaciones PC1 y QM1 mostraron poco oxígeno disuelto, sus ámbitos durante el periodo de estudio fueron del 35 al 68% (n=7) y del 35 al 61% (n=7) respectivamente. Las aguas del Río Agujas (BA) y las de la Quebrada Don Carmen (QC1) presentaron niveles de oxígeno más altos con ámbitos del 37 al 93% (n=7) y del 34 al 77 % (n=7). No se encontraron situaciones de anoxia durante el periodo de estudio.



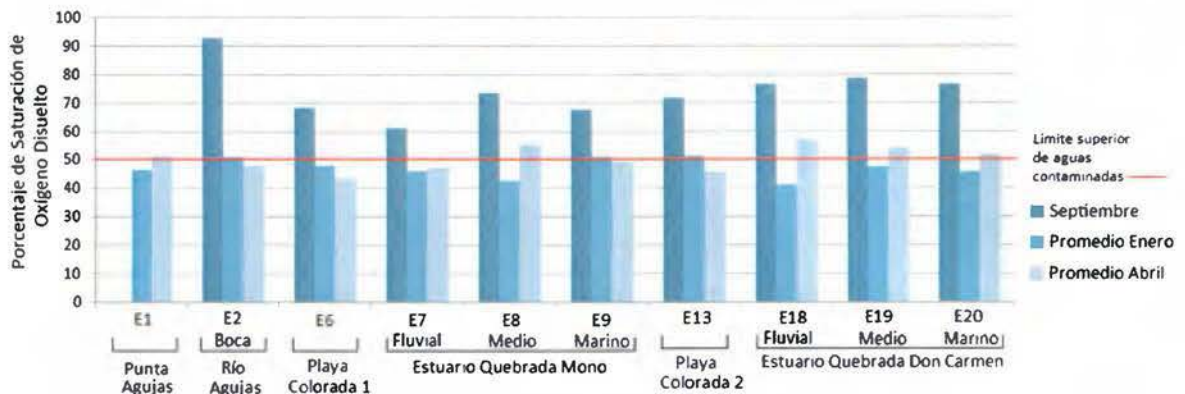


Figura 7: Comparación de los Porcentajes de Saturación de Oxígeno Disuelto en los diferentes sitios de muestreo medidos en septiembre de 2007 (en las estaciones 2, 6, 18, 19 y 20, n=1, en las estaciones 7, 8, 9 y 13, n=3), enero y abril de 2008 (n=3). La estación 1 fue muestreada en enero (n=2) y en abril de 2008 (n=3).

## 7-Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se presentó un aumento de  $DBO_{5,20}$  en la Quebrada del Mono entre septiembre de 2007 y abril de 2008 mientras en todas la otras estaciones el máximo fue alcanzado durante la época de transición en enero de 2008 (Figura 8). En septiembre el nivel de demanda bioquímica de oxígeno fue el más bajo con un promedio de  $4,4 \pm 0,4$  mg  $O_2/L$ . Entre enero y abril de 2008, los niveles aumentaron con ámbitos de 2,7 a 24,5 mg  $O_2/L$  y de <2 a 24,0 mg  $O_2/L$  respectivamente. El 14 de enero de 2008, la  $DBO_{5,20}$  medida en todas las estaciones presentó valores altos comprendidos entre 12,3 mg  $O_2/L$  en la estación fluvial 12 (QM5) y 24,45 mg  $O_2/L$  en la estación marina PC1. Estos datos atestiguan la variación puntual significativa de la  $DBO_{5,20}$  durante la época de transición. Orozco *et al.* (2005) estimó la calidad del agua en función del valor de la  $DBO_{5,20}$  en el cuadro 2.

Cuadro 2: Estimación de la calidad del agua en función del valor de la  $DBO_{5,20}$ .

Valores de $DBO_{5,20}$	Calidad del agua
<3 mg/L $O_2$	Aguas muy puras
3-5 mg/L $O_2$	Pureza intermedia
> 8 mg/L $O_2$	Agua contaminada
100-400 mg/L $O_2$	Residuales urbanas
400-10000 mg/L $O_2$	Industria alimentaria o semejante

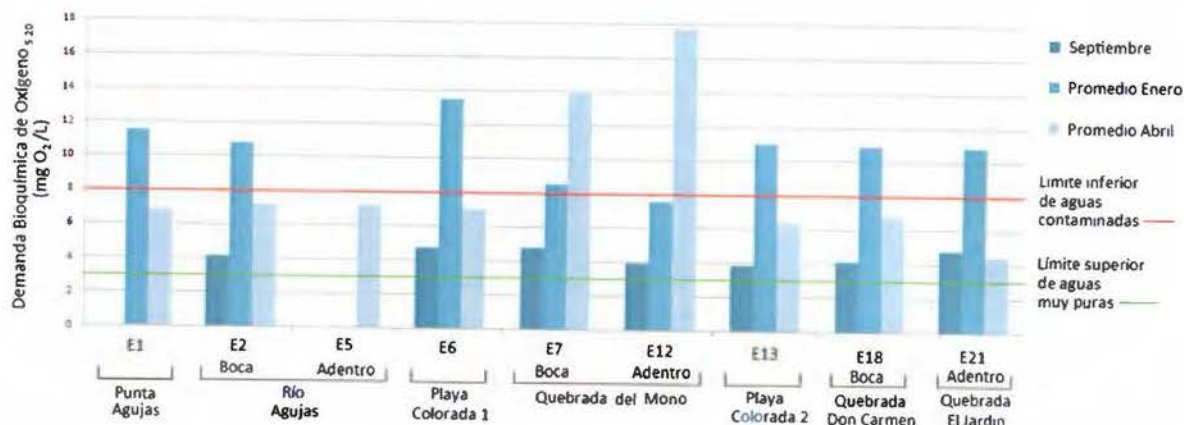


Figura 8: Comparación de la DBO<sub>5,20</sub> (mg O<sub>2</sub>/L) entre los diferentes sitios de muestreo en septiembre de 2007 (n=1), enero y abril de 2008 (n=3). La estación 1 fue muestreada en enero (n=2) y en abril de 2008 (n=3).

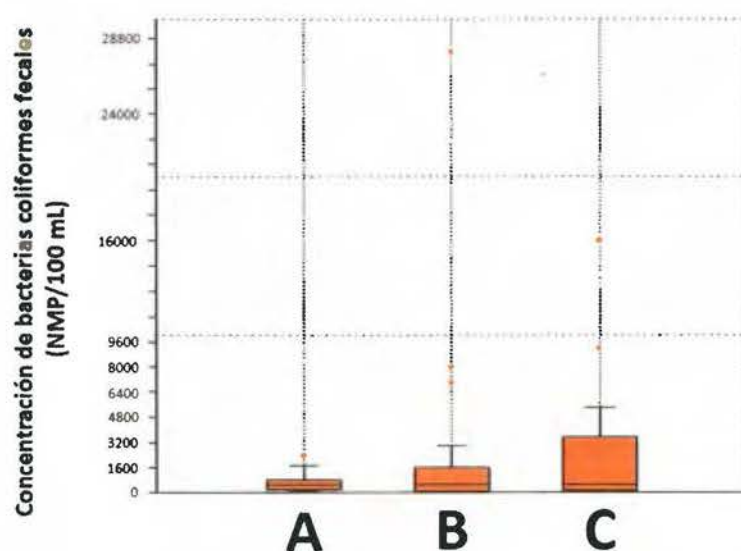
En enero de 2008, las aguas de la estación QM5 presentaron niveles comparables a la estación QM1 con ámbitos de 3,4 a 12,3 mg O<sub>2</sub>/L (n=3) y de 2,7 a 16,0 mg O<sub>2</sub>/L respectivamente. No obstante, en abril de 2008, los valores de DBO<sub>5,20</sub> de las estaciones QM5 y QM1 presentaron valores comprendidos entre 6,3 y 24,1 mg O<sub>2</sub>/L (n=3) y 7,5 y 23,6 mg O<sub>2</sub>/L aunque en las otras estaciones los promedios fueron comprendidos entre 7,2 ± 1,9 mg O<sub>2</sub>/L (estación 2, Río Aguja) y 4,43 ± 1,67 mg O<sub>2</sub>/L (estación 21, Quebrada El Jardín). Los valores de DBO<sub>5,20</sub> fueron muy similares en las estaciones QC1 y QJ en enero y abril de 2008. De manera global todas las muestras mostraron niveles de DBO<sub>5,20</sub> superiores a 3 mg O<sub>2</sub>/L. El valor de la DBO<sub>5,20</sub> puede verse afectado por la presencia de sustancias tóxicas para las bacterias, como Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Cr<sup>6+</sup> y detergentes (Orozco *et al.* 2005).

### 8-Bacterias coliformes fecales y *Escherichia coli*

En el 76,1% de las muestras, las BCF eran *E. coli* (Anexos VI y VII). Las más bajas concentraciones de BCF se encontraron en las estaciones marinas PA, PC1, PC2 y en la estación fluvial QJ con ámbitos de 2 a 350 NMP/ 100 mL, de 13 a 700 NMP/ 100 mL, de 4 a 800 NMP/ 100 mL y de 49 a 500 NMP/ 100 mL, respectivamente. Las estaciones fluviales QM1 y QC1 presentaron las mayores concentraciones de BCF y *E. coli* durante el periodo de estudio con ámbitos de BCF de 500 a 16000 NMP/ 100 mL y de 800 a 28000 NMP/ 100 mL respectivamente (Cuadro 3). Desde la época lluviosa hasta el fin de la época seca la dispersión de las concentraciones de BCF iba aumentando (Figuras 9 y 10).

**Cuadro 3: Ámbitos de concentración de BCF y *E. coli* (NMP/100 mL) según la época de muestreo: en septiembre de 2007, enero y abril de 2008 (ELL: Época Lluviosa, ET: Época de Transición y ES: Época Seca).**

Época/Sitios →	PA	BA	RA3	PC1	QM1	QM5	PC2	QC1	QJ
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
<b>Bacterias Coliformes Fecales (NMP/100 mL)</b>									
ELL	—	500 - 1600	—	110 - 240	500 - 2400	300 - 500	130 - 800	800 - 1700	80 - 300
ET	2 - 17	80 - 800	900 - 900	17 - 170	1600 - 8000	240 - 900	4 - 500	3000 - 28000	70 - 500
ES	63 - 350	490 - 5400	490 - 2200	23 - 700	3500 - 16000	350 - 3500	49 - 240	9200 - 9200	49 - 490
<b>Bacterias <i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)</b>									
ELL	—	500 - 1600	—	130 - 240	500 - 2200	500 - 500	130 - 800	800 - 1700	80 - 300
ET	2 - 11	80 - 800	900 - 900	13 - 130	1600 - 8000	240 - 900	4 - 500	800 - 5000	70 - 300
ES	5 - 63	490 - 3500	490 - 2200	23 - 310	2400 - 16000	350 - 3500	23 - 130	5400 - 9200	49 - 490



**Figura 9 : Diagrama Boxplot representando la media y la dispersión de BCF en las tres épocas de muestreo; A: Septiembre/Octubre de 2007, B: Enero de 2008 y C: Abril de 2008.**



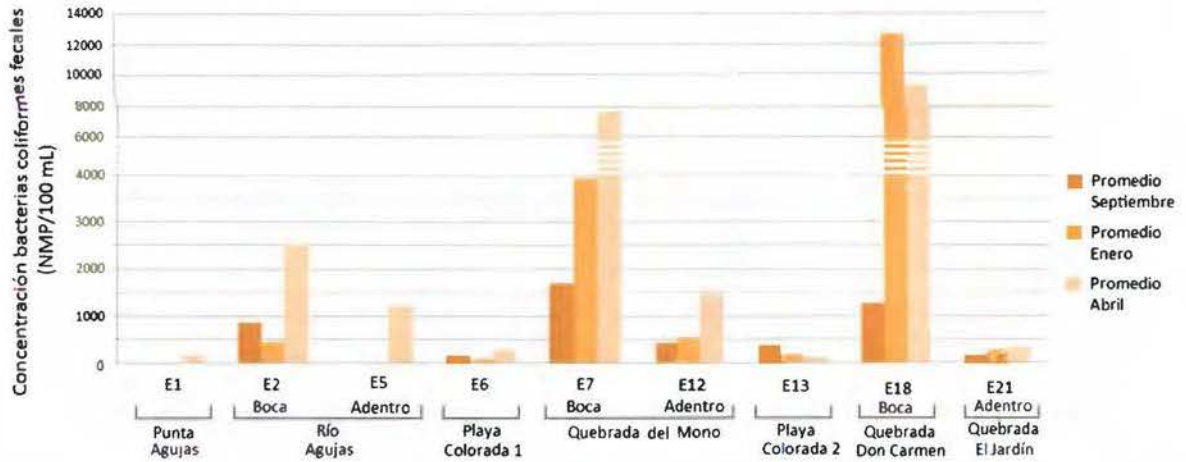


Figura 10: Comparación del promedio de la concentración de BCF. Las concentraciones sólo fueron medidas en enero (n=3) y abril (n=3) en la estación 1 y en abril de 2008 (n=3) en la estación 5.

De manera general, se destacaron muy altos niveles de BCF y *E. coli* en las desembocaduras de ambas quebradas, altos niveles en el Río Agujas, niveles medianos río arriba en las quebradas y bajos niveles en Playa Colorada y en Punta Agujas (Figura 11).

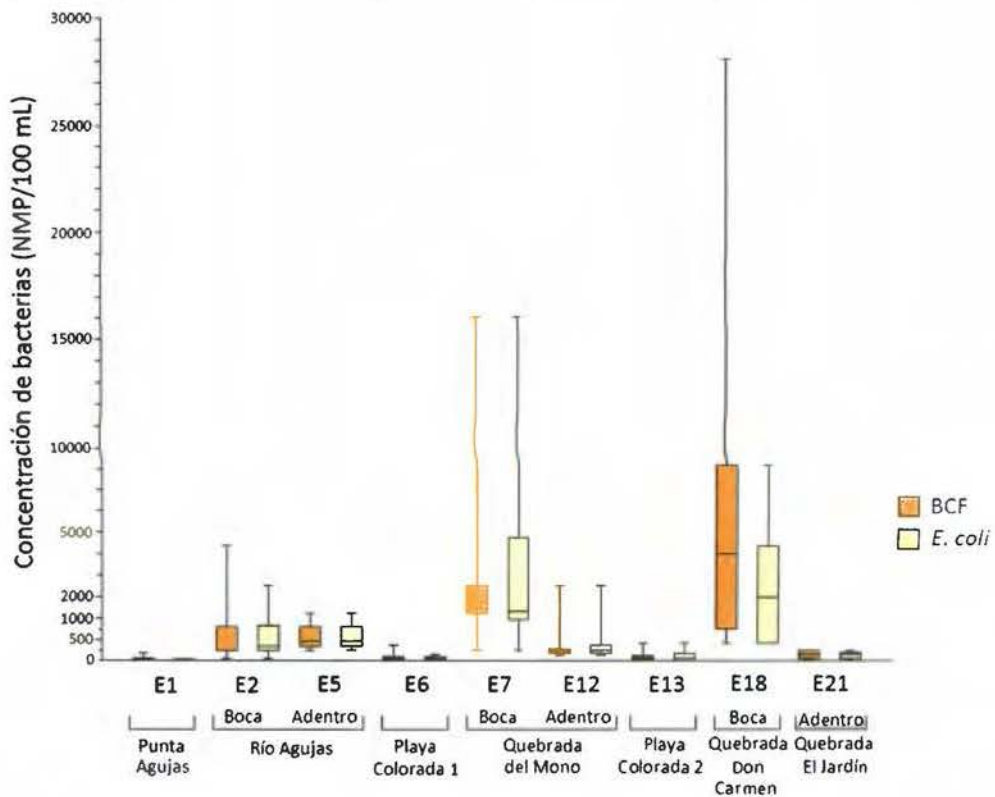


Figura 11: Comparación de la mediana y dispersión de la concentración de BCF y *E. coli* por punto de muestreo durante todo el estudio (n=9). Las concentraciones sólo fueron medidas en enero y abril de 2008 en la estación 1 (n=6) y en abril de 2008 en la estación 5 (n=3).

Las concentraciones de BCF medidas en los desagües D1 (el 22/04/08) y D2 (el 15/04/08) alcanzaron 16000 NMP/100 mL. Las mediciones efectuadas el 1 de abril de 2008 mostraron que las aguas de los sitios QM4 (490 NMP/10 mL), QM5 (350 NMP/10 mL) y QM6 (49 NMP/10 mL) tuvieron una concentración de BCF muy inferior a las aguas de los sitios QM3 y QM1 igual a 3500 NMP/100 mL (Figura 12).

Las estaciones RA3 y RA4 en el Río Aguja mostraron niveles de BCF altos de 1400 y 900 NMP/100 mL respectivamente el 1 de abril y el 21 de enero de 2008. La concentración fue significativamente inferior río abajo en los sitios RA2 (170 NMP/100 mL) y RA1 (130 NMP/100 mL) el 21 de enero de 2008 y fue mediana al nivel de la desembocadura en la estación BA (500 NMP/100 mL).

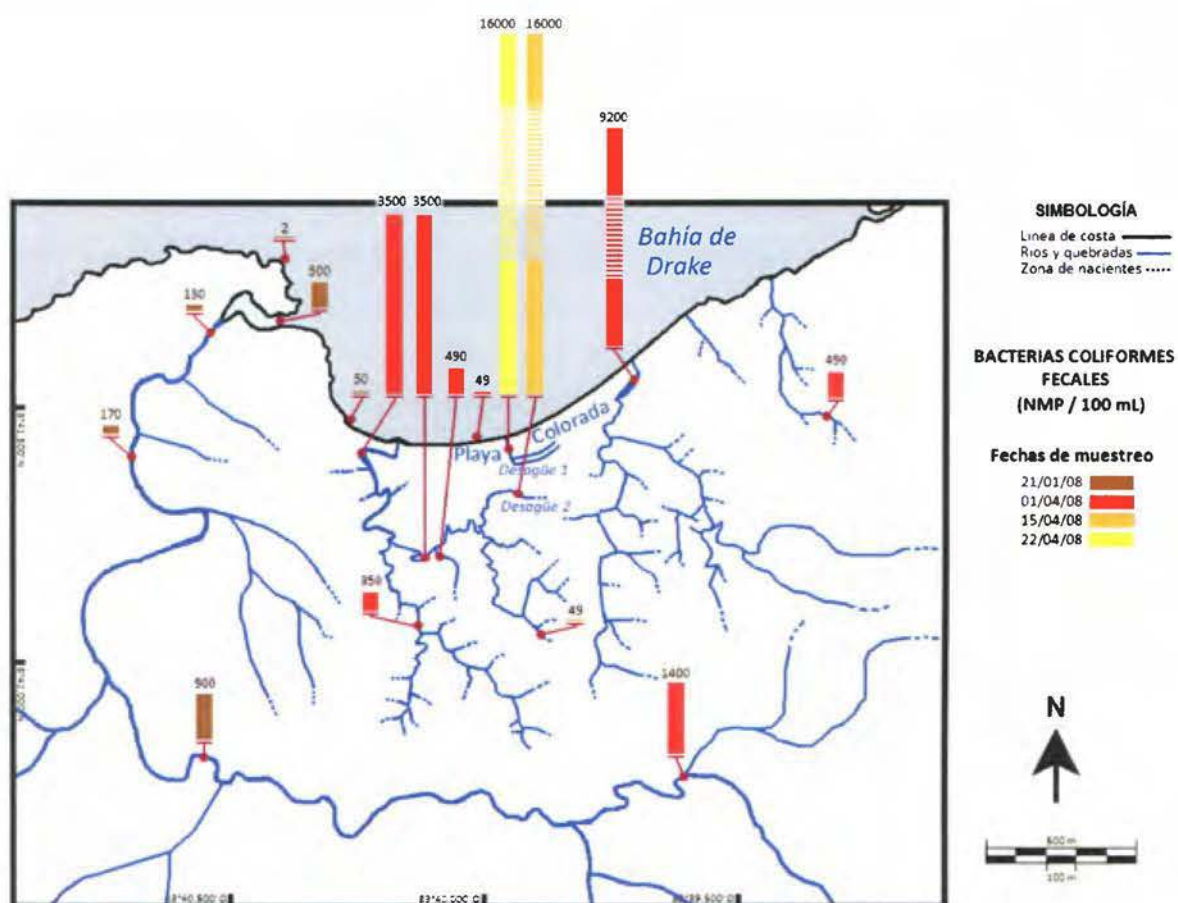


Figura 12: Mapa de concentración de BCF (NMP/100 mL) medida en sitios puntuales entre el 21 de enero de 2008 y el 22 de abril de 2008.

## ***9-Nutrientes***

En la Quebrada del Mono, el estero formado en la marea alta no sobrepasó los 30 m de longitud aún con un coeficiente de marea alto. Por la fuerza de la corriente de la quebrada el agua salada no penetraba muy lejos. En la mayoría de los muestreos el estuario tenía entre 5 y 10 m de longitud debido a la amplitud de marea débil. Por razones similares, la longitud del estero formado en la marea alta en la Quebrada Don Carmen no sobrepasó los 20 m.

### ***Fosfatos***

Las concentraciones en el medio marino estuvieron comprendidas entre  $0,020 \pm 0,002$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 1, abril de 2008) y  $0,053 \pm 0,038$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 9, septiembre de 2007) y el medio fluvial entre  $0,124 \pm 0,029$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 18, abril de 2007) y  $0,289 \pm 0,020$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 7, enero de 2008).

### ***Nitratos***

Las concentraciones en el medio marino fueron comprendidas entre nd (no detectable), es decir debajo del límite de detección de  $0,006$   $\mu\text{mol/L}$  (Estaciones 6, 9 y 13 en enero de 2008) y  $0,028 \pm 0,015$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 9 en Septiembre de 2007) y el medio fluvial entre  $0,140 \pm 0,009$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 7, enero de 2007) y  $0,775 \pm 0,491$   $\mu\text{mol/L}$  (Estación 18, abril de 2008).

Se notó la relación entre fosfatos y nitratos por su abundancia en los sitios fluviales y su dilución en los sitios medios y marinos; no obstante, no hubo correlación lineal entre los valores de ambos nutrientes según los sectores. Sólo se observó una relación lineal entre los valores de fosfatos y nitratos en la estación fluvial 18 con un  $R^2 = 0,991$  en enero de 2008. Se destacaron niveles muy altos de nitratos en abril de 2008; en consecuencia, los fosfatos se encontraron en déficit en las estaciones fluviales (Figura 13).

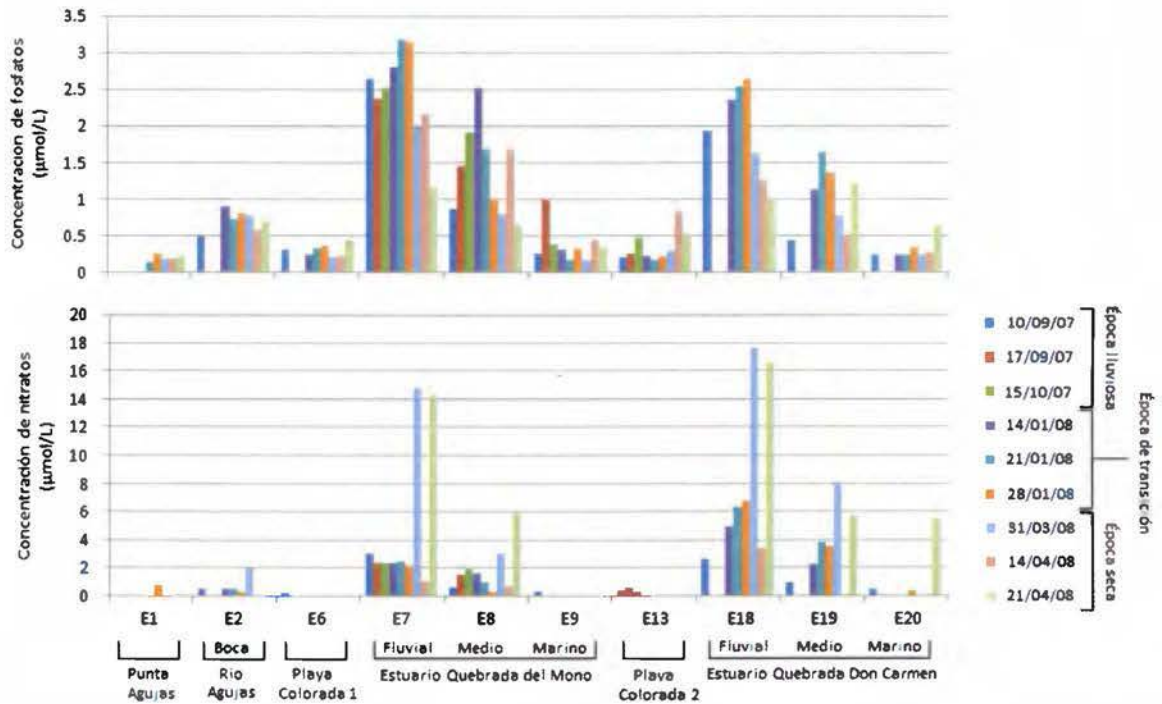


Figura 13: Concentración de fosfatos (arriba) y nitratos (abajo) en  $\mu\text{mol/L}$  en función de la época de muestreo.

### *Silicatos*

Las concentraciones en el medio marino estuvieron comprendidas entre  $0,6 \pm 0,3 \mu\text{mol/L}$  (Estación PA, enero de 2008) y  $4,8 \pm 1,9 \mu\text{mol/L}$  (Estación BM, septiembre de 2007) y el medio fluvial entre  $17,8 \pm 7,3 \mu\text{mol/L}$  (Estación QC1, abril de 2008) y  $32,3 \pm 0,5 \mu\text{mol/L}$  (Estación QM1, enero de 2008).

### *Nitritos*

De los 76 análisis de nitrito que se llevaron a cabo en todas las estaciones de muestreo, sólo 3 sobrepasaron el límite de detección de  $0,8 \mu\text{mol/L}$  y se encontraban en estaciones marinas. Se notó una concentración de nitritos de  $1,5 \mu\text{mol/L}$  relacionada con la presencia de nitratos. Se destacó la mayor concentración en la estación PC2 en abril de 2008 con  $0,05 \mu\text{mol/L}$ .



*Amonio*

Cinco de las 76 determinaciones superaron el límite de detección de 0,13  $\mu\text{mol/L}$ . El 21 de abril de 2008 en los sectores fluviales se midieron concentraciones de 32  $\mu\text{mol/L}$  en la Quebrada del Mono y 0,078  $\mu\text{mol/L}$  en la Quebrada Don Carmen. El 14 de abril de 2008 se destacó una concentración de 4,2  $\mu\text{mol/L}$  en la estación marina PC2 en la cual la semana anterior se había medido una concentración de 0,05  $\mu\text{mol/L}$ .

*Diagramas de mezcla*

Durante la campaña de septiembre y octubre de 2007 los diagramas de mezcla del estero de la Quebrada del Mono, presentaron un déficit en fosfatos (-15%) y en nitratos (-20%) aunque los silicatos mostraron una dilución normal (Figura 14).

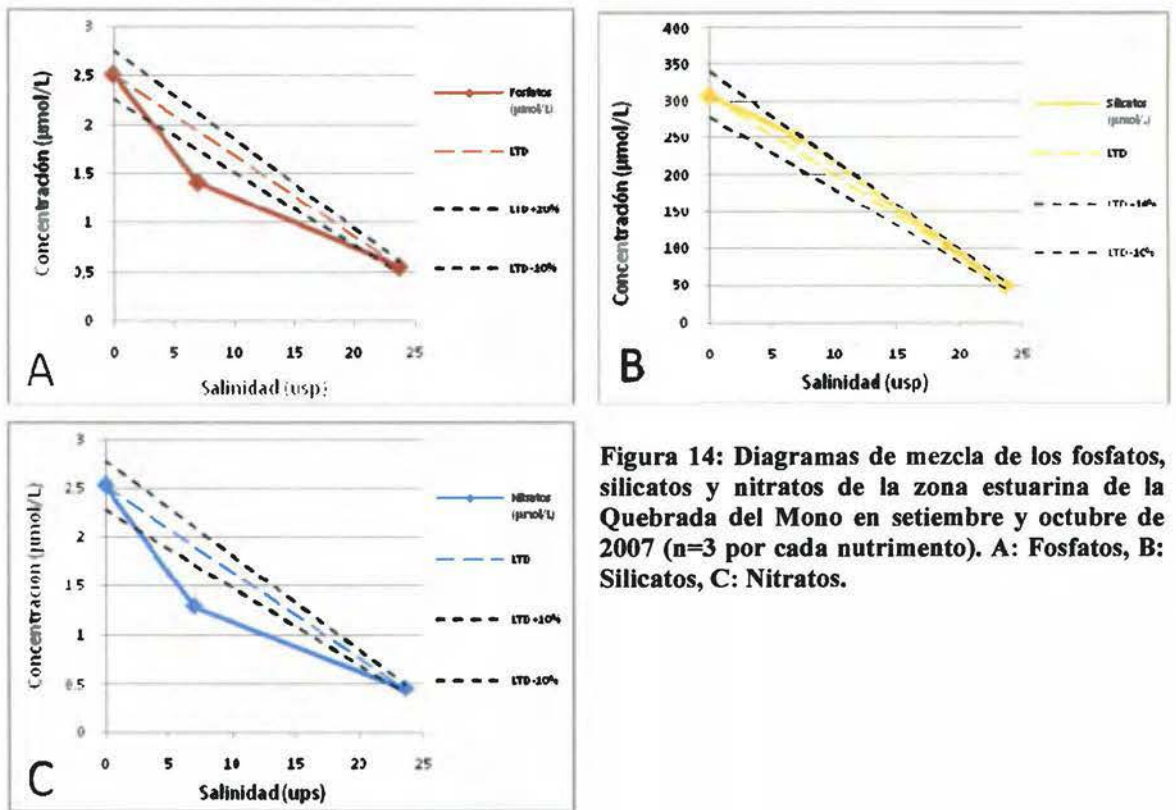


Figura 14: Diagramas de mezcla de los fosfatos, silicatos y nitratos de la zona estuarina de la Quebrada del Mono en setiembre y octubre de 2007 (n=3 por cada nutrimento). A: Fosfatos, B: Silicatos, C: Nitratos.



Los diagramas de mezcla en enero de 2008 presentaron una típica dilución en la Quebrada Don Carmen. En la misma campaña, se encontraron excesos de fosfatos (+21%) y de silicatos (+27%) en la Quebrada del Mono (Figura 15).

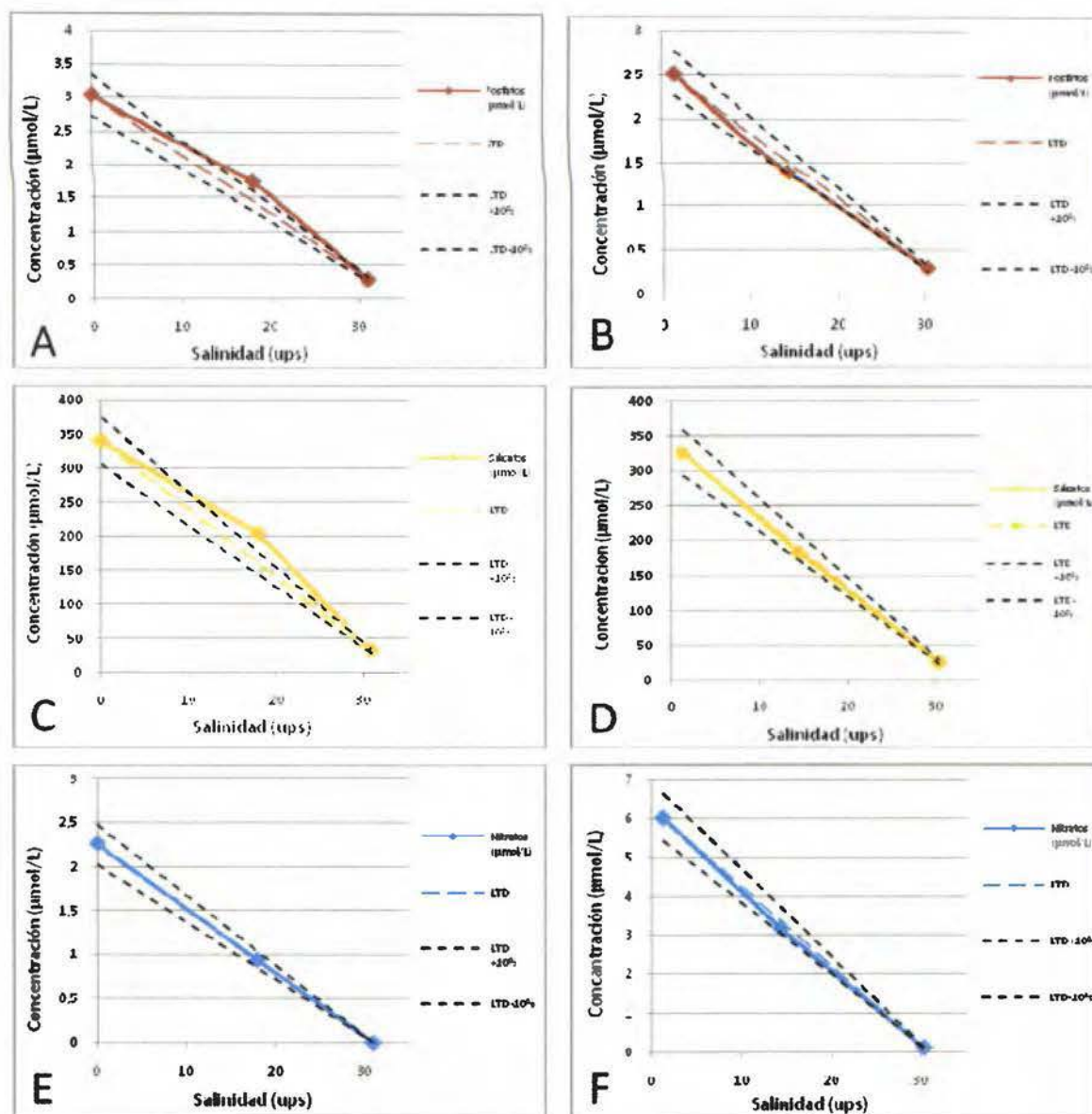


Figura 15: Diagramas de mezcla para la concentración de fosfatos, silicatos y nitratos en la zona estuarina de la Quebrada del Mono (izquierda) y de la Quebrada Don Carmen (derecha) en enero de 2008 (n=3 por cada nutriente); A: Fosfatos en la Q. Mono, B: Fosfatos en la Q. Carmen, C: Silicatos en la Q. Mono, D: Silicatos en la Q. Carmen, E: Nitratos en la Q. Mono, F: Nitratos en la Q. Carmen.

En abril de 2008, los fosfatos presentaron un comportamiento de dilución normal en ambas quebradas. Los silicatos fueron en exceso tanto en la Quebrada del Mono (+22%) como en la de Don Carmen (+118%). Se presentó un déficit de nitratos (-32%) en la estación media de la Quebrada del Mono (Figura 16).

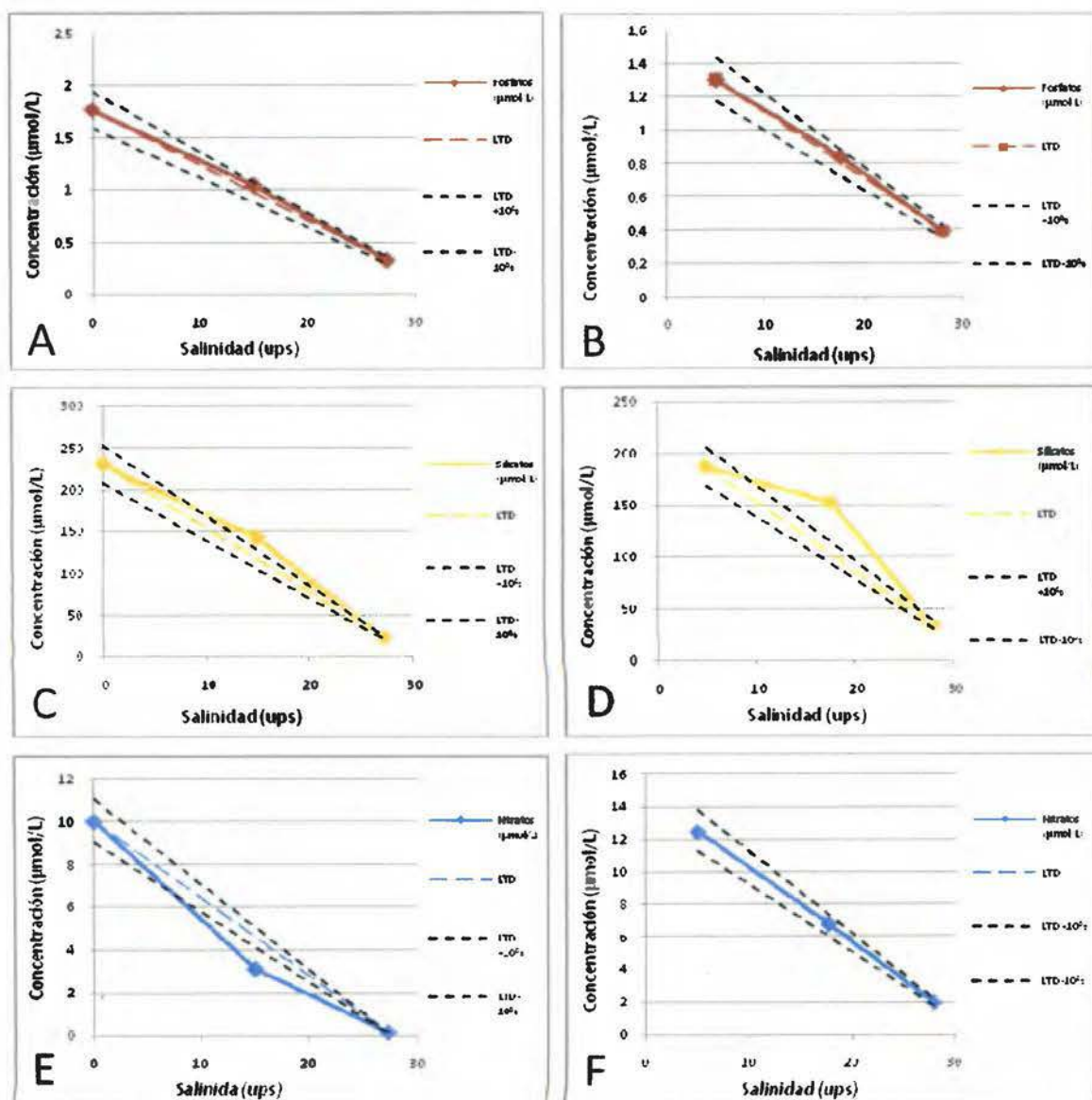


Figura 16: Diagramas de mezcla para la concentración de fosfatos, silicatos y nitratos en la zona estuarina de la Quebrada del Mono (izquierda) y de la Quebrada Don Carmen (derecha) en abril de 2008 (n=3 por cada nutriente). A: Fosfatos en la Q. Mono, B: Fosfatos en la Q. Carmen, C: Silicatos en la Q. Mono, D: Silicatos en la Q. Carmen, E: Nitratos en la Q. Mono, F: Nitratos en la Q. Carmen.

No obstante en noviembre de 2007 se notó un crecimiento algal muy intenso en la parte fluvial (estero a mareas muy altas) en la Quebrada del Mono. Entre las dos fotografías del miércoles 14 y del lunes 19 de noviembre la intensidad solar se reveló fuerte a cambio de los días precedentes (Figura 17).



Figura 17: Fotografías de la Q. Mono el miércoles 14 de noviembre de 2007 (izquierda) y lunes 19 de noviembre de 2007 (derecha). Fotos: Jean-Baptiste Livenais.

### 10-Clorofila-a y Faeopigmentos

Las concentraciones de clorofila-a fueron comprendidas en el medio marino entre nd y 11,0 mg/m<sup>3</sup> (n=42) y en la estaciones estuarinas o medias entre 0,7 y 8,4 mg/m<sup>3</sup> (Estación QC2). Las concentraciones en el medio fluvial fueron bajas y comprendidas entre 0,1 y 7,4 mg/m<sup>3</sup>. En los sitios estuarinos o medios y marinos de las quebradas las concentraciones de clorofila-a fueron mayores (Figura 18).

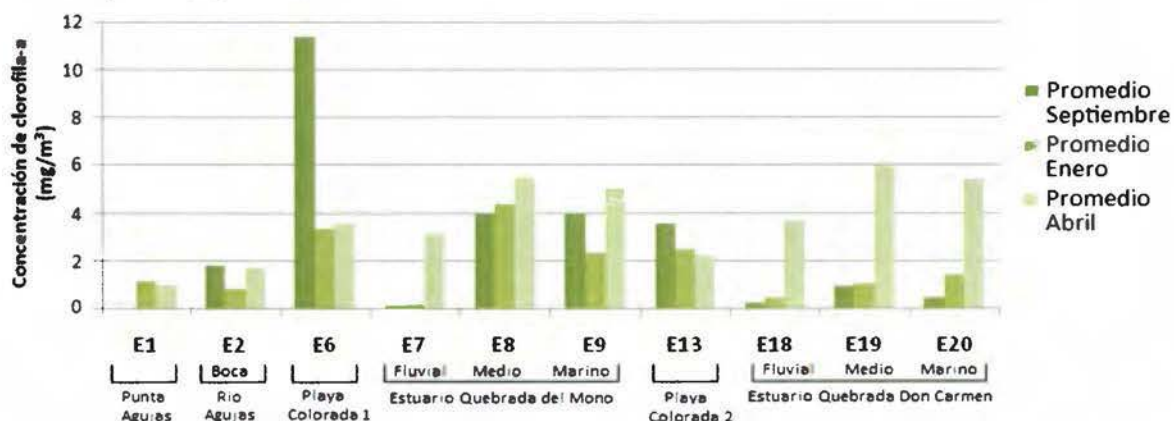


Figura 18: Promedios de las concentraciones de clorofila-a (mg/m<sup>3</sup>) medidas en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3) por todas las estaciones y en septiembre de 2007 (n=3) por los sitios 7, 8 9 y 13 (no se midió en la estación 1 y n=1 por las estaciones 2, 6, 18, 19 y 20 en septiembre).



De todas las estaciones marinas de Playa Colorada, la estación PC1 fue donde se midió la mayor concentración de clorofila-*a*, cuando se produjo un aumento tanto de clorofila-*a* como de faeopigmentos en los sitios fluviales y marinos de ambas quebradas, al fin de la época seca en abril de 2008. En la estación Punta Agujas, que tiene un aporte de aguas oceánicas constante, se encontraron las concentraciones de clorofila-*a* y faeopigmentos más bajas.

*Durante las épocas de lluvia y de transición, las estaciones marinas PC1 y PC2 de Playa Colorada presentaron valores de clorofila-*a* significativamente más altos (3,4 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E6 y 3,1 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E13 de la Figura 18, respectivamente), que en las estaciones fluviales QM1 y QC1 (0,2 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E7 y 0,5 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E18 de la Figura 18, respectivamente). La concentración de clorofila-*a* estuvo más alta en la época seca comparada con las épocas de lluvia y de transición en las estaciones fluviales de la Quebrada del Mono.*

Casti la mitad de las muestras mostraron concentraciones de faeopigmentos inferiores al límite de detección. Los niveles no sobrepasaron 0,43 mg/m<sup>3</sup> y estuvieron significativamente más concentrados en abril de 2008 en las aguas de las dos quebradas y en la boca del Río Agujas.

## 11-Alcalinidad

La alcalinidad total aumentó sensiblemente de los extremos fluviales a los extremos marinos. En efecto las muestras de agua marina fueron más alcalinas que las de las aguas fluviales. El máximo fue alcanzado en la estación marina de Punta Agujas durante la época seca con un promedio de  $138,3 \pm 0,5$  mg CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>/L y el mínimo en la estación fluvial de la Quebrada del Mono con un promedio de  $69 \pm 47$  mg CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>/L (Figura 19).

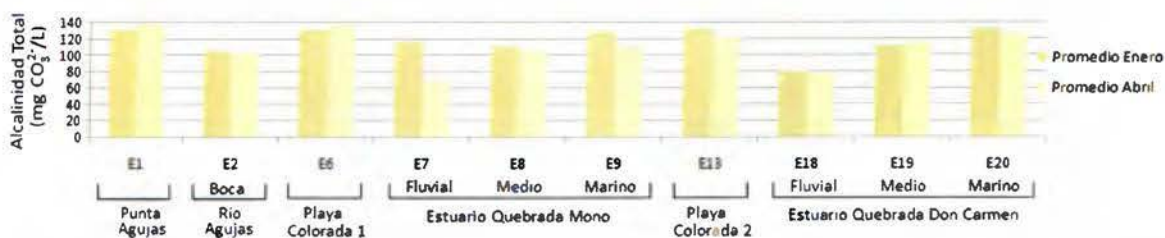


Figura 19: Comparación de la Alcalinidad total en mg CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>/L medida en los diferentes sitios de muestreo en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3).

## 12-Iones: cloruro, sodio, sulfato, potasio, calcio y magnesio y dureza

Los perfiles de concentración de sodio, cloruro, potasio y sulfato según el sitio de muestreo fueron muy similares. Se reveló una mayor concentración de iones en los sitios marinos tanto en enero como en abril de 2008 (Figura 20). La concentración de los iones siempre fue menor a la concentración promedio estimada en el suministro global de agua de ríos (Anexo XII). Puede ser debido a las altas precipitaciones de la zona que bajan un poco la concentración de iones por los aportes de agua fluvial.

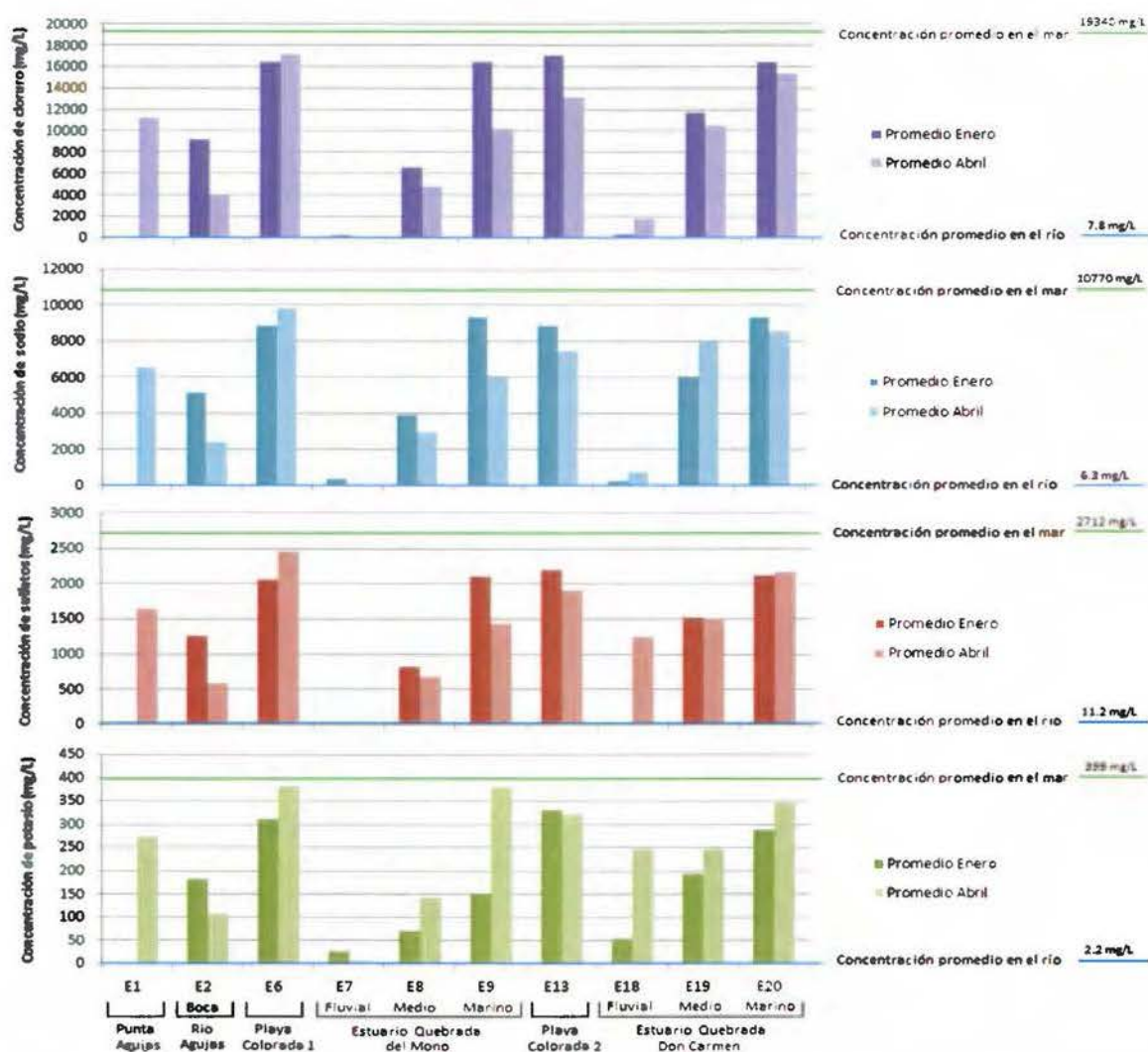


Figura 20: Comparación de las concentraciones promedio (mg/L) de las especies iónicas: cloruro, sodio, sulfato y potasio en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). En la estación 1 la concentración ha sido medida en abril (n=3). Las concentraciones globales promedio de cada especie en río o mar son indicadas en cada gráfico.

Calcio y magnesio tuvieron perfiles de concentración muy similares según la estación de muestreo. Puede ser que los caudales débiles de los cursos de agua que suministran magnesio y calcio sean al origen de la baja concentración de ambos iones en la época. Después de un episodio de lluvia intenso la concentración de iones puede bajar mucho por dilución. Se nota la influencia de los sitios costeros de Playa Colorada por el aporte de iones, en efecto las estaciones PC1 y PC2 son las que tienen los mayores valores en ambas épocas.

Se nota un perfil de dureza total muy parecido al perfil de concentraciones de calcio y magnesio (Figura 21). En efecto, la dureza mide la presencia esencialmente, de los cationes alcalinotérricos mayoritarios,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (Orozco *et al.* 2005).

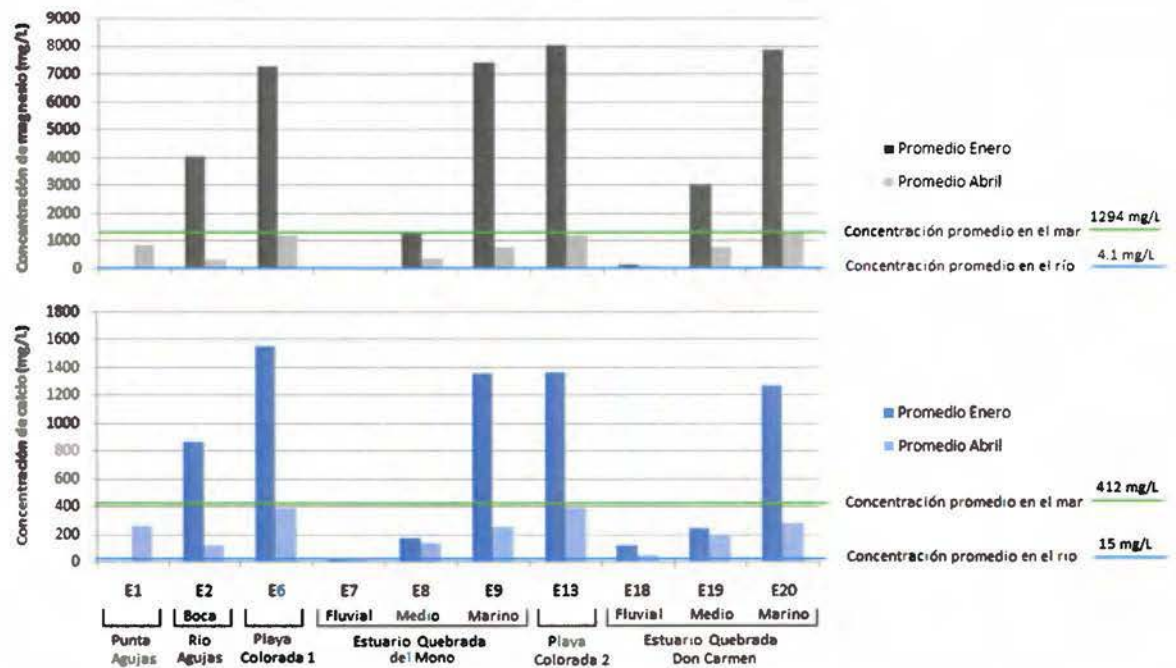


Figura 21: Comparación de las concentraciones promedio (mg/L) de las especies iónicas: magnesio y calcio en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). Las concentraciones globales promedio de cada especie en río o mar son indicadas en cada gráfico. En la estación 1, la concentración ha sido medida en abril (n=3).

Las concentraciones de iones (mg/L), expresados en ámbitos y promedios  $\pm$  desviación estándar, son expuestas en el anexo IX.

La dureza fue mucho menor en abril en los sitios marinos comparado con enero de 2008 (Figura 22).



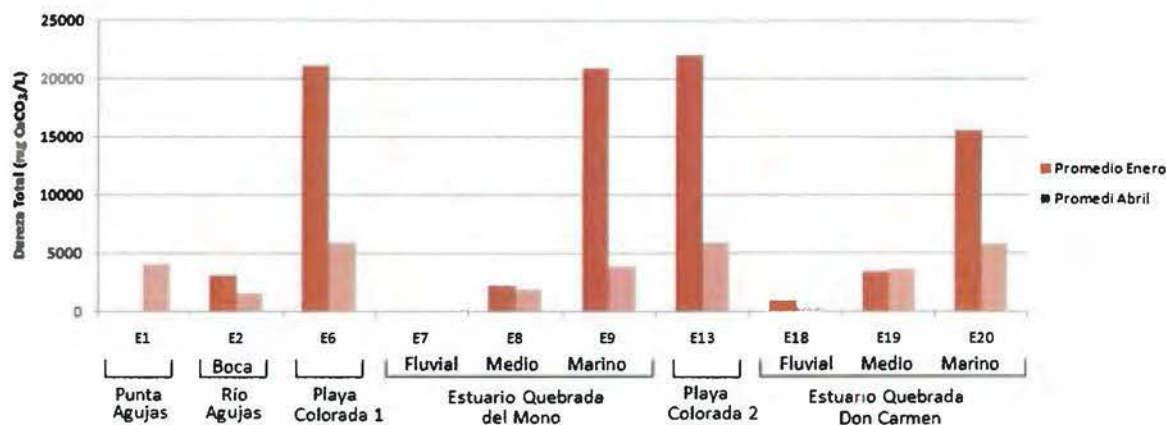


Figura 22: Comparación de las concentraciones promedio (mg CaCO<sub>3</sub>/L) de la dureza en enero (n=3) y abril de 2008 (n=3). En la estación 1, la dureza ha sido medida en abril, n=3.

### 13-Índice de Calidad del Agua de Agujitas

Los Índices de Calidad de Agua se calcularon en los sitios fluviales de la Quebrada del Mono (QM1) y de la Quebrada Don Carmen (QC1) (Figura 23).

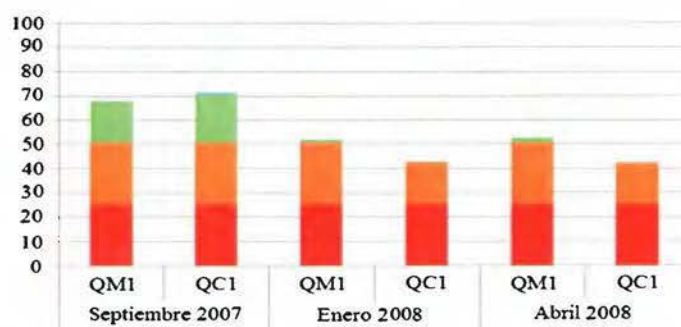


Figura 23: Valores del Índice de Calidad de Agua en los extremos fluviales de los esteros de las quebradas, litoral de la Bahía Drake, Península de Osa, Costa Rica, en septiembre de 2007 (n=1), enero (n=3) y abril de 2008 (n=1).

El cálculo del índice de la Quebrada Don Carmen en septiembre de 2007 incluyó un valor arbitrario de conductividad, un valor análogo al medido en la Quebrada del Mono, porque las quebradas mostraron valores parecidos durante las otras campañas. Los ICA-Agu fueron calculados con datos puntuales en septiembre y con promedios en enero y en abril. En el anexo X se encuentra el cuadro de los puntajes calculados en función del valor de cada parámetro. El cuadro 4 describe la calidad del agua para la vida acuática en función del valor del índice de la NSF.

**Cuadro 4: Valor del Índice de Calidad del Agua de la NSF y su relación para la vida acuática. Fuente: Deininger 1980.**

ICA-NSF	Categoría	Descripción de la Calidad del Agua
90-100	Excelente	Sostiene una alta biodiversidad de vida acuática
71-90	Buena	
51-70	Regular	Muestra signos de contaminación como: reducción de la diversidad en los organismos acuáticos, incremento en los nutrimentos y en el crecimiento de algas
26-50	Mala	Sostiene una baja biodiversidad de vida acuática, manifiesta problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual
0-25	Muy mala	Alberga un limitado número de organismos que son resistentes a aguas muy contaminadas

En septiembre de 2007, el ICA-Agu reveló una calidad de agua regular a buena, casi sostenía una alta biodiversidad de vida acuática, pero empezó a mostrar signos de deterioro como la reducción de la diversidad de los organismos acuáticos, y también un incremento en nutrimentos y en el crecimiento de algas.

En enero y abril de 2008 la calidad de las aguas de las quebradas declinó hasta ser mala, es decir que sólo podía sostener una biodiversidad de la vida acuática baja, y se manifestaban problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual. La concentración de BCF y el porcentaje de oxígeno disuelto influyeron en el valor del índice de calidad de agua, representaron un 16% y un 17% del peso en la ecuación respectivamente. Eso puede explicar el que las aguas de la Quebrada del Mono fueron sensiblemente de mejor calidad que las aguas de la Quebrada Don Carmen.



## II - Caracterización ambiental

### 1-Hidrología

La localidad de Agujitas está caracterizada por la presencia de un río permanente, el Río Agujas, y una red de quebradas permanentes y de corto trayecto (Quebrada del Mono, Quebrada Don Carmen y Quebrada El Jardín) que desembocan en el Océano Pacífico, en Playa Colorada (Figura 24). Su importancia radica en que son fuente de abastecimiento de agua potable a localidades de la zona. Además, tienen una importancia relativa como lugar de recreación y como vía de comunicación en el caso del Río Agujas.

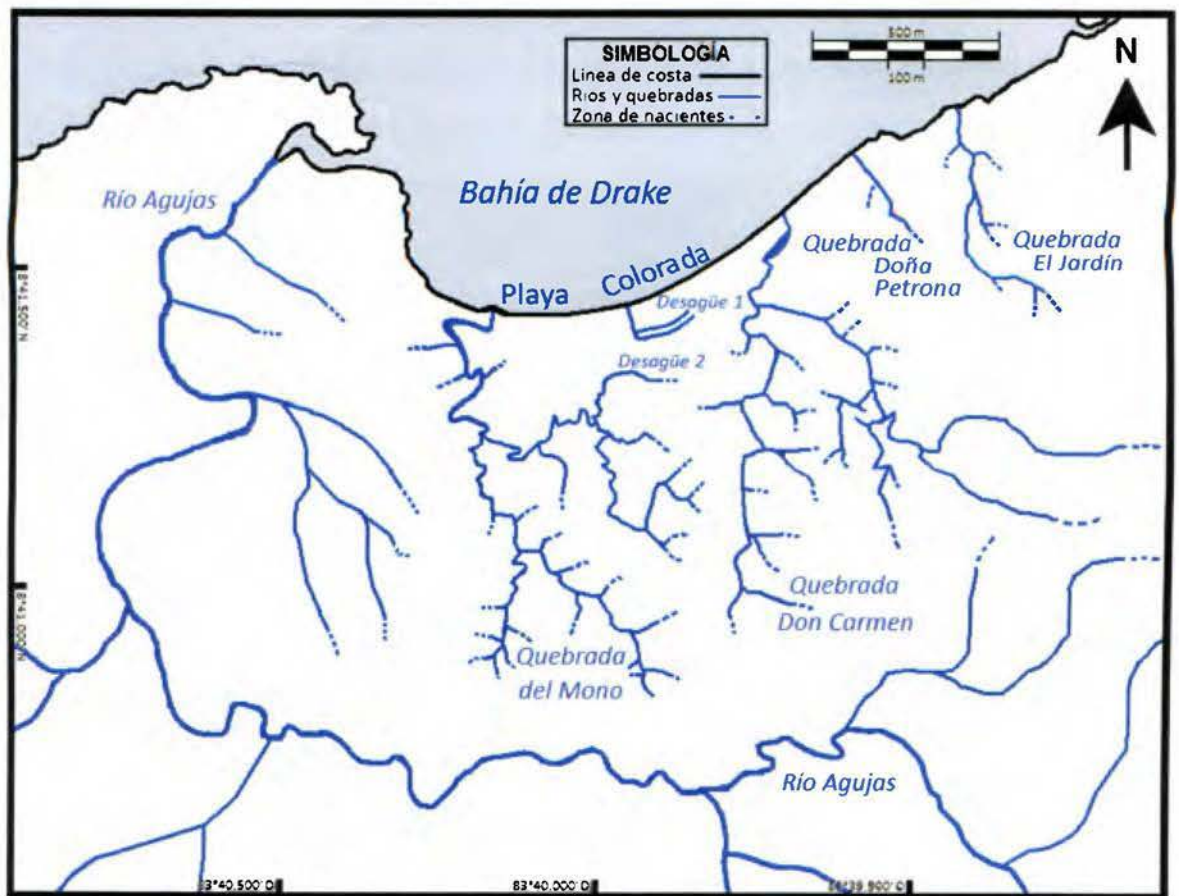


Figura 24: Cursos de agua de la zona de Agujitas. Elaboración propia, 2008.

Las cuencas de la zona de estudio están presentadas en el anexo XXX. El régimen de una cuenca puede ser alterado por: factores físicos, como la forma, la dimensión, la topografía y el

material geológico; factores del ambiente, como el suelo y la vegetación; y factores humanos, los cuales juegan un papel fundamental, pues modifican aspectos como la vegetación, el desarrollo urbanístico y las prácticas agrícolas. Otros factores que influyen son los terremotos, las lluvias intensas, las plagas y los procesos geomorfológicos. La vegetación constituye un factor de relevancia, si es eliminada, la infiltración en el suelo y la saturación de agua en el lecho rocoso traerán consigo escurrimiento superficial, erosión excesiva e incluso grandes caudales en un momento determinado (García J.E. *et al.* 2006).

## 2-Topografía

La zona es inclinada a escarpada. La localidad de Agujitas presenta pendientes de un 15% hasta un 60% a la orilla de varios cursos de agua. Las vías de acceso tienen muchas curvas, taludes propicios a la erosión y cruzan frecuentemente ríos o quebradas. La altitud se distribuye de 0 a 200 m sobre el nivel del mar (Figura 25).

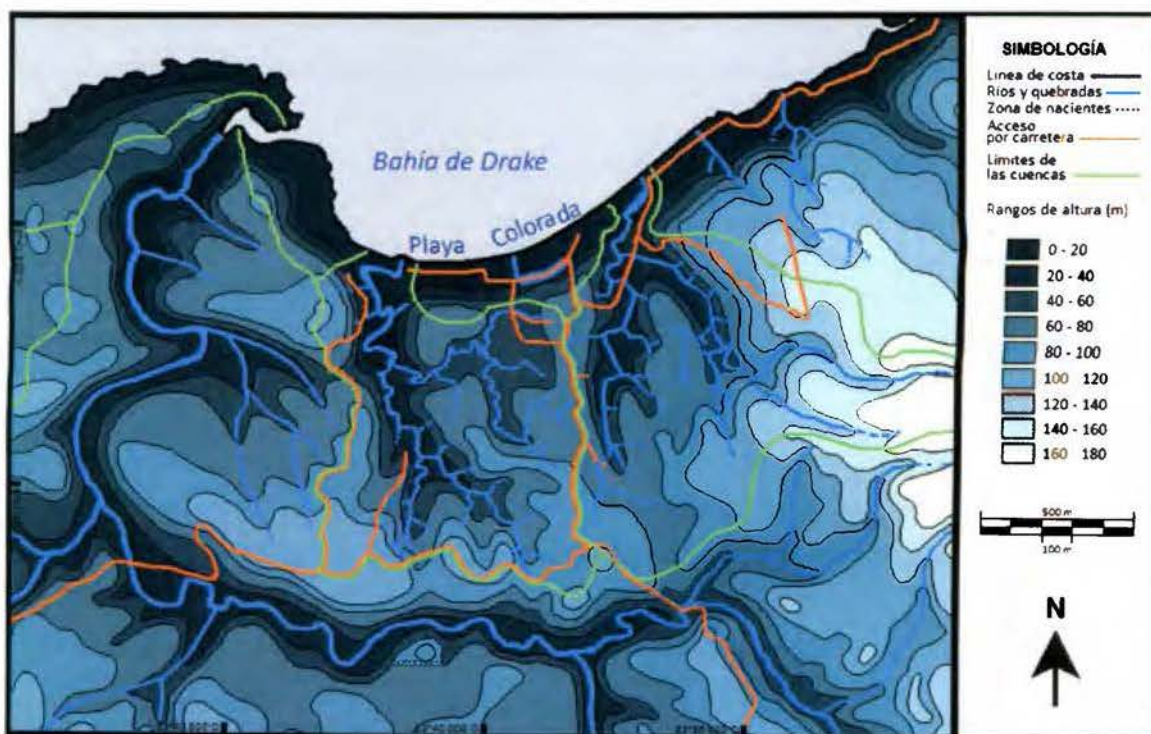


Figura 25: Topografía, cursos de agua, carreteras y cuencas de la zona de Agujitas. Fuente: Mapa topográfico del IGN, Sierpe, Escala 1:50000, 1962, Elaboración Propia 2008.

### 3-Fisiografía

Los esteros formados en las quebradas del Mono y Don Carmen corresponden al tipo de estuario bien mezclado (según la clasificación de Bowden 1980), de barra en forma de “L” y de relieve bajo (Pritchard 1967). Una barra de arena formada por la corriente costera ha modificado el lecho arenoso de la desembocadura de las quebradas. La Quebrada del Mono desemboca una centena de metros más al este y la Quebrada Don Carmen más al sur oeste (Figura 36).

### 4-Caudal

Se notó un perfil de disminución similar de los flujos de las quebradas entre septiembre y abril, bajó de 0,19 a 0,02 m<sup>3</sup>/s en la Quebrada Don Carmen y de 0,16 a 0,03 m<sup>3</sup>/s en la Quebrada del Mono (Figura 26). No obstante, el flujo del Río Agujas medido el 13 de mayo de 2008 fue muy superior al flujo de las quebradas, se midió un valor de 1,64 m<sup>3</sup>/s contra 0,02 y 0,04 m<sup>3</sup>/s por las quebradas Don Carmen y del Mono respectivamente, lo que significa que el caudal del Río Agujas puede ser 40 veces superior al caudal de ambas quebradas.

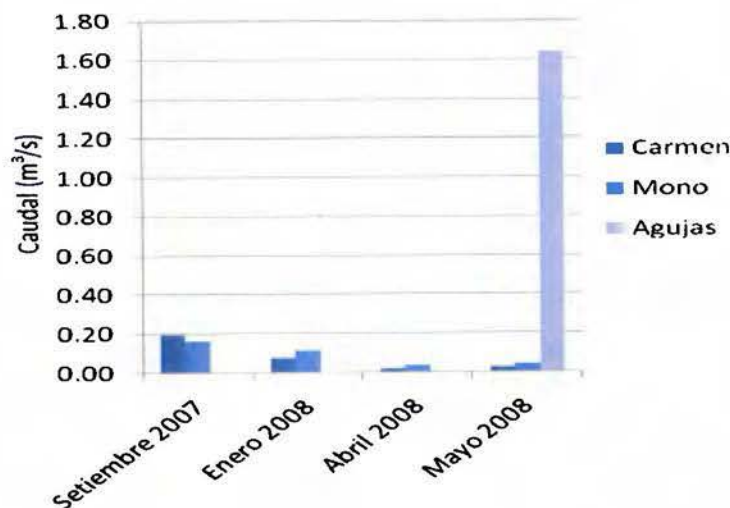


Figura 26: Comparación del flujo de las quebradas Don Carmen, del Mono y del Río Agujas en septiembre de 2007 (n=1), en enero (n=3) y en abril de 2008 (n=3) en m<sup>3</sup>/s (se midieron el flujo del Río Agujas y de ambas quebradas en Mayo, n=1).



## 5-Corriente costera y oleaje

La Corriente Costera superficial de la costa Pacífica de Costa Rica (CCCR) se dirige hacia el norte (Figura 27). La tendencia de la corriente que circula frente a la Península de Osa y la Bahía de Drake, es también de dirección sur-norte, lo que puede llevar las aguas del Río Térraba-Sierpe hacia el norte.

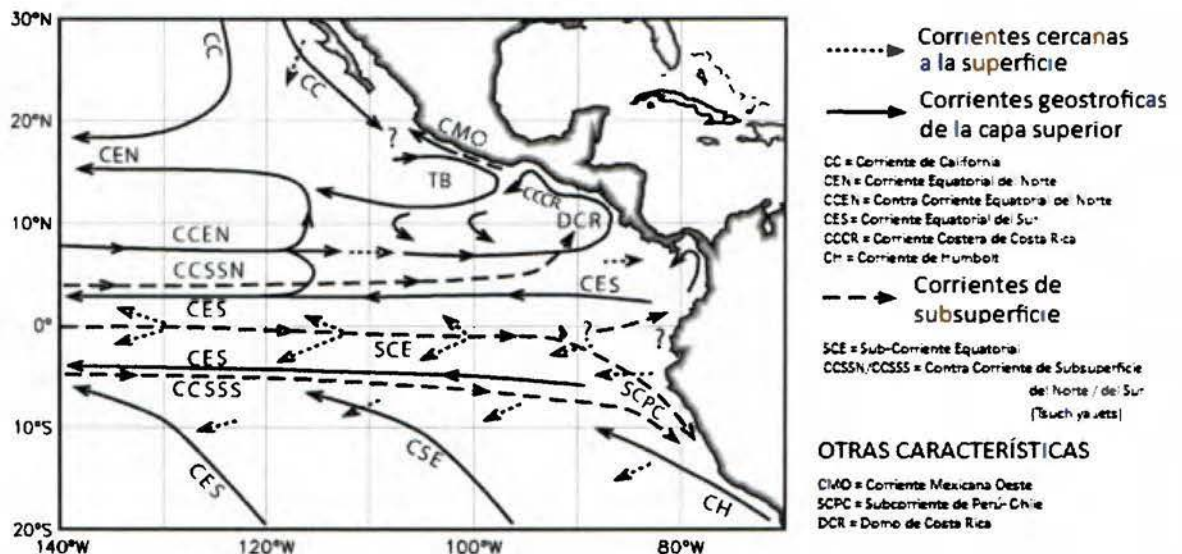


Figura 27: Esquema tridimensional de la circulación de las corrientes marinas en la región Este del Pacífico Tropical basado en datos recientes (traducido de Kessler 2006). La leyenda a la derecha lista los nombres de las corrientes. Varios signos de interrogación indican las regiones donde las interconexiones entre las corrientes siguen desconocidas.

La corriente producida por la descarga de las aguas del Río Agujas tuvo una velocidad mayor a las corrientes producidas por las quebradas y las corrientes costeras, el Río Agujas trae un volumen superior de agua proporcional a la superficie de su cuenca. La corriente costera que circula entre las desembocaduras del Río Agujas y de la Quebrada del Mono tiene una velocidad menor a la de la corriente frente a Punta Agujas (Figura 28). En su mayoría, las corrientes costeras de Playa Colorada tuvieron velocidades comprendidas entre 0,012 y 0,143 m/s y una dirección de oeste a este frente al pueblo, en la zona de estudio.

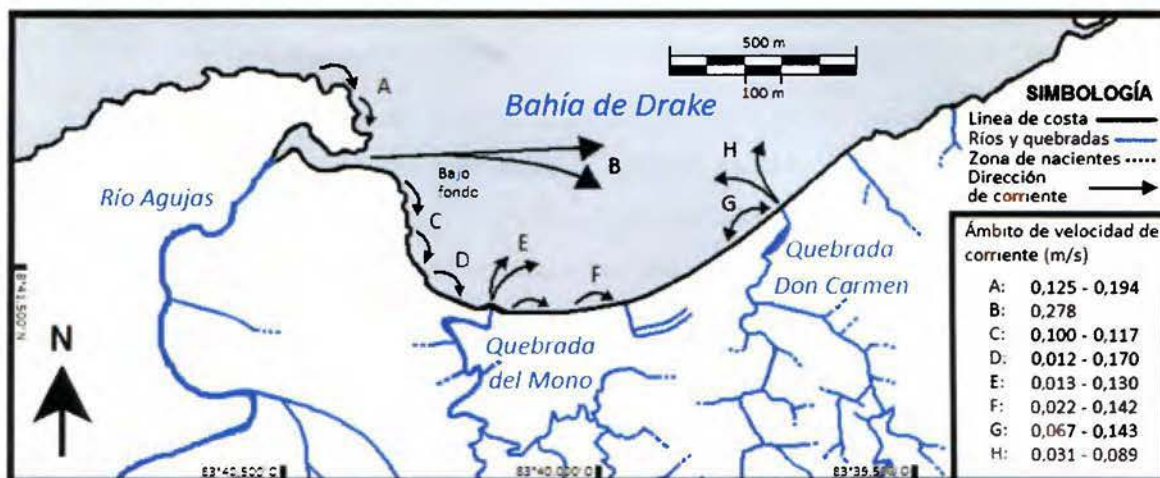


Figura 28: Apreciación de la dirección y de la velocidad de las corrientes costeras en Playa Colorada, en enero y abril de 2008. Los ámbitos de velocidad indicados son el resultado de mediciones efectuadas en varios puntos de la zona costera.

La morfología de los esteros de tipo barra causa que la corriente costera frente a la Quebrada del Mono tenga una dirección este; la de la Quebrada Don Carmen tiene una tendencia hacia el suroeste mientras que la del Río Drake, presenta una fuerte tendencia hacia el sur durante un largo periodo en el año. Ahora la corriente parece ir hacia el norte frente a la desembocadura del Río Drake según la forma de acumulación de los sedimentos (Figura 36).

Al observar las direcciones contrarias de las corrientes costeras entre las quebradas del Mono y Don Carmen, se puede suponer que ocurre una acumulación de sedimentos y de contaminantes aportados por vía fluvial en la bahía frente al pueblo. En la figura 29 se ha destacado sobre una fotografía (Google Earth 2008), la dirección del oleaje y las líneas del frente de olas.



Figura 29: Fotografía satélite del sur de la Bahía de Drake (2004) modificada para ilustrar la dirección del oleaje. Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.

## 6-Viento

Los vientos predominantes que se detectaron durante el periodo de estudio en la Bahía de Drake fueron del sector suroeste. Los alisios de suroeste pueden llegar en la zona del Pacífico aunque los vientos predominantes en Costa Rica son los alisios del nordeste. También se detectan episodios puntuales de vientos fríos del norte, sobre todo en diciembre y enero (Anónimo 2008).

## 7-Perfil de playa

La superposición de los perfiles de playa frente a la cancha de fútbol de la escuela, indicaron una pérdida de arena en este sector, más acentuada al nivel de bajamar. En efecto, se perdieron 42 cm en el último punto. El promedio de la diferencia de nivel a todo lo largo del perfil fue de 19 cm (Figura 30).



Figura 30 : Comparación de los perfiles de playa medidos en noviembre de 2007 y en mayo de 2008 en metros.

Se notó que las muestras de arena 3 y 4 (arena de bajamar) están compuestas de arena fina y de material más grueso, como piedras, mientras que en los niveles superiores (muestras de arena 1 y 2) la textura fue bastante fina (Figura 31). Este hecho puede indicar el origen reciente de la arena de la zona. Las muestras de tierra de la carretera y de la ladera de la Quebrada Don Carmen contuvieron material muy fino, lo que confirma la componente arcillosa muy presente en el suelo de la zona y su carácter bastante impermeable.

La muestra de arena al nivel de bajamar frente a la pulpería y la muestra de arena 4 del perfil de playa tuvieron materiales muy parecidos.



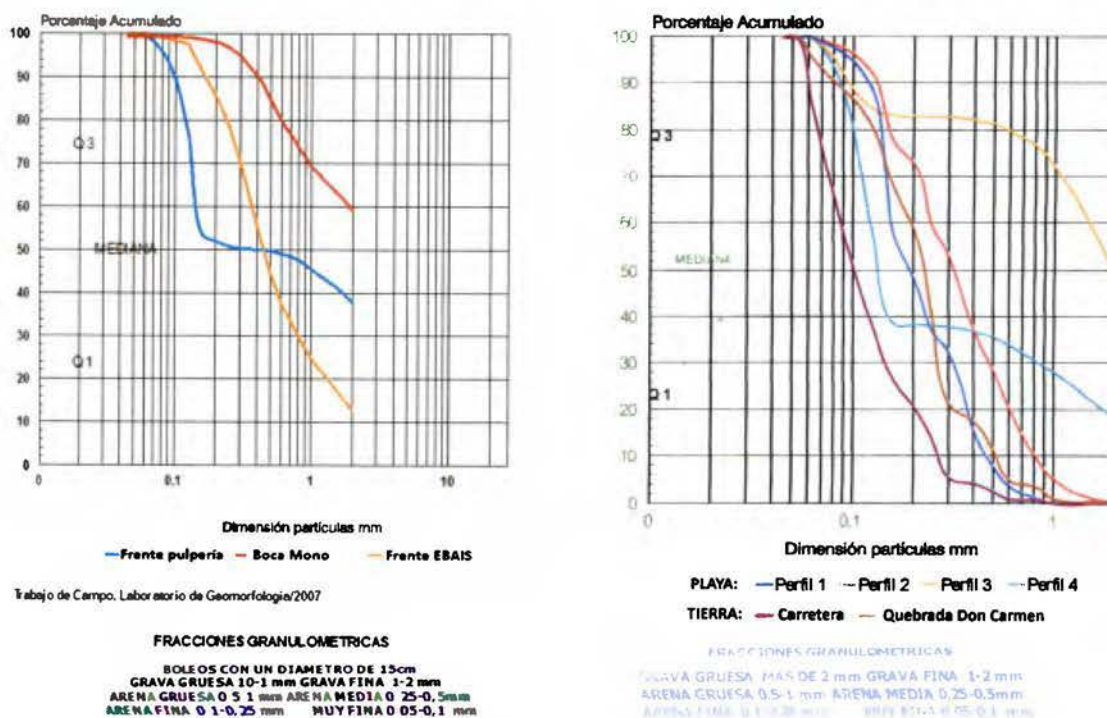


Figura 31: Análisis granulométrico de los diferentes tipos de arena encontrados en tres puntos de Playa Colorada al nivel de bajamar en noviembre de 2007 (Frente a la pulpería, Boca Quebrada del Mono y frente al EBAIS) (Izquierda). Análisis granulométrico de los diferentes tipos de arena encontrados a lo largo del perfil de la playa (1, 2, 3 y 4) y de dos muestras de tierra del pueblo de Ajugitas en mayo de 2008 (Derecha). Trabajo de campo, 2008, Laboratorio de Geomorfología.

A lo largo del estudio se observaron, al nivel de la desembocadura de la Quebrada del Mono, una erosión fluvial y el efecto de la marea (Figura 32). Este fenómeno ocurrió frente al colegio construido recientemente.



Figura 32: Erosión fluvial al nivel de la desembocadura de la Quebrada del Mono. Fotos: Jean-Baptiste Livenais (14 de febrero de 2008).

## 8-Desechos sólidos

El 77% de la basura recolectada estuvo compuesto de materias plásticas, cuya mayor parte fue resina de tipo poliéster usada en la construcción de botes (Figura 33). Las bolsas y los envases de plástico fueron los componentes más abundantes. En junio de 2008, un kayak abandonado fue encontrado en la misma área de recolección. El material celulósico contenía pedazos de madera procesados y erosionados. El perfil de composición de desechos sólidos recolectados fue muy parecido al del Golfo de Nicoya realizado en 2001 (García V. *et al.* 2006). Debido al tipo de desechos sólidos encontrados en la Playa Colorada, es muy probable que éstos se originaran en el mismo pueblo. Sin embargo, todavía existe la posibilidad de que las corrientes marinas lleven los desechos botados en el mar o provenientes de ríos cercanos o lejanos.

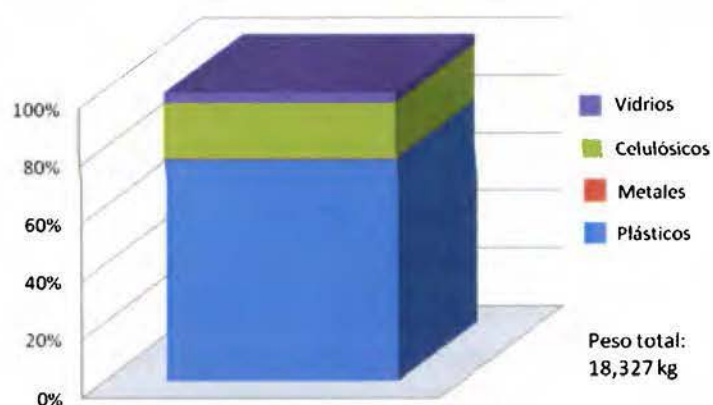


Figura 33: Composición porcentual de los principales componentes de los desechos sólidos recolectados en la Playa Colorada frente a la pulpería y a la cancha de fútbol de la escuela el 6 de diciembre de 2007.



## DISCUSIÓN

A la luz de los resultados más relevantes de los análisis de agua y de varios aspectos ambientales de la zona de estudio, se destacaron necesidades ambientales que pueden orientar en la preparación de una propuesta de acciones para la protección de la calidad del recurso hídrico del pueblo de Agujitas.

### I - Análisis de agua

#### *1-Oxígeno disuelto*

Por lo general, los niveles de oxígeno disuelto fueron muy bajos durante la época de transición y la seca. En la estación marina PC1, las aguas son bastante calmadas y río arriba de la estación fluvial QM1 se encuentran muy pocas caídas de agua. Puede ser que la poca turbulencia de las aguas explique los niveles bajos de PSO en ambas estaciones durante las épocas de transición y seca. Al contrario, en la parte baja del Río Agujas se encuentran varias caídas de agua, así como varias cataratas en el afluente Don Carmen de la Quebrada Don Carmen, lo que puede explicar la tasa de oxígeno disuelto más alta en las estaciones BA y QC1. Al caer más lluvia en las diferentes cuencas que desembocan en la bahía, los caudales de los diferentes ríos y riachuelos se intensifican, con el aumento del flujo de agua. La turbulencia va creciendo también y se produce una mayor oxigenación de las aguas. En las quebradas, el nivel de oxígeno disuelto fue un poco inferior al del Río Agujas en septiembre y fue comparable en enero.

En la Quebrada del Mono los niveles de PSO más altos correspondieron a los niveles más bajos de  $DBO_{5,20}$  medidos en septiembre de 2007. La saturación de oxígeno en septiembre de 2008 en el Río Agujas fue comparable a la determinada por Germain (2004) en el Río Conte (Golfo Dulce) en octubre de 2003, pero fue muy inferior (promedio de un 51,1%) durante la época de transición. En el Río Conte, el cual desemboca en el manglar de Playa Blanca en el Golfo Dulce, los niveles fueron de un 89,9% y un 139,0% en octubre del 2003 y enero de 2004 respectivamente (Germain 2004).

## ***2-Concentración de Materiales en Suspensión y Turbidez***

Los esteros estudiados fueron formados periódicamente en marea alta. Cuando el agua marina entra en la cuenca del río, se mezcla de manera gradual con el agua fluvial. Al encontrarse las dos corrientes, la turbulencia producida pone en suspensión arena en las aguas del estero.

El muestreo del 21 de abril de 2008 reveló que después de un episodio lluvioso, la cantidad de materia en suspensión (la cual fue usualmente muy baja en las estaciones fluviales), aumentó de manera drástica, tanto como su caudal. En el bosque tropical muy húmedo llueve con frecuencia más de ocho meses al año, la erosión (provocada por la denudación de terrenos para el pastoreo o las vías de acceso, los derrumbes y la poca presencia de canoas y bajantes en los techos de las construcciones), aporta una enorme cantidad de sedimentos de manera frecuente en la bahía por las quebradas y los ríos.

La materia en suspensión puede disminuir el paso de la energía solar, lo que podría provocar una menor actividad fotosintética en condiciones extremas. Estos materiales quedarán en forma de depósitos sobre las plantas acuáticas y sobre el lecho marino, con lo que se favorece la aparición de condiciones anaeróbicas y también pueden causar obstrucciones en las branquias de los peces y hasta dificultar la alimentación de los organismos acuáticos (Parsons & Takahashi 1976, Orozco *et al.* 2005).

## ***3-Clorofila-a***

Las altas concentraciones de clorofila-*a* medidas en abril del 2008 en los remansos que con frecuencia se formaron en los puntos QM1 y QC1 (3,2 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E7 y 3,7 mg/m<sup>3</sup> en la ordenada E18, Figura 18), pudieron ser ocasionados por la combinación de una intensidad de luz adecuada y la presencia de nutrimentos aportados por la esorrentía. A su vez, el hecho de que las concentraciones de clorofila-*a*, en las estaciones marinas, resultaran superiores a las de las fluviales durante las épocas de lluvia y de transición, pudieron ser debidas a un efecto del caudal del río, el cual no permitió un tiempo suficiente para el crecimiento de las algas en las cuencas. En las aguas de la bahía, los aportes fluviales de fosfatos y nitratos mantienen por lo general altas sus concentraciones.

La concentración medida en la estación PC1 en septiembre (11,34 mg/m<sup>3</sup>) pudo resultar de un error de procedimiento o de una contaminación de la muestra, porque es muy difícil que un agua marina esté tan concentrada durante la época lluviosa.

No se presentó una relación directa entre la concentración de fosfatos, nitratos o silicatos y la concentración de clorofila durante el periodo de trabajo en las estaciones estudiadas.

#### ***4-Nutrientes***

Durante las tres campañas el 100% de las muestras tomadas en los sitios fluviales presentaron concentraciones de nitratos y fosfatos superiores al límite de detección (Meier & Zünd 2000). Las concentraciones de fosfatos, silicatos y nitratos fueron mayores en las cabezas de los estuarios al igual como se señalaron en varios estudios llevados a cabo en la zona del Golfo Dulce en Costa Rica, en los años anteriores (Silva & Acuña 2006, Germain 2004).

Los ríos y demás drenajes terrestres proporcionan la mayor fuente de materiales biogénicos (N, P, Si) para los ecosistemas marinos costeros, que sostienen a gran escala la productividad primaria de las regiones costeras. En las últimas décadas, las perturbaciones antropogénicas debido a la agricultura, efluentes domésticos e industriales y otras actividades desarrolladas en la zona costera, han incrementado los aportes de nutrientes a estos ambientes, obteniéndose como resultado la eutrofización de muchos cuerpos de aguas de las áreas marino-costeras (Smith & Hichcock 1994).

En noviembre de 2007 se detectó el desarrollo de la primera etapa de un fenómeno de eutrofización en la Quebrada del Mono. Es muy probable que al inicio del proceso la intensidad de la luz solar, limitada por la cobertura nubosa, provocara que las algas crecieran lentamente o de manera natural. En un período de dos o tres días, cuando la intensidad de la luz solar aumentó, las algas crecieron de manera más rápida y más extendida, probablemente gracias al aporte de fósforo y nitrógeno de origen antrópico y el resultado se muestra en las figuras 13 y 17, las cuales documentan este hecho.

El aumento en la concentración de silicatos en abril, se puede explicar por el episodio lluvioso que ocurrió antes del muestreo del 21 de abril, ya que se ha visto que los niveles de silicatos aumentan después de un aguacero fuerte (Bell 1994). El exceso de silicato a un 118% con respecto a la línea teórica de dilución, en abril de 2008 en la Quebrada Don Carmen, fue significativo. Es probable que un pequeño afluente descargara nutrientes entre el punto fluvial y el punto medio de estero. La presencia de silicato en las aguas manifiesta que se encuentra como uno de los componentes minerales que caracterizan la tierra por la cual se filtra o corre el agua que cae en la micro-cuenca. El silicato es relevante como componente de las diatomeas (Parsons & Takahashi 1976)

### ***5-Bacterias coliformes fecales***

En el 76,1% de las muestras las BCF provenían probablemente de mamíferos, en efecto *E. coli*, vive como parte de la flor intestinal de la mayor parte de los mamíferos sanos y es muy común en el ser humano. La abundancia de las BCF y *E. coli* en los sitios QM1 y QC1 y en el sitio BA, que representan los puntos de salida de las aguas de las micro-cuencas de la Quebrada del Mono, de la Quebrada Don Carmen y de la cuenca del Río Agujas, manifiesta la presencia de fuentes de contaminación que comunican con cada uno de los cursos de agua en la zona (Figura 12).

En Costa Rica, se determinó una escala de tres clases de aguas (Cuadro 5) considerando aspectos epidemiológicos, estéticos, ecológicos, y además se tomaron en cuenta variables físico-químicas y bacteriológicas como el número más probable (NMP) de bacterias coliformes totales (BCT) y fecales (BCF)/100 mL para determinar la calidad del agua litoral de uso recreativo (Mora *et al.* 1989).

**Cuadro 5: Clasificación de las aguas de uso recreativo según los criterios bacteriológicos propuestos por Mora *et al.* 1989 (NMP BCF= Número Más Probable de Bacterias Coliformes Fecales).**

	NMP BCF/100 mL		
<b>Clase A</b>	<100		Aguas aptas para la natación
<b>Clase B</b>	100>	<240	Aguas aptas para la natación (sujetas a análisis periódicos)
<b>Clase C</b>	>240		Aguas no aptas para la natación

El perfil general del aumento de las concentraciones de bacterias en los cursos de agua entre septiembre de 2007 y abril de 2008, pudo ser debido a la disminución de los niveles de precipitación durante este periodo, junto con el aumento temporal de la población que lleva el turismo durante la época seca. Los resultados expuestos en la figura 12 contribuyen a establecer la hipótesis de que la mayor parte de la contaminación bacteriana, encontrada en la desembocadura de la Quebrada del Mono, provino del desagüe D1, conectado con el afluente noreste de la quebrada. Además, estos resultados indican la posibilidad de que hubiera fuentes de contaminación bacteriana cuenca arriba y cuenca abajo del Río Agujas.

El problema de salud más asociado con la exposición a aguas fecalmente contaminadas es la gastritis (World Health Organization 2003). Entre los meses de enero y marzo de 2008, en la población de menos de 500 personas, se presentaron 22 casos de enfermedades diarreicas, es decir el 4,62% de la población de Agujitas (Anexo XIII), que podrían estar relacionados con una mala calidad del agua de consumo y una mala calidad de las aguas de las quebradas. La desembocadura de las quebradas del Mono y Don Carmen es cruzada a pie diariamente por cuantiosas personas (habitantes y turistas) (Anexo XIV, fotografías A y B), sitios donde la calidad del agua fue siempre “no apta para el uso recreativo” durante el periodo de estudio (Figura 34).

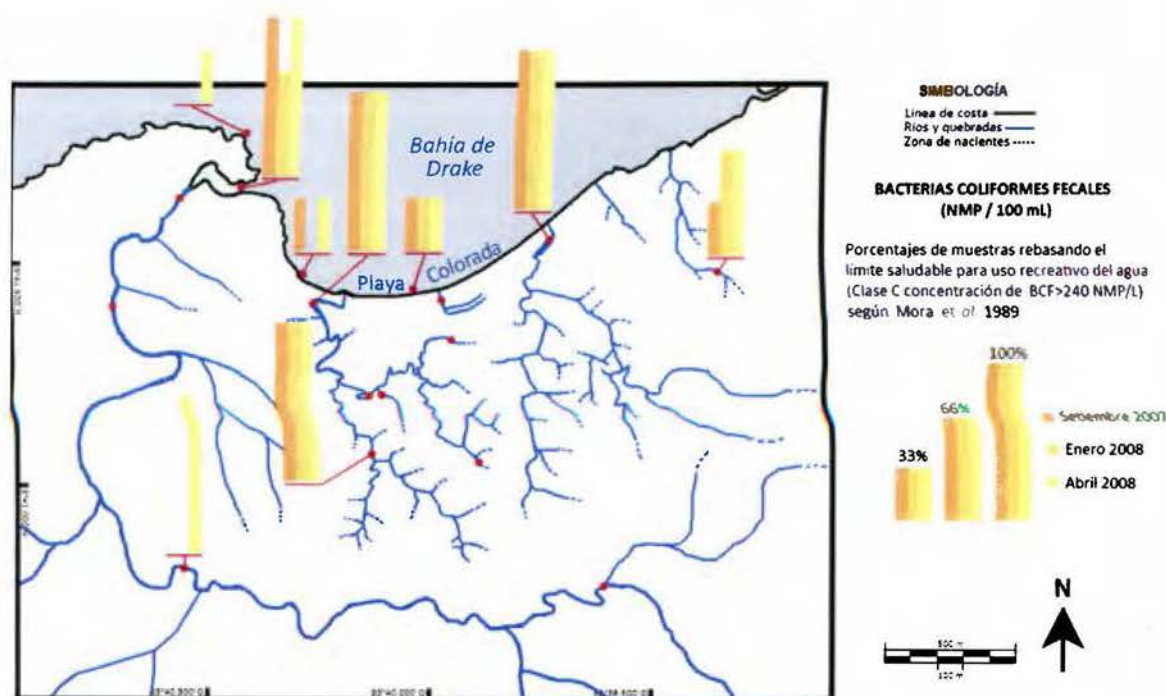


Figura 34: Porcentajes de muestras rebasando el límite saludable para uso recreativo del agua (Clase C concentración de BCF > 240 NMP/L) según Mora et al. 1989, por cada época de muestreo. (La concentración de bacterias en el punto E1 en Punta Agujas no se midió en septiembre y sólo se midió en abril en el punto 5).

En abril de 2008, los valores de BCF y *E. coli* en todas las estaciones fueron superiores durante la última semana de muestreo. El día anterior hubo uno de los primeros aguaceros fuertes después de un largo periodo sin lluvia. Es posible que los terrenos de las cuencas fueran lavados y se combinaron las contaminaciones bacterianas de origen animal y humana. Este hecho junto con el aumento de los materiales suspendidos en las aguas fluviales y marinas cercanas a las

desembocaduras, revela la acentuación de la contaminación fluvial y marino-costera después de un episodio de precipitaciones fuertes al fin de la época seca.

### ***6-Índice de Calidad de Agua de Agujitas***

Según los índices calculados en los extremos fluviales (Figura 23), la calidad de las aguas de las quebradas del pueblo de Agujitas, no permitió mantener una alta biodiversidad de vida acuática (Cuadro 4), durante las épocas de transición y seca. Las aguas de la Quebrada del Mono pueden ser afectadas por las actividades en los asentamientos humanos río arriba, mientras que en el caso de la Quebrada Don Carmen lo pueden ser río abajo, considerando la cercanía de las construcciones a los afluentes (Figura 36, Anexo XXX). Las altas concentraciones de bacterias y los bajos niveles de oxígeno disuelto medidos, tuvieron mucha influencia en el puntaje atribuido para el cálculo del ICA-Agu (Cuadro 1). En los meses de fuerte precipitación el ICA-Agu señaló una mejor calidad de las aguas en las desembocaduras de las quebradas del Mono y Don Carmen.

## **II - Aspectos ambientales**

### ***1-Caudal y corriente costera***

La corriente oceánica que bordea la Península de Osa y la Bahía de Drake se dirige hacia el norte. Como consecuencia, las aguas del Río Térraba-Sierpe tienen poca posibilidad de afectar la calidad del agua en la Bahía de Drake.

La dinámica de las corrientes costeras, tal y como se indica en las figuras 28 y 29, puede ocasionar que los agentes de contaminación fluvial se estanquen frente a la franja litoral del pueblo de Agujitas.

En el cuadro 6 se ilustra el cálculo del aporte de bacterias coliformes fecales a la bahía. El caudal de las quebradas del Mono y Don Carmen suministra un total de 4,080.077 NMP/s, que representa un 10% del aporte del Río Agujas.

**Cuadro 6: Estimación de la cantidad de Bacterias Coliformes Fecales provistas por cada curso de agua por unidad de tiempo en las aguas costeras de Playa Colorada en abril de 2008 (NMP=Número Más Probable de bacterias).**

	<b>Carmen</b>	<b>Mono</b>	<b>Agujas</b>
<b>Flujo (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,017	0,033	1,638
<b>Concentración de BCF (NMP/ 100 mL)</b>	9200	7667	2530
<b>Cantidad de BCF por unidad de tiempo (NMP/s)</b>	1530267	2549810	41441400

## ***2-Necesidades y vulnerabilidades ambientales***

En los aspectos ambientales del pueblo de Agujitas, destaca que son altas las precipitaciones, las pendientes y la sensibilidad del suelo a la erosión. Estos tres factores actúan en sinergia cuando la cobertura boscosa desaparece, lo que provoca una profunda erosión del suelo. Como la precipitación por lo general excede a la evaporación, durante gran parte del año, las tierras se mantienen saturadas de agua, esto favorece la rápida erosión de los terrenos expuestos y da cabida al desbordamiento de ríos, lo que incrementa el transporte de sedimentos y nutrientes al mar (Quesada-Alpizar & Cortés 2006). La tendencia actual muestra una disminución de la cobertura vegetal de la zona de estudio. Es evidente la necesidad de conservar la cobertura boscosa, tanto a la orilla de los cursos de agua como alrededor de los numerosos manantiales, porque muchos de estos son usados como fuente de aprovisionamiento de agua de consumo.

La explotación independiente y descoordinada (tala, deforestación, construcción de calles, implantación de servicios turísticos, entre otros), sin una estrategia general de desarrollo y conservación, pueden terminar de destruir los recursos biológicos, los cuales forman la base de la única fuente económica: el turismo. La construcción inadecuada de calles hacia zonas previamente inaccesibles provoca erosión, sedimentación y acceso descontrolado a los recursos naturales. La contaminación del Golfo Dulce y de otras zonas marino-costeras con sedimentos, agroquímicos y aguas servidas domésticas ya ha destruido corales y es una seria amenaza para los mamíferos marinos, de los cuales depende el turismo (Cortés 1992, Sierra *et al.* 2003).

Por otro lado, la erosión costera podría intensificarse con la subida del nivel de los océanos en los próximos años, si sigue la tendencia actual (Church & White 2006).

### III - Limitaciones del trabajo

Varios factores restringieron el trabajo inicialmente previsto:

Los muestreos del 17 de septiembre y del 15 de octubre de 2007 se enfocaron en los puntos 7, 8, 9 y 13 debido al acceso difícil por carretera durante un periodo de fuertes lluvias. No se pudo llevar el material de medición de los parámetros *in situ* y se debió reducir la cantidad de botellas del muestreo para poder acceder a pie al pueblo de Agujitas desde Progreso, porque el río del mismo nombre había crecido tanto que no era posible pasarlo en carro con todo el material de campo.

La recolección de basura en Playa Colorada se efectuó una vez en diciembre de 2007 con el fin de mostrar la situación posterior a la época lluviosa durante la cual no hay recolección de basura en la playa. Un trabajador es contratado para recolectar la basura cada semana durante la época seca. Además, el grupo comunitario de jóvenes “Los Jaguares” incentivado por la Fundación Corcovado recolecta la basura de la Playa Colorada periódicamente.

El caudal del Río Agujas fue medido de manera puntual en mayo de 2008. El tiempo no alcanzaba para llegar hasta un sitio fluvial adecuado (no muy ancho, no muy profundo) en vista a medir el caudal del Río Agujas, luego de haber medido el de las quebradas el mismo día que la recolección de las muestras y la filtración de estas. Por eso, sólo se midió el caudal de las quebradas durante los periodos de muestreo.



# Parte II

Caracterización del entorno social y económico en el poblado de Agujitas y áreas adyacentes, Península de Osa, Costa Rica.

## INTRODUCCIÓN

Agujitas es un pueblo costero del Pacífico sur costarricense que ha vivido de manera autosuficiente de los recursos de la ganadería, el cultivo de arroz, la pesca artesanal y la casería, hasta la creación del Parque Nacional Corcovado en 1975, que estimuló la llegada del turismo “naturalista” o “ecoturismo” desde entonces. Este nuevo eje económico incentivó la construcción de los primeros hoteles en la zona. El turismo “naturalista” es ahora el motor de la economía en la Bahía de Drake y Agujitas constituye el dormitorio de los turistas que salen temprano para ser repartidos principalmente en el Parque Nacional de Corcovado y en la Isla del Caño.

La Bahía de Drake está bordeada por el mar de un lado y por el bosque lluvioso y montañoso del otro. Por estas razones el acceso es difícil y empeora durante la época lluviosa. La zona se vuelve casi inaccesible y muy aislada, lo que resulta ser una dificultad para el abastecimiento de comida y materiales, y para un buen servicio de salud. Sin embargo, este aislamiento parece haber protegido la zona, que no se encuentra bajo ninguna categoría de manejo, de un preocupante desarrollo descontrolado.

Esta región limita con la Reserva Forestal Golfo Dulce (RFGD) que tiene el propósito de conservación, protección y administración de los bosques naturales y la producción, el aprovechamiento, la industrialización y el fomento de los recursos forestales del país. La creación de los parques y reservas en los alrededores (Anexo XX), con el fin de preservar una biodiversidad muy distinta al nivel mundial, ha estimulado años después la llegada de extranjeros y científicos atraídos por la riqueza natural todavía bien preservada del Parque Nacional de Corcovado, de la Reserva Biológica de la Isla del Caño y del manglar del Humedal Nacional Terraba-Sierpe. Los hoteles promueven la exuberante biodiversidad de la región que disimula una fragilidad ambiental basada en la calidad del suelo.

El pueblo fue conectado a la red eléctrica en 2003, lo que ha favorecido una aceleración del desarrollo urbano desde entonces. El posible aumento poblacional, el mejoramiento del acceso por carretera, la puesta en actividad de un aeropuerto internacional en Sierpe en los próximos años puede favorecer un crecimiento urbano en parte esperado por los habitantes de la zona. Como la Bahía de Drake constituye un enclave de distribución estratégica de los turistas hacia las principales atracciones de la región, es decir el Parque Nacional Corcovado y la Isla del Caño, la construcción de un aeropuerto internacional entre Sierpe y Palmar Sur, podría implicar

un auge económico debido a un desarrollo turístico sin precedentes, junto con repercusiones ambientales a lo largo del tiempo.

La Bahía de Drake está llegando a una encrucijada. A la luz de las opiniones de los locales sobre el tema de la contaminación del agua y de las fragilidades ambientales del lugar, se podrán apreciar los retos a los cuales la comunidad de Agujitas tendrá que hacer frente para orientar el pueblo hacia un desarrollo que fomente una armonía económica, social y ambiental. Tal manejo se haría con la constitución de un plan regulador, tomando en cuenta las debilidades ambientales en vista a desarrollar una planificación urbana sostenible.

## **METODOLOGÍA**

### **1-Aspectos socio-económicos**

Mediante la documentación disponible en oficinas estatales (el MINAET, el ACOSA, la Municipalidad de Osa y el EBAIS de Drake), y en la Fundación Corcovado, mediante una encuesta elaborada en el presente estudio, entrevistas e inspecciones visuales, se obtuvo una percepción del desarrollo socio-económico que ha tenido lugar en los últimos años en la zona. Se estableció la ubicación de los asentamientos humanos, con la ayuda del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y los mapas disponibles.

### **2-Encuesta**

Se elaboró una encuesta tipo exploratoria (Cuadro 7) para obtener la información acerca de la percepción que tienen los diferentes sectores de la comunidad del entorno de la Bahía de Drake, con respecto a la problemática ambiental global y particular, y la de conocer su disponibilidad y actitud para participar activamente en aquellos procesos que requiera esta investigación. La información se procesó en parte manualmente y por el programa Excel. De octubre de 2007 a abril de 2008, se procedió a preguntar a 94 personas en el pueblo de Agujitas (exceptuando a los turistas), un listado de 14 preguntas para evaluar el grado de conocimiento de la población sobre la temática ambiental de la contaminación del agua y su aptitud a colaborar en la gestión del recurso hídrico. Se entrevistaron a personas en la calle, en su lugar de trabajo o en su hogar con la propensión a cubrir toda la zona de estudio a horas diferentes.

**Cuadro 7: Preguntas planteadas durante la encuesta.**

Número	Preguntas
1	Nacionalidad
2	Tiempo de vivir en la Bahía de Drake
3	Trabajo
4	Nivel escolar
5	¿Qué le gusta en Bahía Drake?
6	¿Qué no le gusta en Bahía Drake?
7	¿Cómo ve Bahía Drake en 10 años?
8	¿Cómo quiere ver Bahía Drake en 10 años?
9	¿Cuáles son las causas de la contaminación de las aguas litorales de Bahía Drake?
10	¿Cuáles son las consecuencias de la contaminación de las aguas litorales de Bahía Drake?
11	¿Por qué medio ha aprendido del tema de la contaminación del agua?
12	¿Quién tiene un papel para mejorar la situación de la contaminación de las aguas litorales de Bahía Drake?
13	¿Le gustaría aprender más sobre el tema de la contaminación del agua?
14	¿Le gustaría actuar para limitar la contaminación del agua?

Para conocer el grado de aprehensión de los turistas extranjeros al utilizar los “baños composteros”, es decir, una alternativa de saneamiento ecológico no contaminante del agua en su hotel o cabina en la zona de estudio, se explicó el funcionamiento, las ventajas y las desventajas del sistema y se preguntó a 47 turistas extranjeros si serían favorables a su utilización en las infraestructuras turísticas de la región.

### 3-Charlas participativas y folleto informativo

Se realizaron varias charlas participativas, como se puede observar en el cuadro 8.

**Cuadro 8: Charlas programadas durante el periodo de estudio.**

Fecha	Lugar	Invitados	n° Participantes
15/11/2007	Escuela de Inglés "Nature Kids"	Alumnos	17
16/11/2007	Colegio de Drake (Salón comunal)	Alumnos	26
17/11/2007	Oficina Fundación Corcovado "Grupo los Jaguares"	Alumnos	7
19/11/2007	Escuela de Drake	Alumnos	14
21/11/2007	Salón Comunal	Habitantes Agujitas + otros	14
11/02/2008	Hotel Drake Bay Resort	Funcionarios y dueños hotel	15
12/02/2008	Hotel Jinetes de Osa	Funcionarios y dueños hotel	9
13/02/2008	Hotel Águila de Osa Inn	Funcionarios y dueños hotel	12
14/02/2008	Hotel La Paloma Lodge	Funcionarios y dueños hotel	18
02/12/2008	Escuela de Drake	Habitantes Agujitas + otros	17
03/12/2008	Escuela de Drake	Alumnos	16
03/12/2008	Escuela de Drake	Alumnos	14

La primera charla del 21 de noviembre de 2007 en el salón comunal fue dirigida a las autoridades gubernamentales regionales, a las ONG, a las organizaciones religiosas, a las autoridades del Ministerio de Educación, a los habitantes adultos y a los niños del pueblo de Agujitas. Las charlas en los hoteles fueron dirigidas a los funcionarios y gerentes o dueños de los hoteles de la zona. El propósito fundamental estas charlas era el de informar el objetivo de esta investigación, las consecuencias directas e indirectas posibles que tienen sus actividades sobre la calidad del agua litoral y el de presentar la gama de soluciones aplicables a la problemática ambiental local. El contenido de las charlas fue basado en el trabajo de García J.E. *et al.* (2006) y la literatura disponible. Las presentaciones en los hoteles y en el salón comunal se hicieron con un video-proyector conectado a una computadora, los cuales permitieron ilustrar los conceptos propuestos para cautivar la atención del público. Las charlas dirigidas hacia los niños eran más participativas, se dibujaron los conceptos en las pizarras de las aulas para aclarar el vínculo entre las causas y las consecuencias de la contaminación del agua (Anexos XXVIII y XXIX). La última charla fue propuesta el 2 de diciembre de 2008 en la cual se invitó la mayor parte de los líderes

del pueblo, las autoridades gubernamentales regionales, los hoteleros, los dueños de hoteles, las ONG, las organizaciones religiosas, a las autoridades del Ministerio de Educación, a los habitantes adultos y a los niños de Agujitas con el objetivo de explicarles el contenido del folleto, tanto como para incentivar la creación de un comité de seguimiento para la obtención de la Bandera Azul Ecológica (BAE) para Playa Colorada (Anexos XXVI y XXVII).

Se sintetizaron y se incorporaron los resultados de las investigaciones acerca del conocimiento de la problemática ambiental, de la calidad del Río Agujas y de los riachuelos y las opciones de solución de gestión ambiental y de tecnologías adecuadas para delimitar las fuentes de contaminación de las aguas costeras, en un folleto informativo, repartido en 400 ejemplares en la comunidad (Anexo XXXI), que fomente el desempeño ambiental en las actividades diarias de los habitantes.

## RESULTADOS

### 1-Entorno social

Agujitas fue la comunidad más poblada en 2007 con 476 personas, seguida por Los Planes que contaba unas 217 personas (Figura 35). No obstante, hay que sopesar la precisión de estas cifras que representan la suma de las personas contabilizadas por el EBAIS de Drake durante el año 2007. En efecto, las casas en las cuales no se encontraba a nadie durante las visitas no fueron tomadas en cuenta en este censo de población.

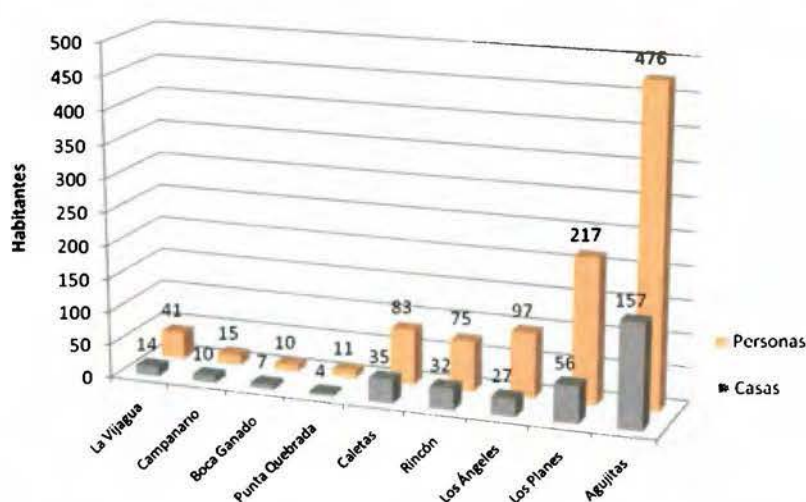


Figura 35: Número de personas y casas por cada pueblo del Área de Drake. Fuente: EBAIS de Drake. Diciembre de 2007.

Los asentamientos humanos se han desarrollado cerca de la costa en las partes bajas de la zona entre las quebradas del Mono y Don Carmen. La comparación del anexo IV (Mapa del INEC representando los asentamientos humanos de Agujitas en 1996) con la figura 36 muestra que en los últimos años, los asentamientos humanos se extendieron a lo largo de la carretera que se dirige al sur hacia los Planes siguiendo la línea de separación de las micro-cuencas de las quebradas del Mono y Don Carmen y en el sector noreste y este de la cuenca alta de la Quebrada del Mono.



**Figura 36: Fotografía satélite del sur de la Bahía de Drake (2004) que muestra los asentamientos humanos de Agujitas (color rojo), las vías de acceso (color anaranjado) y los cursos de agua (color azul). Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.**



## 2-Encuesta

La mayoría de las personas entrevistadas tenían entre 21 y 40 años (Figura 37).

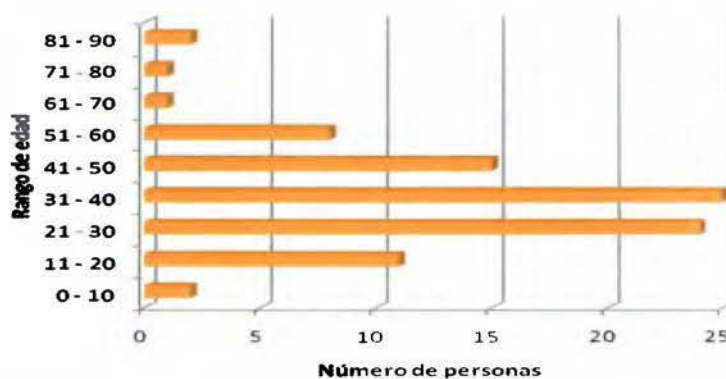


Figura 37: Rango de edad de las personas entrevistadas.

Casi dos tercios de las personas entrevistadas fueron de sexo masculino (Figura 38).



Figura 38: Proporción de mujeres y hombres entrevistados.

El censo nacional de población y de vivienda muestra que en 2006 habían 45 mujeres por 55 hombres en el distrito de Sierpe, al cual pertenece Agujitas (Figura 39).

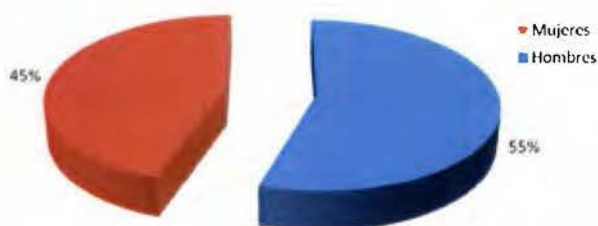


Figura 39: Proporción de mujeres y hombres en el distrito de Sierpe. Fuente: Anónimo 2006.



La mayor parte de las personas que estaban viviendo en la región de Drake era de nacionalidad costarricense. De los entrevistados, la mayoría de los extranjeros era originaria del continente americano (Figura 40).

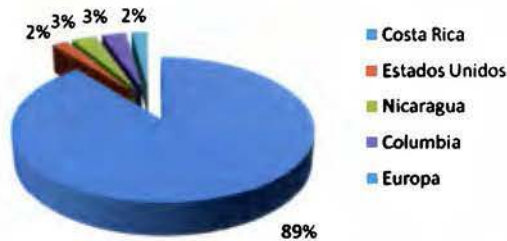


Figura 40: Nacionalidad de las personas entrevistadas.

Todas las personas entrevistadas estaban viviendo en Agujitas o en los alrededores. En los 5 últimos años se destaca un aumento de personas que llegaron a vivir en la región comparado con las décadas anteriores. Se notó también un aumento de extranjeros que se instalaron en la región de Drake en los 5 últimos años (Figuras 41 y 42).

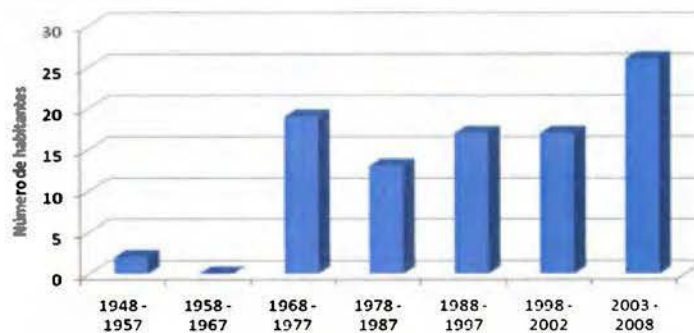


Figura 41: Número de personas entrevistadas instaladas en la región de Drake entre 1948 y 2008 por periodo.

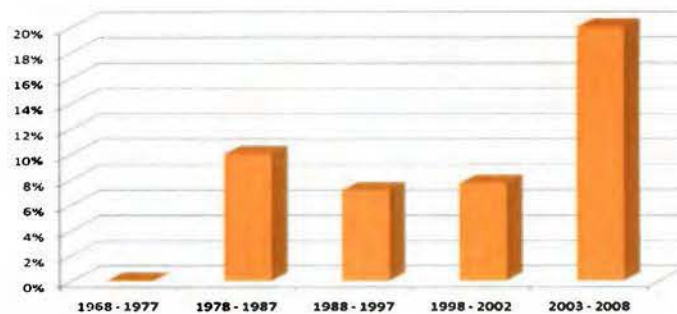
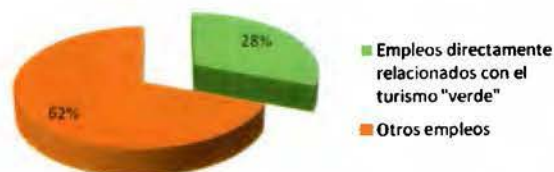


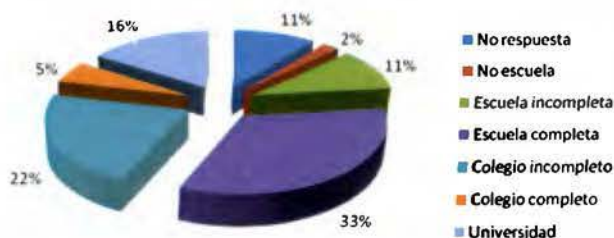
Figura 42: Porcentaje de personas entrevistadas de origen extranjera instaladas en la región de Drake según el periodo entre 1968 y 2008.

El 28% de los entrevistados tenían un empleo directamente vinculado con el turismo (mantenimiento de hoteles, guía, capitán entre otros) (Figura 43).



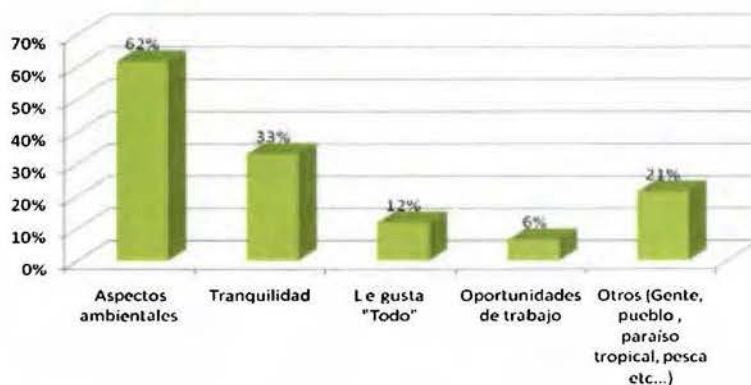
**Figura 43: Proporción de entrevistados teniendo empleos directamente relacionados con el turismo "verde" o "naturalista".**

El 76% de los entrevistados, es decir, la mayor parte terminó el ciclo de la escuela. Del 43% de los entrevistados que llegaron al colegio, el 5% lo completó y el 16% estudió en la universidad. El 2% de los entrevistados no ha ido a la escuela y el 11% no la completó. (Figura 44).



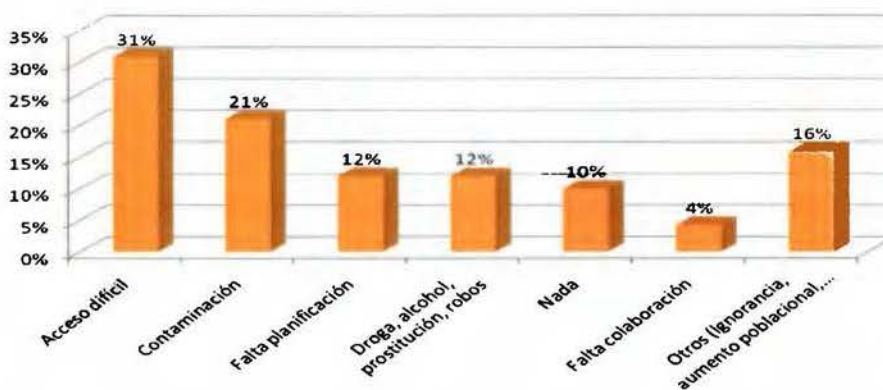
**Figura 44: Nivel escolar de las personas entrevistadas.**

Los aspectos ambientales tales como el mar, el bosque, la playa, la montaña, la naturaleza, la biodiversidad fueron los temas más citados por los entrevistados, representaron un 62%. Un 33% de los interrogados citó la "tranquilidad", o la seguridad como un aspecto favorable para vivir en Drake. Un 12% respondió "todo" a lo que le gusta en la Bahía de Drake. Las "oportunidades de trabajo" fue también mencionado y diversos aspectos valorizados como la gente apreciada o la pesca, entre otros (Figura 45).



**Figura 45: Aspectos de la región de Drake valorizados por sus habitantes entrevistados.**

Dentro de los aspectos de la región de Drake despreciados, el más citado por los entrevistados fue el acceso difícil con un 31%, seguido por la contaminación a un 21%. Tanto la falta de planificación como los problemas sociales (droga, alcohol, prostitución, robos, inseguridad) fueron citados por un 12% de los entrevistados. Un 10% no encontró aspectos despreciados en la región de Drake. La falta de colaboración y de organización fue citada por un 4% de los interrogados y algunos aspectos puntuales como la ignorancia, el aumento de la población y el invierno fueron mencionados (Figura 46).



**Figura 46: Aspectos de la región de Drake despreciados por sus habitantes entrevistados.**

Un 40% de los entrevistados pensó que va a haber más desarrollo e infraestructuras en los próximos 10 años, mientras un aumento poblacional es esperado por un 39% de los entrevistados. El 31% de los entrevistados anticipó un aumento turístico. La contaminación fue citada por un 20% y el 14% de los entrevistados consideró que Bahía Drake podría ser comparable a urbanizaciones tales como Manuel Antonio, Quepos o Jacó. El 14% de las personas interrogadas estimó un aumento de droga, de inseguridad o de prostitución en los próximos 10 años. Un 13%

de los entrevistados sugirió un mejor acceso, mientras un 4% contempló más oportunidades de trabajo (Figura 47).

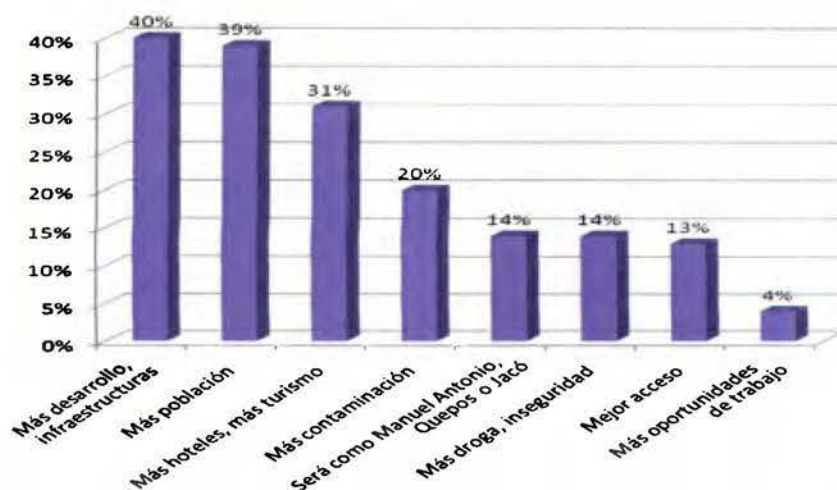


Figura 47: Aspectos de la región de Drake que los habitantes ven cambiados dentro de 10 años.

Un 39% de los entrevistados quiere ver un desarrollo controlado con un impacto ambiental mínimo en los próximos 10 años. Un 21% desea que la Bahía de Drake quede parecida al estado actual o que sea como hace algunos años. Un mayor desarrollo y más ingresos son esperados por un 14% de las personas interrogadas y un 11% quiere tener un mejor acceso. El 10% de las respuestas se enfocó en el aumento del turismo tanto como el de la población. El resto de las respuestas reflejó las dificultades a superar tales como la falta de oportunidades de trabajo, la inseguridad, la planificación urbana, y la calidad del agua de consumo (Figura 48).

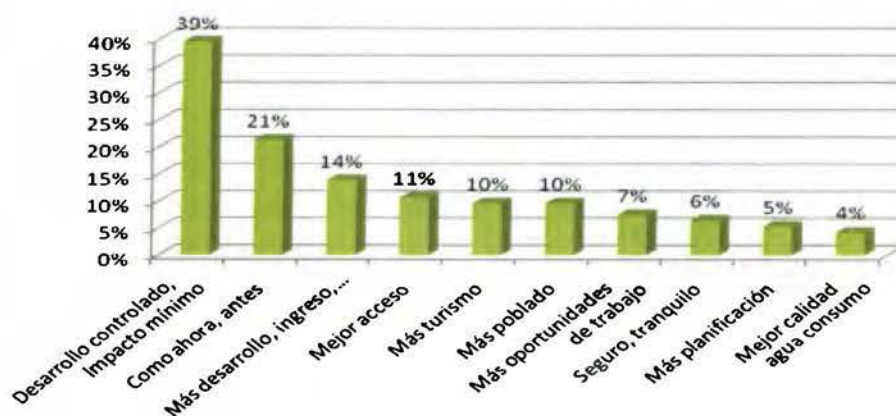


Figura 48: Aspectos de la región de Drake que los habitantes desearían disfrutar dentro de 10 años.



Las aguas negras y las aguas grises que corren directamente a los ríos o al mar por ausencia o falta de un sistema de retención o por su cercanía a los cursos de agua, es la mayor causa de contaminación de las aguas litorales, según un 45% de los entrevistados. Un 30% de las respuestas ha sido enfocado en la basura botada en la calle o en la playa, lo que constituye una contaminación visual. El 18% de los entrevistados piensa que una parte de la contaminación viene del jabón usado para el mantenimiento de los botes o de los derrames de gasolina o aceite al agua. Los hoteles y el turismo pueden originar la contaminación del agua según un 15% de las personas interrogadas. La tala de árboles y la construcción que originan la erosión fueron citadas en un 14% de las respuestas (Figura 49).

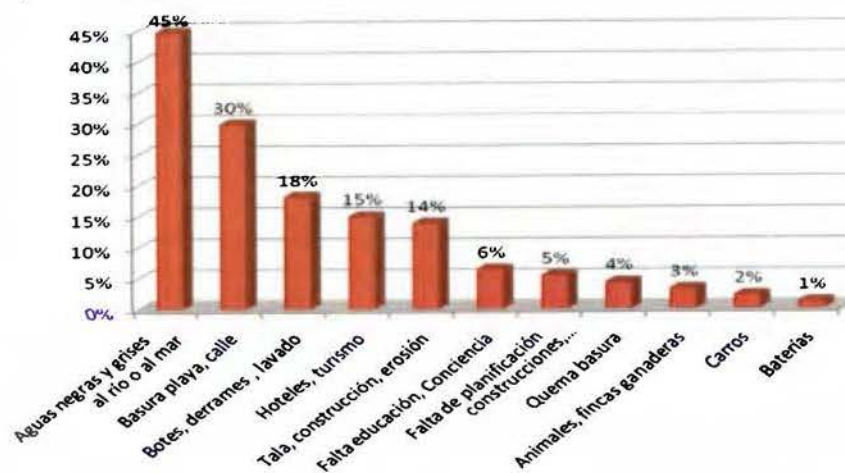
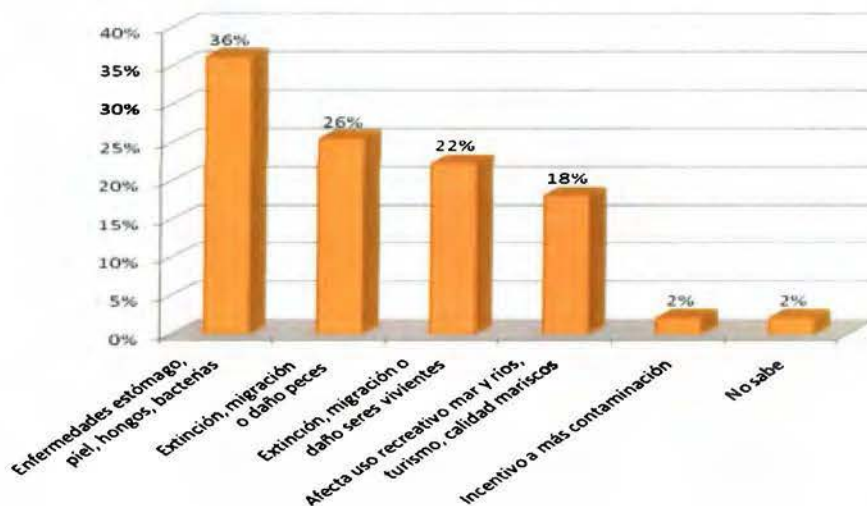


Figura 49: Causas de la contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada citadas por los habitantes entrevistados de la región de Drake.

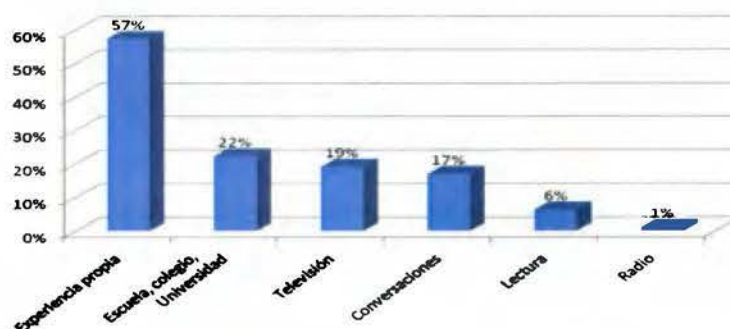
La mayor parte de los entrevistados, es decir, un 36% opinó que una de las consecuencias de la contaminación del agua se debe a los hongos y las bacterias presentes en el agua, los cuales provocan enfermedades del estómago y problemas de piel al ser humano. El 26% de los entrevistados citó la migración, la extinción o el daño en la salud de los peces como consecuencia de la contaminación del agua litoral. El 22% de los entrevistados afirmó que la contaminación del agua litoral afecta toda la cadena alimentaria, no sólo los peces sino todos los seres vivos acuáticos, tanto de origen vegetal como animal. El uso recreativo del mar y la calidad de los propios mariscos que se consumen, fue citado por un 18% de los entrevistados como consecuencia de la contaminación de las aguas litorales. El 2% de los entrevistados consideró que la contaminación puede ser un incentivo a que siga esta mala práctica (a la gente le importa menos botar los desechos sólidos en la calle o en la playa si ya están contaminadas) y el mismo

porcentaje de interrogados no supo qué podía ser una causa de la contaminación de las aguas litorales (Figura 50).



**Figura 50:** Consecuencias de la contaminación de las aguas litorales de la Playa Colorada citadas por los habitantes entrevistados de la región de Drake.

El 57% de los entrevistados sabe del tema de la contaminación del agua en parte por su propia experiencia, por haber visto algunas consecuencias. El 22% de los entrevistados conoce el tema por haberlo estudiado. La televisión informó a un 19% de los entrevistados, mientras las conversaciones sobre el tema un 17%. Sólo un 6% se informó por haber leído sobre la contaminación del agua y un 1% por radio (Figura 51).



**Figura 51:** Medios de conocimiento de los entrevistados sobre el tema de la contaminación del agua.

Los actores más citados para el mejoramiento de la calidad de las aguas litorales de Playa Colorada fueron “la comunidad, uno mismo, todos nosotros” en un 64% y luego “el Ministerio de Salud, la Municipalidad o el AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados)” en un 19%. El 3% de los entrevistados estuvo a favor de la creación de un “Comité de Aguas”

mientras un 2% consideró AyA, los hoteles de la zona o Cámara de Turismo de Osa (CATUOSA) como los actores adecuados que contribuirían a mejorar la calidad de las aguas de los ríos, de los riachuelos y litorales de Agujitas. Los niños a través de la educación fueron citados por un 2% de los interrogados. El mismo porcentaje de entrevistados estimó que “Dios” puede actuar para mejorar la calidad de las aguas, mientras la Asociación de Desarrollo lo podría hacer según un 1% de los entrevistados (Figura 52).

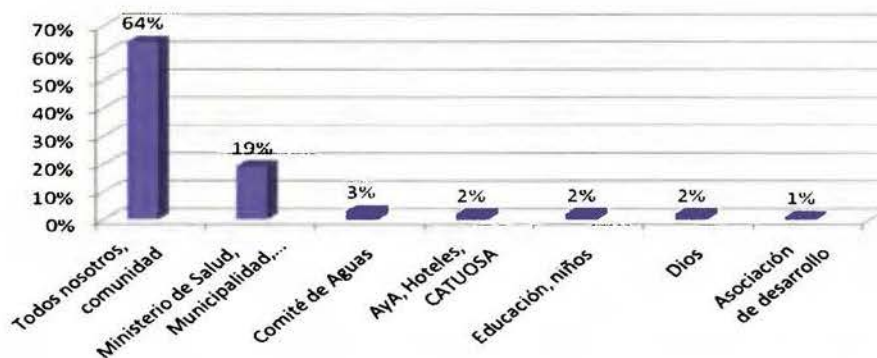


Figura 52: Actores propuestos por los entrevistados para llevar a cabo el mejoramiento de la calidad de las aguas litorales de Playa Colorada.

Todos los interrogados expresaron ganas de saber más de las causas, de las consecuencias y de las opciones de solución para limitar la contaminación de las aguas litorales y de los cursos de agua en las cuencas de la zona. Por otra parte, todos los entrevistados estaban de acuerdo para actuar al nivel personal para limitar la contaminación del agua, es decir usando opciones de soluciones aplicables. El 100% de entrevistados deseó un mayor conocimiento sobre el tema de la contaminación del agua y ofreció su cooperación para limitar la contaminación de las aguas litorales de Playa Colorada.

El 97,9% de los 47 turistas entrevistados tuvo una buena opinión de los “baños composteros” y apoyó su uso en los hoteles y cabinas de Agujitas (Figura 53). La opinión de los turistas acerca de los “baños composteros” fue recopilada en el anexo V.



Figura 53: Proporción de turistas entrevistados a favor del uso de los “servicios composteros” en los hoteles y cabinas de Agujitas.



## DISCUSIÓN

Las entrevistas realizadas subrayaron varias preocupaciones de los habitantes, las cuales podrían ayudar a apreciar los cambios necesarios para alcanzar un adecuado equilibrio entre los aspectos socio-económicos y los aspectos ambientales enfocados sobre la calidad del agua litoral del pueblo de Agujitas.

### 1-Aspectos socio-económicos

A pesar de un pasado caracterizado por una economía bastante inestable, ahora el turismo presenta una oportunidad real de desarrollo para la comunidad de Agujitas. Para proteger tanto los espacios naturales como la propia cultura de la región, es indispensable que los desarrollos turísticos, particularmente en las áreas rurales, no sólo entren en una perspectiva de sustentabilidad sino que se adapten al patrimonio natural y cultural de la zona (Gurría Di-Bella 2000). A través de la encuesta se manifestaron varios aspectos sociales, tales como problemas de alcoholismo, droga y prostitución. Desde hace cinco años se nota un aumento poblacional comparado con las décadas anteriores. Una explicación viene tal vez de la muy reciente conexión del pueblo a la red eléctrica, lo que ha favorecido la instalación y la mejor comodidad de los nuevos habitantes.

Se observó una diferencia entre cómo la mayoría de la gente “quiere ver” y cómo “ve” la Bahía de Drake dentro de 10 años. La mayor parte de los entrevistados anticipa un desarrollo económico con más infraestructuras, más turismo, un crecimiento poblacional importante y una mayor contaminación, lo que hace que una parte de ellos suele comparar Drake en el futuro con regiones como Manuel Antonio, Quepos o Jacó. A la vez, se espera un desarrollo manejado de tal forma que se preserve la riqueza natural y la tranquilidad que caracteriza el lugar. La diferencia entre lo estimado y lo esperado en la planificación revela la insatisfacción por la falta de poder de decisión de los lugareños sobre el desarrollo futuro de su propio pueblo.

La mayoría de los entrevistados consideró que una causa importante de la contaminación del agua viene de los tanques sépticos que no filtran adecuadamente las aguas negras y los drenajes que las conducen hacia los afluentes de las quebradas, las cuales se convierten en fuentes de enfermedades ligadas a las bacterias y los hongos encontrados en estas aguas. Las personas de la región han experimentado las enfermedades o alergias ligadas o han visto a personas afectadas, la mayoría de los entrevistados que expresaron lo anterior tiene como principal medio de



conocimiento la experiencia, las conversaciones y la televisión. El mantenimiento de los botes (que produce una contaminación visual importante por la espuma producida y los reflejos de colores del arcoíris debido a los derrames de aceite o de gasolina), ha sido citado como causa de la contaminación con la misma frecuencia que los hoteles en general, de los cuales no ha sido precisado el tipo de contaminación ocasionado. La basura, la cual constituye una contaminación física y química importante, ha sido citada como causa de la contaminación de las aguas litorales con más frecuencia que la erosión, que no parece afectar la calidad del agua litoral según la mayor parte de la gente.

El 26% de los entrevistados respondió que después de las enfermedades provocadas por el mal manejo de las aguas cloacales, la extinción o la migración de los peces ha sido una consecuencia de la contaminación acuática. Casi una quinta parte de los entrevistados afirmó que la contaminación acuática puede traer consecuencias para el uso recreativo, el turismo y la calidad de los mariscos. La comunidad de Agujitas respondió en su gran mayoría que ella misma tiene que actuar para el mejoramiento de la calidad de las aguas litorales con el apoyo del Ministerio de Salud, el gobierno local o el AyA. Además, la población mostró su interés en preservar la calidad del recurso acuático, al manifestar que requiere más conocimiento ambiental sobre la temática de la contaminación del agua y al ofrecer su cooperación o acción para limitar dicha contaminación a nivel personal.

El acceso a la Bahía de Drake tiene un papel casi primordial en la preservación ambiental, la autenticidad actual y la tranquilidad del pueblo de Agujitas de un lado y en las pocas infraestructuras presentes, de otro lado. En efecto, el transporte de materiales de construcción y el costo del traslado desde la Palma de Osa, ha frenado seguramente la elaboración de construcciones recientes, lo que ha evitado una mayor tala de árboles y la nivelación de terrenos, que suele provocar los graves arrastres de tierra por erosión pluvial hacia el mar, cuenca abajo. El pueblo todavía es bastante tranquilo, no hay mucha delincuencia, las puertas pueden quedar abiertas sin problema de robo. No obstante, la venida de turistas extranjeros con material como cámaras de video o fotográficas y dinero en efectivo, ha provocado robos de noche en algunos hoteles de la zona. La droga y la prostitución están presentes, como se puede notar en los aspectos despreciados por algunos entrevistados de la comunidad (Figura 46). Un mejoramiento del acceso tanto por carretera como por vía aérea internacional, tendría consecuencias considerables sobre los aspectos citados arriba. La construcción y la puesta en funcionamiento de un aeropuerto en la zona sur, tal y como está proyectado, podría contribuir a un desarrollo descontrolado, acelerando la erosión, con lo cual la contaminación sería irreversible si no se lleva a cabo un plan de manejo

costero integrado, en concertación con la comunidad, la municipalidad de Osa y los actores institucionales de la zona, para anticipar y manejar las repercusiones de un crecimiento turístico drástico

## **2-Charlas**

La asistencia a las charlas, a pesar de la cantidad de invitaciones y del esfuerzo de comunicación, fue función de la motivación e interés de la gente a desplazarse hasta el lugar de la charla después de un arduo día de trabajo. El hecho de dar charlas en el propio lugar de trabajo de la gente, o en la escuela durante los cursos de los niños, resultó ser una buena opción, porque dio oportunidad a una parte de la población no necesariamente interesada en el tema, a obtener un mayor conocimiento sobre la contaminación del agua.

## **3-“Ecoturismo” o turismo de “bajo impacto”**

Costa Rica es un país apropiado para desarrollar un turismo sostenible; sin embargo, para lograrlo es necesario fomentar un turismo selectivo y no masivo como el que predomina actualmente (García J.E. *et al.* 2006). En Agujitas, todavía no se puede hablar de industria del turismo, aunque está generando directamente e indirectamente la mayoría de los empleos del pueblo. Según la encuesta, una buena parte del pueblo tiene una visión a largo plazo del estilo de desarrollo deseado y del papel que el sector turístico debe desempeñar, para contribuir a un desarrollo sostenible. Debido al rápido crecimiento del turismo naturalista y la falta de inversiones en infraestructura, hay sitios como Monteverde y Manuel Antonio, que han llegado a niveles de saturación, y si no se ejercen medidas de control, se puede sobrepasar la capacidad de carga, lo cual generaría un deterioro del recurso (García J.E. *et al.* 2006).

Hoy en Costa Rica existen opciones para orientar a las comunidades, instituciones y empresas hacia un desarrollo que minimice los impactos sobre los recursos de los cuales depende el turismo. El Certificado para la Sostenibilidad Turística es un programa del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), diseñado para categorizar y diferenciar empresas turísticas de acuerdo con el grado en que su operación se acerque a un modelo de sostenibilidad, en cuanto al manejo de los recursos naturales, culturales y sociales. Dicho galardón es otorgado por la Comisión Nacional de Acreditación, con sede en Costa Rica. El programa es enteramente voluntario y en él pueden participar los hoteles, albergues y cabinas que lo deseen, sin importar el

sitio en que se encuentren (ciudad, playa o montaña), ni su tamaño. Además, este programa toma en cuenta las siguientes leyes: Ley Zona Marítimo Terrestre, Ley de Conservación de Vida Silvestre, Ley Patrimonio Nacional, Ley del Ambiente (Gobierno de Costa Rica 1977, 1982, 1992, 1995).

La Bandera Azul Ecológica es una adaptación hecha en Costa Rica a una iniciativa similar de la Comunidad Económica Europea y se otorga la certificación desde 1985 a las zonas costeras, a los centros educativos, a las comunidades, a los espacios naturales protegidos, a las micro-cuencas hidrológicas y a las empresas que incentivan acciones para enfrentar el cambio climático, que cumplan con los requisitos socioculturales, económicos y ambientales que están establecidos. Esta actividad ha sido el resultado de un apoyo y una decisión del AyA, que por medio de su Laboratorio Central, evalúa periódicamente la calidad microbiológica del agua de las playas, con el fin de hacer diagnósticos sanitarios y así proteger la salud de los habitantes y de los visitantes a las zonas costeras. La información en detalle acerca de los requisitos estipulados para hacerse acreedor de este reconocimiento oficial, se encuentra en el sitio de Internet: <http://www.aya.go.cr/informacion/laboratorio/banderaazul/index.php> (revisado el 10-12-2008).

El objetivo de la BAE para las playas es promover un sistema de evaluación anual que sirva como incentivo a los hoteleros, cámaras de turismo y comunidades costeras en el cuidado integral de las playas de Costa Rica. Consiste en otorgar un galardón a la comunidad o entidad que logre satisfacer los aspectos de calidad del agua de mar, la calidad de las playas, el acceso a agua potable, el tratamiento de las aguas residuales, la educación ambiental, la seguridad y la administración (Mora 1997, Anónimo 2008). Constituye un aliciente para fomentar la armonía entre el desarrollo de las poblaciones costeras y el auge hotelero, con la protección del medio ambiente de las playas. La creación de un comité pro-BAE es el siguiente paso para estimular a la comunidad de Agujitas, para que actúe concretamente tanto al nivel personal como comunitario, hacia un objetivo común que satisfaga las necesidades económicas y ambientales.

## PROPUESTA DE ACCIONES

El diseño e implementación del plan de acción, debe realizarse concertadamente con los diversos agentes sociales del pueblo (Asociación de Desarrollo de Drake, Asociación de Guías Naturalistas de Drake (AGUINADRA), Asociaciones locales, ONG, CATUOSA, ASADA (Asociación Administradora del Acueducto Rural) de Drake, Municipalidad de Osa). Se aspira a establecer las acciones a tomar sobre el medio para corregir y controlar desequilibrios actuales y generar un plan de acción que agilice la implementación de medidas correctivas identificadas. A partir de la evaluación y del control de acciones se establece un sistema de monitoreo y seguimiento de los diversos indicadores con el fin de realizar las correcciones necesarias y así asegurar una implementación eficiente. Otra acción importante es realizar un proceso de sensibilidad y concientización ambiental, con la finalidad de crear una conciencia en la población que favorezca la asimilación y aceptación del plan.

La siguiente lista es el resultado de la encuesta (Anexo XXVI), aplicada a los habitantes participantes a la charla del 2 de diciembre de 2008 (Anexo XXVII), con el fin de conocer el orden de prioridad que le asignan a varias acciones con miras hacia la protección del recurso hídrico de la Bahía de Drake.

1. Poner a disposición detergentes suaves o biodegradables en las pulperías de la zona, de manera que se sustituya a los detergentes fuertes (con alto contenido de sustancias químicas), poco a poco, para ir disminuyendo el impacto de éstas sobre el medio ambiente.
2. Promover el saneamiento ecológico como alternativa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales actuales (baños composteros, bio-jardineras y reutilización de las aguas residuales).
3. Formar un grupo pro-Bandera Azul Ecológica, para trabajar en la obtención del galardón en Playa Colorada.
4. Instalar basureros en puntos estratégicos del pueblo y organizar la recolección de la basura una vez a la semana.
5. Señalar por medio de rótulos, las quebradas y ríos altamente contaminados con materia fecal, para evitar que las personas se enfermen al bañarse, o simplemente al pasar por ellos.

6. Disponer, diseñar y cumplir un programa de reforestación en las áreas inclinadas y en las zonas de nacientes y manantiales de quebradas y ríos.
7. Cubrir las áreas de tierra suelta con toldos plásticos, para protegerlas de la lluvia, o sembrar vetiver (raíces largas) en los terrenos inclinados y bambú en las laderas no protegidas de los ríos.
8. Equipar los techos de las casas, cabinas y hoteles (que no tengan), con canoas y bajantes para recuperar las aguas pluviales para uso propio y minimizar la erosión pluvial del suelo.
9. Crear una Asociación de Desechos de Drake que manejaría los desechos a partir de un centro de acopio.

Las acciones sugeridas por los habitantes presentes en la charla del 2 de diciembre de 2008 fueron:

#### *Educación:*

- o Proveer más educación ambiental de casa en casa, en centros comunitarios, centro de salud, escuelas, hoteles e iglesias (charlas/talleres de reciclaje).
- o Ofrecer avisos, consejos para el manejo del agua pluvial, para el manejo del aceite, de la gasolina y de otros tipos de contaminantes.
- o Preparar y proponer talleres de educación a la consumación.
- o Organizar más campañas de educación sobre el control de natalidad.
- o Dar ejemplos o demostraciones: construir una “casa ejemplo” para mostrar opciones de sistemas de tratamiento de agua aplicables y amigables con el medio ambiente y varios medios de ahorro de consumo de electricidad.

#### *Comité de Desechos:*

- o Formar un Comité de Desechos de Drake (CoDeDrake) (es más rápido que formar una asociación) y distribuir los papeles en sub-grupos de trabajo.

Los sub-grupos podrían ser:

- Manejo del Reciclaje (Organizar el traslado de los desechos hasta el centro de acopio de Sierpe).

- Comunicación y educación (Enfatizar cómo reciclar, dividir la materia orgánica y los envases).
- Recolección y disposición adecuada de desechos peligrosos (Organizar la recolección de productos tóxicos, como las baterías, en puntos centrales, por ejemplo, en las pulperías).

*Infraestructuras:*

- o Mejorar los sistemas de tratamiento de aguas jabonosas y negras. tanto privados como de las infraestructuras turísticas.

Se espera que el conjunto de esta propuesta de acciones sea usado como base para la elaboración de un Plan de Acción por la comunidad de Agujitas. Se brindará esta lista a la Asociación de Desarrollo Integral de Drake, que parece ser el grupo adecuado para reunir a funcionarios clave de las oficinas estatales (MINAET, Ministerio de Salud, Municipalidad de Osa, CATUOSA), las ONG y los habitantes de Agujitas y organizar una reflexión recurriendo a la metodología FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) sobre la estrategia a adoptar para proteger el recurso hídrico fluvial y marino de la Bahía de Drake.



## CONCLUSIONES

La contaminación de las aguas costeras de Playa Colorada, en la Bahía de Drake, tiene un carácter puntual, lo que es una consecuencia directa de los aportes fluviales, dependientes de la frecuencia y de la cantidad con la que la lluvia cae en las cuencas. Además, las corrientes marinas hacen que la contaminación sea difícil de apreciar sólo con datos físico-químicos, cuando las mediciones se llevan a cabo solo ocasionalmente.

La calidad del suelo de tipo "ultisol" en la zona de Agujitas, así como en gran parte de la Península de Osa y del ACOSA o en Golfito, por ejemplo, (Anexo XXI), no permite que los efluentes que salen de los tanques sépticos (aun aquellos bien mantenidos), sean filtrados como lo requiere tal sistema de tratamiento para la evacuación de las aguas residuales (Rosales, com. pers. 2008) en el campo de infiltración. La resultante saturación del tanque séptico va a provocar que el agua contaminada se esparza en la superficie del terreno y esto obviamente causa problemas de malos olores y atenta contra la salud de las personas (Anexo XXV). Puede ser que este proceso contribuya de manera significativa a la descarga de bacterias asociadas a la materia fecal, de detergentes, de jabones, de productos de limpieza o de materia orgánica en los mismos cursos de agua que proveen el precioso líquido que se usa por las necesidades humanas diarias. La elaboración de terrazas en pendientes importantes, las construcciones, las carreteras y los derrumbes que dejan la tierra desnuda a merced de los aguaceros, en una de las zonas más lluviosa del trópico de Costa Rica, pueden explicar por qué los ríos y las quebradas de esa región se ven de color café luego de cada precipitación y su consecuente efecto en la transparencia del agua litoral.

El Índice de Calidad de Agua de Agujitas utilizado en el estudio indicó una baja calidad del agua que proviene de las quebradas que serpentean por el pueblo. Ocurrió una dilución de las mayores fuentes de contaminación fisicoquímicas provenientes de aportes fluviales en el mar. La estación de Punta Agujas mostró poca contaminación y la dirección del oleaje motivó una tendencia del agua oceánica a entrar y bordear la bahía por el lado sur oeste. No se notó mucha contaminación por los nutrimentos en el Río Agujas, tal vez porque el volumen de agua que desemboca los diluye mucho. No obstante, las concentraciones de bacterias fecales y *E. coli* manifestaron una contaminación importante, ya que el número más probable de bacterias, aportadas en la bahía fue 15 veces superior en abril de 2008 en el río comparado con el de las quebradas. Debido a la oposición de la circulación de las corrientes costeras del norte y del oeste

en la bahía, es muy probable que se estanquen los agentes contaminantes y que se acumulen los sedimentos provenientes de los cursos de agua en la franja costera de Playa Colorada.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos, así como los de las vulnerabilidades ambientales, indican la necesidad de adaptar los asentamientos humanos y hoteles a las características físicas, climatológicas y biológicas de la zona, tanto en su ubicación como en su funcionamiento.

La presencia y el uso de embarcaciones motorizadas en la bahía, principalmente con fines turísticos, constituye otra fuente nada despreciable de contaminación por derrames involuntarios de combustibles u otros derivados del petróleo, los cuales podrían ser cuantificados en otro estudio. Además, la contaminación sónica es otro factor que puede afectar a la fauna marina. El turismo, del cual la comunidad se ha beneficiado económicamente en los últimos años, ha provocado una mayor demanda de las embarcaciones motorizadas sin ningún tipo de regulación.

Hay una necesidad de contar con una adecuada planificación ambiental y urbana, para evitar las construcciones y actividades que amenacen la protección de nacientes, ríos y playas. La municipalidad tiene así una labor esencial que llevar a cabo (Anexo XI) en vista a mejorar la planificación urbano-ambiental de la zona y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Se espera que en los próximos años esté listo el Plan Regulador de la zona, el cual está siendo preparado por la Municipalidad de Osa.

Los resultados de la encuesta acerca de la disposición de los entrevistados a participar en la protección del recurso hídrico, son muy alentadores a la hora de incentivar la formación de un Comité de seguimiento para la obtención de la Bandera Azul Ecológica para Playa Colorada y de difundir más información sobre el tema de la contaminación del agua a través del folleto informativo proporcionado a la comunidad de Agujitas.

La formación de un grupo de personas locales motivado para proteger el recurso hídrico, podría satisfacer la aspiración a tener un poder de decisión en la planificación al nivel local y regional, mediante una mejor comunicación entre la comunidad y los actores institucionales. El conocimiento ambiental de la comunidad puede ser mejorado por la distribución del folleto informativo sobre la sensibilización a la contaminación del agua. Sin embargo, la importancia de la comunicación frecuente, por medio de charlas sobre este tema, es innegable para mantener la información presente en la conciencia de la comunidad. La BAE es una buena opción para que el recurso hídrico y las aguas litorales sean analizados periódicamente y para que la comunidad identifique a Playa Colorada como un patrimonio natural a preservar.

El turismo en Agujitas, incentivado por los recursos naturales del Parque Nacional de Corcovado o de la Isla del Caño, principalmente, además de su propia zona, tiene un potencial económico aprovechable para toda la comunidad de Agujitas y las comunidades cercanas hasta Sierpe y Palmar. Sin embargo, interesa no olvidar que tal turismo es mantenido por lo que viene a buscar el turista costarricense o extranjero, es decir, la belleza natural de bosques o arrecifes coralinos que mantienen una biodiversidad tanto exuberante como frágil, reconocida al nivel internacional. La vida acuática y terrestre sólo puede ser mantenida con una buena calidad del agua, la cual es una parte indispensable y a la vez constituyente de los seres vivos y sobre la cual los actores del desarrollo económico tienen un poder de destrucción o de conservación. Por eso, la promoción de un verdadero “ecoturismo”, es decir un turismo de bajo impacto, que respete el buen funcionamiento de los ecosistemas, es necesario.

Por otra parte, el turismo es el pilar de la vida económica de la región. En los próximos meses o años, se podrían sentir en Bahía Drake los efectos de una economía mundial ahora bastante inestable, tanto en la disminución del número de turistas extranjeros como en sus inversiones. La diversificación de los sectores de empleo, favorecería una seguridad económica y social en la región. En efecto, la producción agrícola orgánica integrada podría ser una opción razonable para alcanzar un equilibrio adaptado a las necesidades ambientales, sociales y económicas de un lugar tan aislado como la Bahía de Drake.

El pueblo de Agujitas, todavía de pequeño tamaño, tiene aun la posibilidad de limitar la contaminación de las aguas que fluyen y salen de sus cuencas. Además, un río que cuenta con manantiales no contaminados tiene una capacidad de purificación bastante rápida (de algunas semanas a algunos meses, según el grado de alteración, la pendiente, el tamaño de la cuenca y el flujo), si se elimina el origen de la contaminación que lo está afectando. Se espera que la información brindada por este estudio ayude a crear la comprensión, el conocimiento y la conciencia necesarios para que la comunidad de Agujitas considere la protección del recurso hídrico como una prioridad.

## RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, el autor propone algunas recomendaciones que pueden ser tomadas en cuenta para completar y ordenar un plan de acción que apunta hacia la limitación de la contaminación del recurso hídrico tanto para el pueblo de Agujitas como para otros pueblos costeros, e ideas para realizar otros estudios en este campo de investigación.

### 1-Sugerencias para limitar la contaminación del recurso hídrico

- Promover los beneficios de la Bandera Azul Ecológica, que tiene como objetivo el impulsar el desarrollo de las zonas costeras de Costa Rica, en concordancia con la protección ambiental del mar. Para la obtención de la BAE para Playa Colorada de Bahía Drake, se sugiere:
  - Reunir un comité de seguimiento pro Bandera Azul Ecológica
  - Instalar basureros en puntos estratégicos del pueblo y organizar la recolección y la disposición adecuada de los desechos sólidos y líquidos.
  - Reforzar el programa de reciclaje y su recolección, incentivado por la Fundación Corcovado.
  - Favorecer programas de educación ambiental, tanto en las escuelas como en los hoteles. El otorgamiento del galardón BAE sería una garantía de un seguimiento frecuente y a largo plazo de la calidad de las aguas para que los lugareños, los turistas y los ecosistemas puedan aprovechar un agua de buena calidad.
- Formar un grupo comunitario que identifique la protección del recurso hídrico, principalmente para garantizar una economía basada sobre el “turismo ecológico”. Por ejemplo, un “Comité de Protección del Agua” (Chung, 1999) que podría ser parte de la Asociación de Desarrollo Integral de Drake, para facilitar la comunicación entre la comunidad y la entidades institucionales (Municipalidad, científicos, Cámara de turismo, MINAET, AyA) y que promueva la información ambiental y la participación ciudadana.

- Respetar la zonas de protección de los ríos por la aplicación del Plan Regulador y conseguir financiamiento para que la ASADA de Drake compre las zonas de protección de los ríos a los propietarios. Para este efecto, se puede solicitar el “Fondo para la Adquisición de Terrenos Destinados a la Conservación Ambiental y a la Protección del Factor Hídrico Costarricense”.
- Cumplir con las leyes y los reglamentos nacionales sobre las áreas protegidas de los ríos (Anexo XI).
- Organizar campañas de incentivo para que no se queme la basura, preparando y pegando afiches en las pulperías y hoteles, que tendrían como lemas del tipo: “Basura Quemada = Agua Contaminada”, “Reciclar los plásticos = cuidar mis niños”, por ejemplo, con el fin de informar a la gente de las consecuencias impalpables de cada gesto cotidiano, cada acción usual diaria sobre el recurso hídrico, la salud humana y ambiental.
- Indicar por medio de rótulos aquellas quebradas altamente contaminadas con materia fecal, para evitar que al bañarse, al nadar o simplemente al pasar por ellas las personas se enfermen. Algún comité sería el encargado de vigilar que no se quiten tales rótulos.
- Tomar medidas de mitigación de impacto a la erosión durante las construcciones, como la protección de las terrazas o la tierra por medio de toldos o de hojas de plantas, para evitar el impacto de las gotas de agua sobre la tierra desnuda y disminuir así la erosión, la sedimentación y su efecto negativo sobre el ecosistema marino en la bahía. Proponer normas anti-erosión para las obras (construcción, funcionamiento y destrucción), edificadas en sitios lluviosos y con tierra propensa a la erosión, sobre todo si hay pendientes pronunciadas.
- Poner a disposición detergentes suaves, libres de fosfatos y biodegradables en las pulperías de la zona y sustituir los detergentes duros (con alto contenido en sustancias químicas), para que poco a poco se perjudique en menor grado el ambiente (García J.E. *et al.* 2006).
- Brindar mapas ilustrados y maquetas de la zona, en los que se representen las quebradas del pueblo de Agujitas, tanto en las escuelas como en los hoteles (en los comedores de los

funcionarios), para despertar conciencia e interés en los habitantes y así favorecer la protección del recurso hídrico como patrimonio natural.

- Incentivar el conocimiento de los ríos locales y de las quebradas, organizando paseos de observación y divulgación científica para los niños por guías locales (formar el grupo “los Niños del Agua” o “las Ranas de Drake” por ejemplo).
- Estimular a los niños, adultos, funcionarios y a la comunidad en general, a ser más racionales y eficientes en el consumo del agua, mediante campañas de sensibilización al ahorro de agua.
- Estimular los edificios y construcciones que obtuvieron una concesión en la zona marítimo-terrestre, a presentar estándares de bajo impacto sobre el entorno directo y el recurso hídrico, para que sean ejemplos de sostenibilidad en esta franja particularmente sensible. Se podría implementar el uso de tecnologías limpias (como los baños composteros o bio-filtros jardineras para aguas negras y grises).
- Promover el galardón de Certificado para la Sostenibilidad Turística, podría contribuir a desarrollar un verdadero turismo “sostenible” o “de bajo impacto” en el grupo de hoteles y cabinas de Agujitas y de los alrededores. Asimismo, como la gran mayoría de los habitantes trabajan directamente en locales turísticos, la participación en la adaptación de su propio lugar de trabajo a tener menos impacto sobre el ambiente que lo rodea, estimularía a los trabajadores a acomodar su propia casa en este sentido.
- Estimular la capacitación de los empleados a todo nivel, para adaptar las prácticas diarias a un bajo impacto ambiental; el ahorro de agua, el uso de una cantidad de productos de limpieza adecuada, la reutilización y la reparación del material entre otros.
- Proponer a los gerentes de los hoteles la integración de sistemas de medición de consumo de agua en las infraestructuras turísticas, para fomentar el ahorro de agua. Implementar nuevos equipos que ayuden al ahorro, recuperación y re-uso del recurso hídrico en las habitaciones, cabinas y hoteles.



- Diversificar las fuentes de empleo en Agujitas, para enfrentar una posible baja de la llegada de turistas extranjeros en Costa Rica y en la Bahía de Drake y así anticipar una reducción de la actividad turística, que constituye el único sector económico de Agujitas hoy en día.
- Favorecer la creación de empleo en la zona, mediante la capacitación para la modificación o la construcción de sistemas de tratamiento de agua de bajo impacto, con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), el Instituto Tecnológico Costarricense (TEC) o ingenieros ambientales en la zona.
- Limitar la erosión, primero cubriendo las áreas de suelo desnudas con telas de plástico, al igual que se hace para proteger el cemento de la lluvia; segundo, sembrando vetiver a contorno (*vetiveria zizanoides*), maní forrajero en los terrenos inclinados y bambú en las laderas de los ríos.
- Introducir las poblaciones microbianas al suelo en programas de recuperación de tierras o la reforestación de áreas agudamente alteradas, tales como los taludes de las carreteras, derechos de vía de oleoductos o acueductos (Ruiz & Davey 2003).
- Incentivar la reforestación en los terrenos de fuerte pendiente, para evitar la pérdida de suelo, favorecer la infiltración para la recarga acuífera e integrar las construcciones al ambiente, mediante una campaña que promueva sus beneficios a largo plazo para los habitantes, los ecosistemas y el turismo.
- Reforzar el conocimiento de los habitantes sobre el tema ambiental e insistir sobre los aspectos causantes de la contaminación del agua, desconocidos por una gran parte de la población: la erosión, la eutrofización provocada por los detergentes (que no ha sido citado por ninguna persona entrevistada), así como insistir sobre la cadena alimentaria y el ecosistema marino.
- Cubrir cada día las zonas de suelo desnudo cuando se usan maquinarias pesadas para trabajo de construcción, para evitar la erosión.

- Promover los beneficios del reciclaje de los desechos de plástico, aluminio, vidrio y envases de “tetrapack”.
- Incentivar el reciclaje de la materia orgánica adecuada para formar abono orgánico aprovechable para alimentar el suelo (de baja fertilidad en la zona).
- Explorar opciones de desarrollo como la agricultura orgánica en la zona, para diversificar la gama de empleos sin perjudicar el ambiente. Los productos podrían abastecer las pulperías, restaurantes y hoteles de la zona con lo que reducirían costos al disminuir la frecuencia del transporte de productos por bote desde Sierpe u otros lugares.
- Desarrollar el “Agroturismo”, que tiene por objetivo la observación de prácticas de eco-desarrollo o tecnologías agropecuarias, para el desarrollo sostenible. Esto incluye visitas al campo, a instituciones de educación superior y a centros de excelencia en investigación relacionados con estas actividades (García J.E. *et al.* 2006).
- Buscar una alternativa a la pesca de camarones entre la bahía y la Isla del Caño. El beneficio aprovechado por los camaroneros es sumamente inferior al costo de los daños ocasionados en el ecosistema marino con la utilización de redes de arrastre.

La ASADA de Drake está planeando construir un acueducto y un alcantarillado para abastecer en agua potable y recolectar las aguas residuales en el pueblo de Agujitas. La erosión provocada por este tipo de construcción a gran escala puede degradar la calidad del agua de Playa Colorada en la bahía. Se sugiere:

- Proteger del arrastre de la lluvia, la tierra que proviene de la excavación en vista a recibir las tuberías de los sistemas de acueductos y alcantarillados.
- Impulsar el uso de sistemas de tratamiento de aguas individuales (bio-jardineras y baños composteros), para evitar el fraccionamiento de los bosques y la erosión provocada al construir un sistema de acueducto y alcantarillado. La calidad del agua de la bahía sería protegida al usar sistemas que reduzcan la contaminación en su propia fuente, en vez de la construcción de un alcantarillado cuyas aguas necesitarán un tratamiento posterior.

## **2-Sugerencias para la realización de próximos estudios**

- Reproducir un estudio de la calidad de agua que integre datos fisicoquímicos e indicadores biológicos basados en la cuantificación de la presencia de macro-invertebrados, ácaros, crustáceos, moluscos y otros organismos, como los patinadores de agua de la familia Gerridae.
- Llevar a cabo un estudio en el cual se calcule un ICA en diferentes puntos de una cuenca para poder compararlos.
- Monitorear la biomasa y la diversidad de peces presentes en la bahía, para conocer el estado de los recursos pesqueros, porque aparentemente, ha disminuido en los últimos años según los pescadores de la zona.
- Caracterizar las corrientes marinas en la costa pacífica de Costa Rica, para apreciar las variaciones temporales.
- Realizar un estudio comparativo de dos cuencas de una zona con las mismas características biofísicas y con diferentes niveles de impacto humano, para poder cuantificar los daños causados por las actividades humanas sobre la calidad del agua fluvial y litoral.
- Medir perfiles de playa en varios puntos permitiría de apreciar los movimientos de arena de esa playa y a la vez demostrar la dinámica de las corrientes costeras.

## REFERENCIAS

- Acevedo, A. 1995. First records of humpback whales including calves at Golfo Dulce and Isla del Coco, Costa Rica, suggesting geographical overlap of Northern and Southern hemisphere populations. *Marine Mammal Science*. Vol. 11, no. 4: 554-560.
- Acevedo, A. & S. Burkhart. 1998. Seasonal distribution of bottlenose (*Tursiops truncatus*) and pantropical spotted (*Stenella attenuata*) dolphins (*Cetacea: Delphinidae*) in Golfo Dulce, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 46 (Suppl. 6): 91-101.
- Acosta, C. 2008. Comunicación personal. Los casos de enfermedades diarreicas de la comunidad de Agujitas entre enero y marzo de 2008. EBAIS de Drake.
- Almeida, R.T. 2000. Aplicando los criterios de conservación biológica para el establecimiento de corredores biológicos y zona de amortiguamiento para el Parque Nacional Corcovado. Informe Técnico. The Nature Conservancy Arlington. Virginia. USA.
- Altrichter, M. & R. Almeida. 2002. Exploitation of white-lipped peccaries (*Tayassu peccary*) on the Osa Peninsula, Costa Rica. *Oryx* 36: 126-131.
- Anónimo. 1982. IMN (Instituto Nacional de Meteorología). Mapa de la Precipitación Promedio Anual en Costa Rica. Escala 1:1,000,000. IMN - MAG. San José.
- Anónimo. 2006. INEC. Resultados generales del X censo de población. VI censo de vivienda y encuesta de Hogares Múltiples. Sitio internet visitado el 4 de julio de 2008: <http://www.inec.go.cr>
- Anónimo. 2008. AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados), Programa Bandera Azul Ecológica de Costa Rica, Manual de Procedimientos para la I Categoría: "Organizaciones comunales de Playas", Incentivo para Playas con excelencia Higiénico-Sanitarias.
- Anónimo. 2008. Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN). Sitio internet visitado el 26-08-08: <http://www.imn.ac.cr/>
- APHA (American Public Health Association). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1992. 18th edition. L. Clesceri, A. Greenberg and R. Trussell (Eds.). American Water Works Association and Water Pollution Control Federation.
- Bell, R.G. 1994. Behaviour of dissolved silica, and estuarine/coastal mixing and exchange processes at Tairua Harbour, New Zealand, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Vol. 28: 55-68.

- Barrantes, G., Q. Jiménez, J. Lobo, T. Maldonado, M. Quesada & R. Quesada. 1999. Evaluación de los planes de manejo forestales autorizados en el período 1997-1999 en la Península de Osa. Cumplimiento de normas técnicas, ambientales e impacto sobre el bosque natural. Informe para la Fundación Cecropia.
- Bowden, K.F. 1980. Physical factors: Salinity, temperature, circulation and mixing processes. In: Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. E. Olausson et al. (eds.): 37-70.
- Campos, A. 1996. Dirección General de Estadística y Censos. República de Costa Rica. Actualización del Mapa general del Distrito 3° de Sierpe, del Cantón 5° de Osa, Parte D, escala 1:15000. N°6-05-03.
- Chapin, T.G., D. J. Harrison & D.D. Katnik. 1997. Influence of landscape pattern on habitat use by American marten (*Martes Americana*) in an industrial forest. Conservation Biology 12 (6): 1327-1337.
- Chung, B.R. 1999. A community strategy for coastal zone management of Xcalak, Mexico. 8p. In: Community-Based Land Use Planning in Conservation Areas: Lessons from Local Participatory Processes that seek to Balance Economic Uses with Ecosystem Protection. América Verde Training Manual No.3 América, Verde Publications, The Nature Conservancy, Ar.
- Church, J.A. & N.J. White. 2006. A 20th century acceleration in global sea-level rise. Geophysical Research Letters. Vol. 33. L01602: 4 p.
- Conover, W.J. 1971. Practical nonparametric statistics. Willey, Nueva York, EEUU.
- Cortés, G. 2004. "Propuesta de indicadores para medir la sostenibilidad de los Recursos Naturales en la Cuenca Baja del río Tulín (Tusubres)", Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 88 p.
- Cortés, J. 1992. Los arrecifes coralinos de Golfo Dulce, Costa Rica: aspectos ecológicos. Revista de Biología Tropical, Vol. 40: 19-26.
- Cortés, J. & C.E. Jiménez. 1996. Coastal-marine environments of Parque Nacional Corcovado, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 44 (Supplement 3): 35-40.
- Deininger, R.A. 1980. "A water quality index for river", Water International. September, 16-21
- Denis, J. & Y. Henocque, 2001, Instrumentos y personas para una gestión integrada de zonas costeras. Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Guía metodológica. Volumen II. 65 p.
- Díaz, A. 2008. Comunicación personal. Datos estadísticos del EBAIS de Drake.

- Dick, B. 2004. "Prioridades de conservación en la gestión integrada de los recursos naturales en la zona costera de la Reserva de Pacuare, Limón, Costa Rica", Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 66 p.
- Dryssen, D. & M. Wedborg. 1980. Major and minor elements; chemical speciation in estuarine waters, p. 71–120. In E. Olauson and I. Cato (eds.), *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. Wiley Interscience, New York.
- Escribano, M. & M. De Frutos. 1987. La práctica de las estimaciones de impactos ambientales. Tomo 3, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Fundación Conde del Valle de Salazar, Madrid: 443-453.
- García, V., Acuña-González, J., Vargas-Zamora, J.A. & J.G. García-Céspedes. 2006 Calidad bacteriológica y desechos sólidos en cinco ambientes costeros de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 54 (Supl.1): 35-48.
- García, J.E., E. Guier & I.M. Chacón. 2006. Ambiente: problemática y opciones de solución antología. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 508 p.
- Germain, N. 2004. Importancia de la calidad de agua del río Conte y recomendaciones para un plan de acción de gestión sostenible, Playa Blanca, Golfo Dulce, Costa Rica, Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 79 p.
- Gobierno de Costa Rica. 1975. Decreto Ejecutivo No. 5357-A, del 24 de octubre de 1975, La Gaceta N° 207.
- Gobierno de Costa Rica. 1977. Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre N° 6043, publicada en Alcance N° 36 a La Gaceta N° 52 de 16 del marzo de 1977.
- Gobierno de Costa Rica. 1982. Ley sobre el Patrimonio Nacional Arqueológico N° 6703, publicada en La Gaceta N° 12 del 19 de enero de 1982.
- Gobierno de Costa Rica. 1992. Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317, publicada en La Gaceta N°235 del 7 de diciembre 1992.
- Gobierno de Costa Rica. 1995. Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, publicada en La Gaceta N° 215 del 13 de noviembre de 1995.
- González, C. 1996. Análisis paisajístico de la base biofísica para el desarrollo sostenible de la Península de Osa, Puntarenas, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 106 p.



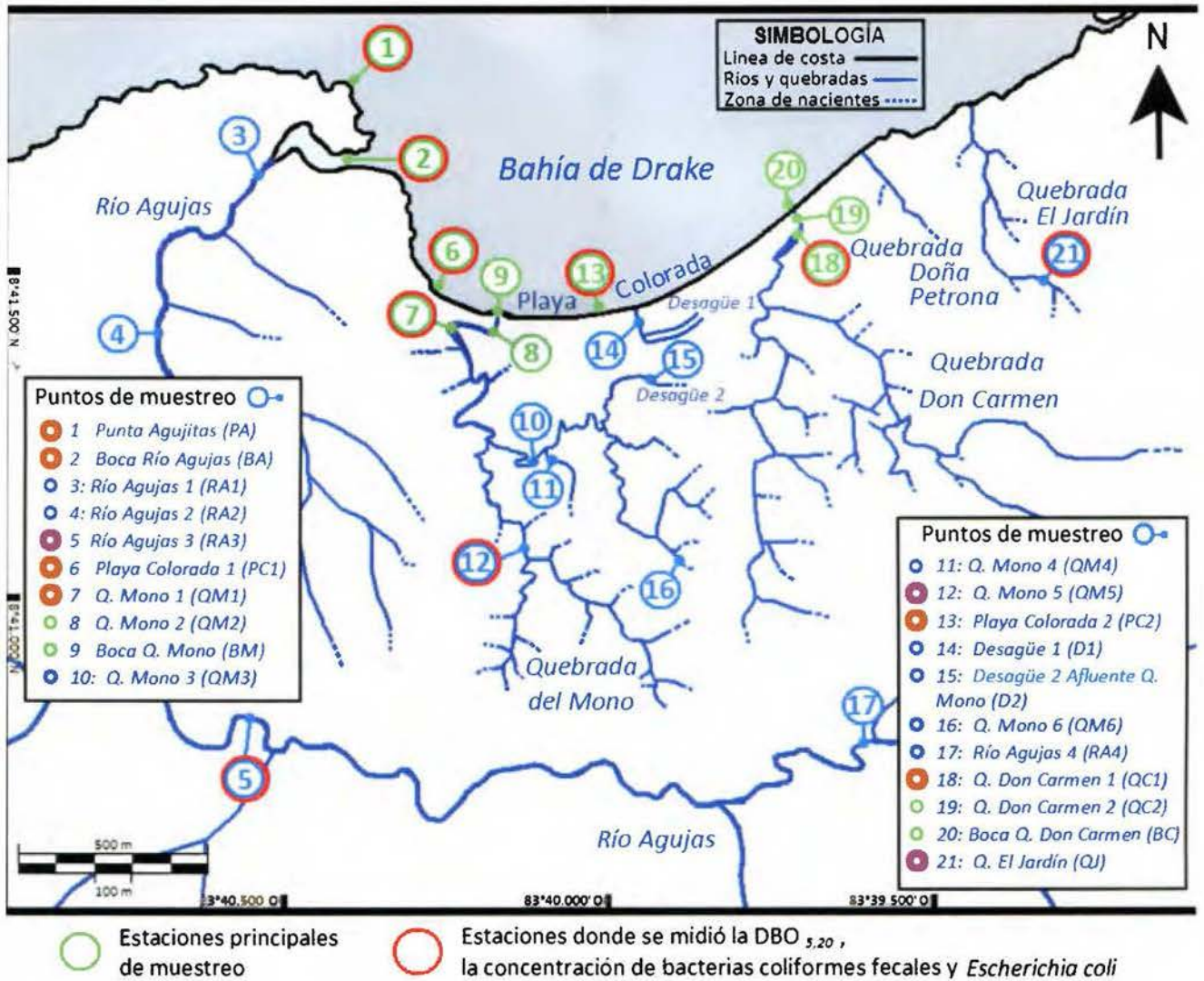
- Gurría Di-Bella, M. 2000. El Turismo Rural Sostenible como una oportunidad de desarrollo de las pequeñas comunidades de los países en desarrollo. República Dominicana. Publications Kiskeya Alternativa, 10 p.
- Gutiérrez, E. 1995. Métodos estadísticos (para las ciencias biológicas). EUNA. Heredia. 175 p.
- Jiménez, G. 1998. Mapa de Áreas de Conservación y Áreas Silvestres Protegidas. Escala 1:2,400,000. MINAE-SINAC. San José.
- Kahler-Royer, C.A. 1999. A water index devised for the Des Moines River in central Iowa, Thesis, Iowa State University, Ames, Iowa. Sitio internet visitado el 4 de julio de 2008: [www.kahler-Royer.com/Chan/thesis/index.html](http://www.kahler-Royer.com/Chan/thesis/index.html)
- Kappelle, M., M. Castro, L.G. Acevedo & H. Monge. 2002. Ecosistemas del Área de Conservación Osa (ACOSA), Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, INBio. 496 p.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. NOAA/Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, Washington. Prog. Oceanogr., 69: 181–217.
- Lagunas, M. 2004. “Análisis socio-ambiental de la pesca ribereña como actividad de subsistencia en las comunidades costeras de Rincón de Osa y Puerto Escondido-La Palma, península de Osa, Costa Rica”, Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 89 p.
- Mager, J.S. 2000. Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, International Labour, Vol 2: 33.75
- May-Collado, L.J., T. Gerrodette, J. Calambokidis, K. Rasmussen & I. Sereg. 2005. Patterns of cetacean sighting distribution in the Pacific Exclusive Economic Zone of Costa Rica based on data collected from 1979-2001. Rev. Biol. Trop. 53: 249-263.
- Meier, P.C. & Zünd, R.E. 2000. Statistical Methods in Analytical Chemistry. Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and Its Applications. Second Edition (Volume 153 ): 456 p.
- Miller, J.N. & J.C. Miller. 2002. Estadística y quimiometría para Química Analítica. Pearson Educación, Madrid. 278 p.
- Mora, D.A. 1997. Beneficios del Programa Bandera Azul Ecológica para las playas de excelencia en los aspectos higiénicos sanitarios Costa Rica - Períodos 1996 - Rev. Costarricense de Salud pública v.6 n.11 San José dic. 10 p.
- Mora, D.A., J.C. Rojas, M. Sequeira, A. Mata & M. Coto. 1989. Criterios bacteriológicos y calidad sanitaria de las aguas de las playas de Costa Rica. Período 1986-1987. Tecnología en Marcha 9: 45-49.

- Orozco, C., A. Pérez, M.N. González., F.J. Rodríguez & J.M. Alfayate. 2005. Contaminación ambiental. Una visión desde la Química. Internacional Thomson Editores Spain. 682 p.
- Orrantia, O. 2004. El pago por servicios ambientales como herramienta para promover la conservación de recursos naturales del País Vasco: trasladando la experiencia y saber hacer de Costa Rica, Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 137 p.
- Parsons & Takahashi. 1976. Biological Oceanographic Processes, Pergamon International Library. Oxford, 186 p.
- Pérez, S., A. Alvarado & E. Ramírez. 1978. Manual Descriptivo del Mapa de Asociaciones de Subgrupos de Suelos de Costa Rica. Escala 1:200,000. Oficina de Planificación Sectorial Agropecuario. IGN – MAG – FAO. San José.
- Pérez-Castillo, A.G. 2004. Evaluación de la calidad de las aguas de drenaje del sector de riego de Tamarindo para el manejo de humedales en el Parque Nacional Palo Verde. Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica. 105 p.
- Presley, B.J. & J.H. Trefy. 1980. Sediment-water interactions and the geochemistry of interstitial waters, 187-232. In E. Olausson & I. Cato (eds.). Chemistry and Biogeochemistry of estuaries. Willey, Inglaterra.
- Pritchard, D.W. 1967. Observations of circulation in coastal plain estuaries. In: estuaries, publication n°83, American Association for the Advancement of Science, Wash, DC: 37-44
- Quesada-Alpízar, M.A. & J. Cortés. 2006. Los ecosistemas marinos del Pacífico sur de Costa Rica: estado del conocimiento y perspectivas de Manejo. Revista de Biología Tropical 54 (Supl. 1): 101-145
- Rasmussen, K., J. Calambokidis & G.H. Steiger. 2004. Humpback whales and other marine mammals of Costa Rica and surrounding waters, 1996-2003, Report of the Oceanic Society 2003 Field Season in cooperation with Elderhostel Volunteers, Cascadia Research 218½ W Fourth Ave. Olympia, U.S.A. 24 p.
- Rasmussen, K., D. M. Palacios, J. Calambokidis, M.T. Saborío, L. Dalla Rosa, E. R. Secchi, G. H. Steiger, J. M. Allen & G. S. Stone. 2007. Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: insights from water temperature into the longest mammalian migration. Biology Letters. Vol. 3(3): 302–305.
- Rojas, E. 2005. Pobreza y degradación de tierra son sinónimos, Revista Crisol n°13, 60 p.
- Rosales, E. 2008. Comunicación personal. Instituto Tecnológico Costarricense. El funcionamiento de las plantas de tratamiento primario de aguas en suelos arcillosos.

- Rosero-Bixby, L. Maldonado-Ulloa T. & R. Bonilla-Carrión. 2002. Bosque y población en la Península de Osa, Costa Rica, *Revista de Biología Tropical*. Vol. 50 (2): 585-598.
- Ruiz, P. O. & C. B. Davey. 2003. Efectos del manejo de suelos de laderas en hongos formadores de micorrizas arbusculares y en bacterias fijadoras de nitrógeno en ultisoles sujetos a erosión pluvial en la amazonia peruana. *Ecología Aplicada*, Vol. 2 (1): 87-92.
- Sierra, C., Vartanián D. & J. Polimeni. 2003. Caracterización social, económica y ambiental del Área de Conservación de Osa. Dirección de Sociedad Civil. Programa Agenda XXI ACOSA. Ministerio de Ambiente y Energía. Costa Rica, 200 p.
- Silva, A.M. & J. Acuña-González. 2006. Caracterización fisico-química de dos estuarios en la bahía de Golfito, Golfo Dulce, Pacífico de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. Volumen 54 (Suppl. 1): 241-256.
- Smith, S. & G. Hichcock. 1994. Nutrient enrichments and phytoplankton growth in the surface waters of the Louisiana bight. *Estuaries* 17: 740-753.
- Strickland, J.D.H. & T.R. Parsons. 1972. A practical handbook of sea-water analysis. (2nd Edition) J. Fish. Res. Bd. Canada: 167: 311.
- Taulman, J.K., K.G. Smith & R.E. Thill. 1998. Demographic and behavioral responses of southern flying squirrels to experimental logging in Arkansas. *Ecological Applications* 8 (4): 1144-1155.
- Umaña, G. 2008. Comunicación personal. La medición del flujo de ríos poco profundos.
- Westmacott, S. 2002. Where should the focus be in Tropical Integrated Coastal Management? *Coastal Management*, 30: 67-84.
- Wilkinson, L. 1987. SYSTAT. The system for statistic. Evanston, III : SYSTAT.
- World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments, 2003. Volume 1, Coastal and fresh waters. 23 p.

# ANEXOS

Anexo I: Ubicación de los sitios de muestreo. El lector lo puede usar conjuntamente para facilitar la comprensión de los resultados presentados en los gráficos.



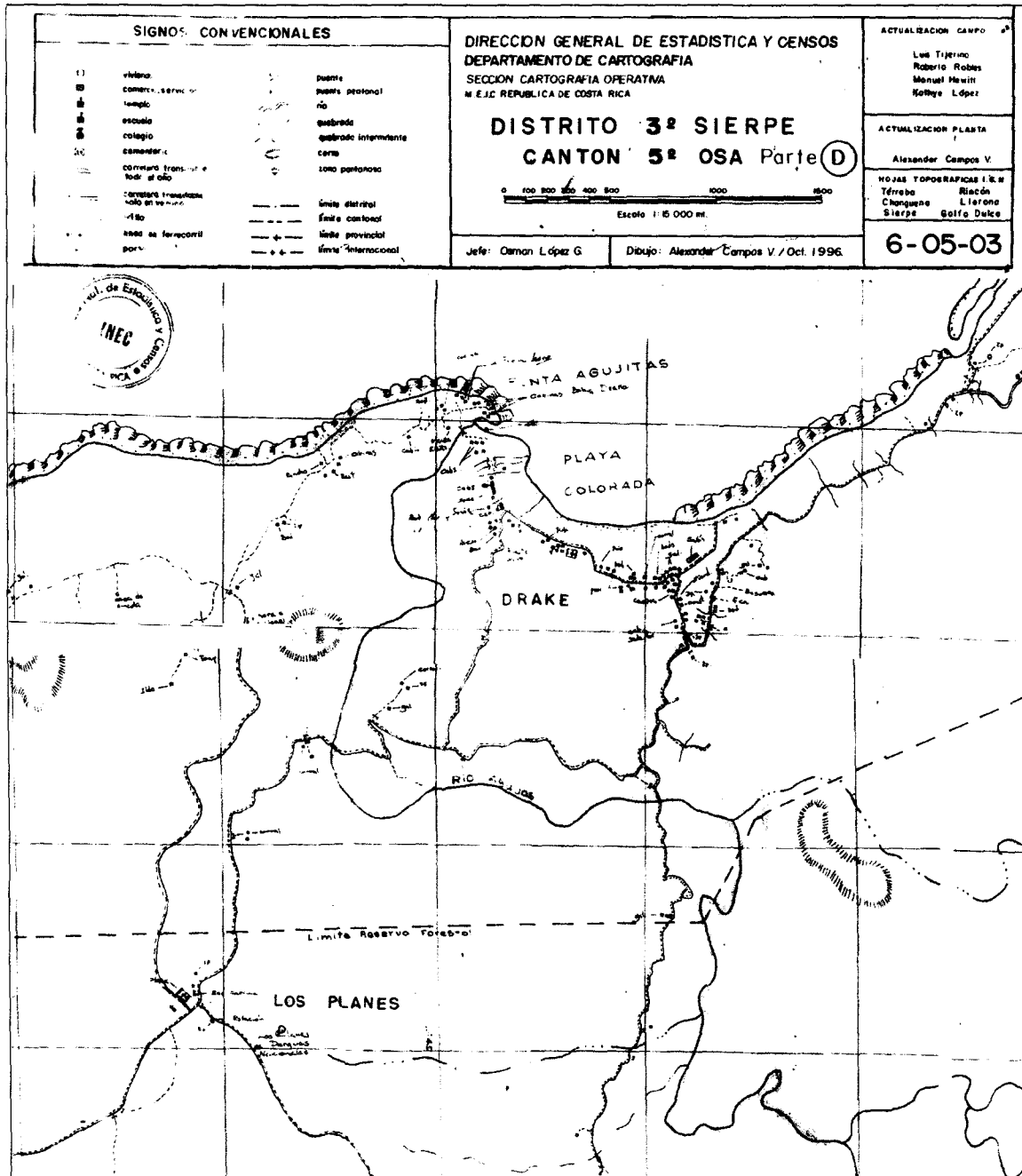




## Anexo III: Coordenadas geográficas y descripción de los sitios de muestreo.

Sitios de muestreo	Coordenadas Geográficas		Descripción de los sitios
	Latitud N	Longitud O	
E1	8°41.787	83°40.412	Punta Agujas - Frente al hotel Drake Bay
E2	8°41.666	83°40.402	Boca Río Agujas - Entre hotel Drake Bay y zona reparación botes hotel Águila
E3	8°41.644	83°40.530	Río Agujas 1 - Debajo puente Agujitas
E4	8°41.396	83°40.704	Río Agujas 2 - Abajo de dónde Tracy
E5	8°40.821	83°40.537	Río Agujas 3 - 200 m río arriba del camino hacia Los Planes
E6	8°41.469	83°40.268	Playa Colorada 1 - Abajo del Antiguo Gorro
E7	8°41.421	83°40.233	Quebrada del Mono 1 - 25 m al norte del puente de la Clínica
E8	8°41.419	83°40.167	Quebrada del Mono 2 - Zona de paso de la quebrada por la playa
E9	8°41.437	83°40.168	Boca Quebrada del Mono – 10 m en el mar desde la playa
E10	8°41.207	83°40.123	Quebrada del Mono 3 - Después vuelta quebrada
E11	8°41.209	83°40.079	Quebrada del Mono 4 - Afluente sur
E12	8°41.073	83°40.123	Quebrada del Mono 5 - 20 m río arriba casa de Alexander Jiménez
E13	8°41.442	83°39.994	Playa Colorada 2 - Frente pulpería de Doña Lola
E14	8°41.417	83°39.941	Desagüe 1 - Quebrada entre Policía y Salón Comunal
E15	8°41.326	83°39.933	Desagüe 2 (Afluente Queb. Mono) - Por la Antigua Cueva del Sapo
E16	8°41.067	83°39.889	Quebrada del Mono 6 - Naciente tanque de Agua de Junior Torres
E17	8°40.772	83°39.610	Río Agujas 4 - Camino hacia Tamandua, la Vijagua
E18	8°41.572	83°39.692	Quebrada Don Carmen 1 - Frente entrada hotel Mirador
E19	8°41.580	83°39.688	Quebrada Don Carmen 2 - Zona de paso de la quebrada por la playa
E20	8°41.586	83°39.699	Boca Quebrada Don Carmen -10 en el mar desde la playa
E21	8°41.490	83°39.335	Quebrada La Caída - río abajo tanque naciente quebrada

Anexo IV: Asentamientos humanos de Agujitas. Fuente: Campos 1996.



**Anexo V: Resultados de la encuesta realizada por voluntarios de la Fundación Corcovado en enero de 2008 con el propósito de apreciar la opinión de los turistas acerca del uso de “servicios composteros”, un sistema más integrado que los servicios convencionales.**

Please tell us the reasons for your feelings about using a compost toilet at your hotel:

- We have used them in Mexico. Surprisingly there was no smell. We would expect this type of toilet to be used in a place like this.*
- Composting toilets have been used in England for many years. Anything that prevents nitrogen from going into the sea is a very good idea.*
- It sounds like a good idea. They must be well maintained. If it's good for the environment, do it.*
- I know someone in Sweden who had to remove his composting toilet because of mechanical problems with the mixing. I have no problem with the use of these toilets at hotels. Limit the access to the area. Get rid of the airstrip to limit the number and type of people who come here. If too many people are coming, then the problems will increase.*
- No problems and no concerns. It should definitely be the type of toilet used here.*
- Yes, I've used them and there is no problem.*
- Is the bacteria a problem? The survey should show that tourists want these types of toilets. The use of this will promote environmentalism. Advertise specifically at the hotels that using them will show that they are an eco-tourism hotel.*
- Her hotel had a lot of good eco knowledge. (turning off water and electricity when not peak periods.) She thinks they would be in favour of these toilets as well.*
- No problem with it. We've used them in Denmark & Sweden. I wonder if, because it is so hot, that it may be smelly*
- It would be good ecologically. It would make other people aware. We support similar foundations in the USA. It's important to keep everything very green. Show the results of this survey to the hotels.*
- Is there any odor?*
- I have no problem with it. It would have no effect on me unless there was an odour that was offensive in my room.*
- It eliminates pollution, so I'm all for it.*
- I'm very familiar with them as I'm a sewer systems engineer. They use them throughout the US and national parks and I am in full support of their usage.*
- As long as I have a shower, it doesn't matter to me what the toilets are like. I have used them before.*
- It wouldn't have any impact on my decision to come. I would expect these type of toilets to be in Costa Rica because they're ecologically conscious.*
- Experienced them in action at the Grand Canyon. It would not affect our decision about coming.*
- In ecolodges we would expect this type of toilet*

- There's no effect on my decision about a hotel. I wouldn't care.*
- I'm very positive about it. It wouldn't influence my decision to come. I've used them in national parks. It was distressing when we were in Sierpe as we could see sewage flowing in the streets.*
- It's no difference to me as long as they're clean. It's a good thing.*
- I think they should be here. It's probably not a problem for the organic waste here at this time because the hotels aren't too numerous.*
- It's OK as long as it doesn't smell. Then it's no problem.*
- If it's good for the environment, then do it.*
- I don't know if it's better. As long as they use a natural process and not chemicals then it would be better.*
- It's worse because of the odour.*
- I'm worried about the flies but would still go. It wouldn't make me not choose a hotel if they had them.*
- Wouldn't negatively affect my decision to come to a hotel.*
- We would want the hotels to use these types of toilets.*
- We haven't had any experience with these types of toilets yet in Costa Rica.*
- Wouldn't mind if our hotels were using these toilets. Have heard of them but have never used them.*
- They would be a small negative, but it wouldn't affect our decision to come to a specific hotel.*
- Seems a bit like you're going camping. It's OK. The importance of the toilets to me in selection of a place is way down the list.*
- Wouldn't influence my decision. As long as the toilets are maintained. I'm an engineer by trade. I'm very concerned with the excavation that's been done alongside the road. When the rainy season comes, half the hillside will wash away.*
- I think it's a fabulous idea if hotels do this.*
- We've experienced these toilets before. We know they're clean and not smelly. It would be easier to sell the idea to others if there's Public Relations about these toilets not having a bad smell.*
- It would be great if the hotels used these. Terrific from a conservation point of view. For me these would be part of a package of positive features in selecting a hotel*
- We were in one place where they have been very successful and another place where they weren't so good. (both in NY state) There are also other answers, like recirculating toilets and pit toilets. Feels the pit toilets in New Hampshire were non-odorous and the water was powered by solar energy. It seemed like a good solution. Overall positive about some type of environmental solution.*
- Wouldn't bother me. Maintenance is the key to selling their use.*
- Have heard about them. Know that they're part of the green movement.*
- Wouldn't be much of a decision-maker for me. We're environmentalists. It's definitely positive.*



**Anexo VIII: Clasificación de los desechos sólidos encontrados durante la recolección el 6 de diciembre de 2007 en Playa Colorada, Bahía Drake.**

Proyecto	Fuentes contaminación Playa Colorada	Lugar de muestreo:	Playa Colorada Frente a la pulpería	<b>Recolectores y su valoración:</b> Limpia _____ Limpia _____ Ligeramente sucia _____ Promedio: Limpia
Encargado:	JBL	Fecha:	Jueves 6 de diciembre	
Distancia recorrida:	100m	Hora:	9:00 AM	

Material		Unidad	Masa (g)	Material		Unidad	Masa (g)	
Alquitrán:				Material Electrónico				
Baterías				Vidrio		6	656	
Cartón:	Cajas de leche			Metal:	Papel de Al			
	Cajas de refresco				Latas de cerveza			
	Trozos				Latas de refresco			
	Otros		504		Latas de alimentos	3	69	
Cigarrillos:	Enteros				Envases (Aerosol)			
	Colillas	1	0,4		Utensilios de Cocina			
	Cajetillas				Trozos			
Fósforos:	Unidades				Otros			
	Cajetillas				Plásticos y afines:	Anillos de amarre (6 latas)		
Cuero:	Zapatos					Botellas	17	585
	Trozos			Trozos de Botellas				
	Otros			Bolsas enteras		2	410	
Madera:	Pintada *área			Trozos de bolsas			340	
	Trozos	8	2527	Cuerda		3	183	
	Otros			Cuerda de pescar				
Medicamentos:	Pastillas			Envases de alimentos			233	
	Ampollas			Envases de aceite				
	Jeringas			Otros envases				
	Otros			Trozos de envases				
Monedas:				Sandalias			74	
Papel:	Periódico			Envolturas				
	Otros			Poliestireno (estereofón)			465	
Pañales		1	524	Lapiceros				
Restos de fogatas				Pajillas				
Restos vegetales	Chorejas			Peines				
	Cáñamo			Tapas				
	Otros			Utensilios de cocina				
Telas		2	309	Zuncho (fleje)				
Toallas sanitarias				Total celulósico		3506		
Material variable				Total metal		69		
	Cerámica		166	Total plásticos		2866		
Resina fibra vidrio				Total inclasificado		11230		
	Encendedores	4	52	<b>TOTAL</b>		<b>17671</b>		
Observaciones: Troncos en descomposición, bote abandonado								



Anexo IX: Concentraciones de iones (mg/L), expresados en ámbitos y promedios ± desviación estándar, durante los muestros efectuados en la marea alta en las épocas de transición (ET) y seca (ES) del año 2008, en las estaciones de muestreo en Agujitas, Bahía Drake.

Iones	Época	Sitios →	Puerto Agujas		Bahía Agujas		Playa Colorada 1		Quebrada del Mono			Playa Colorada 2		Quebrada Jón Carnes		
			Manicó PA	Medio BA	Manicó PC1	Fluvial QM1	Medio QM2	Marino QM3	Marino PC2	Fluvia. QC1	Medio QC2	Manicó QC3				
<b>Cloruros (mg/L):</b>																
Época de Transición	Ambito	Prom. ± dev.	17120	6590 - 11090	12780 - 16840	123.5 - 207.0	5440 - 10750	14930 - 17790	16420 - 17660	152.0 - 619.0	4900 - 15240	16281 - 16680				
			-	9213 ± 2341	16420 ± 553.2	160.5 ± 42.6	6563 ± 3755	16503 ± 1428	17117 ± 634.1	321.0 ± 251.2	11767 ± 5947.1	16470 ± 200.7				
Época Seca	Ambito	Prom. ± dev.	1784 - 17210	17118 - 12120	16380 - 11350	29.27 - 159	53.0 - 7340	0.86 - 15730	6030 - 16760	401.0 - 2620	4530 - 17620	12410 - 17580				
			11277 ± 9769	4091 ± 7019	17193 ± 1014	86.2 ± 97.7	4777 ± 4097	10283 ± 4910	13113 ± 6135	1827 ± 1231	10570 ± 6581	15340 ± 2553				
<b>Sodio (mg/L):</b>																
ET	Ambito	Prom. ± dev.	9980	4776 - 6130	1110 - 9560	93.34 - 813	2091 - 6150	8140 - 10570	7710 - 9930	140 - 389.2	2812 - 3700	9160 - 9440				
			-	5105 ± 992.2	8813 ± 726.0	344.7 ± 405.9	3865 ± 2077	9290 ± 1220	8140 ± 1135	237.6 ± 133.0	5541 ± 2961	9907 ± 140.5				
ES	Ambito	Prom. ± dev.	159 - 10190	1395 - 7130	9410 - 10400	18.58 - 138.9	7.91 - 4330	3.61 - 9110	3110 - 9530	240 - 1416	6120 - 3490	7490 - 9610				
			5536 ± 5667	2387 ± 4107	9802 ± 527.4	90.39 ± 60.34	2921 ± 2523	5993 ± 5190	7423 ± 5144	708.9 ± 623.2	7960 ± 1706	8557 ± 1060				
<b>Sulfatos (mg/L):</b>																
ET	Ambito	Prom. ± dev.	2207	972 - 1414	1944 - 2301	19.75 - 28.4	494 - 1356	2092 - 2150	2166 - 2296	18.71 - 82	551 - 1088	2045 - 2289				
			-	1267 ± 255.2	2063 ± 206.7	22.64 ± 4.99	817.3 ± 462.7	211.5 ± 31.81	2209.3 ± 75.06	41.54 ± 35.14	1537 ± 847.3	2134.7 ± 134.2				
ES	Ambito	Prom. ± dev.	3.2 - 2480	3.4 - 1773	2420 - 2312	3.3 - 25.6	3.3 - 1078	1.26 - 2223	947 - 2353	39.6 - 3340	749 - 2404	1821 - 2413				
			1649 ± 1474	595.1 ± 1029	2457 ± 46.91	16.56 ± 10.70	684.5 ± 594.5	1419 ± 1247	1611 ± 334.6	1241.7 ± 817	1511 ± 135.7	2176 ± 313.5				
<b>Magnesio (mg/L):</b>																
ET	Ambito	Prom. ± dev.	1082	720 - 6630	1223 - 10430	13.75 - 25.78	390.4 - 2627	1062 - 10760	1110 - 11640	17.89 - 419.7	3462 - 7644	1080 - 11240				
			-	4634 ± 3027	7294 ± 3451	18.58 ± 5.48	1258 ± 1213	7387 ± 3482	8020 ± 5917	163.6 ± 222.3	3007 ± 4069	7833 ± 5666				
ES	Ambito	Prom. ± dev.	6.46 - 1281	6.94 - 924	1206 - 1223	5.17 - 19.52	10.05 - 590	2.87 - 1196	1.91 - 1226	24.4 - 174	354.4 - 1260	942 - 1632				
			845.2 ± 726.5	313.0 ± 129.2	1212 ± 9.81	11.26 ± 7.42	317.0 ± 326.5	783.6 ± 676.5	1207 ± 17.79	84.76 ± 78.87	781.5 ± 455.0	1250 ± 350.9				
<b>Calcio (mg/L):</b>																
ET	Ambito	Prom. ± dev.	340.5	242.5 - 2080	334.6 - 3190	23.88 - 51.01	129.34 - 242	329 - 3166	363 - 3280	22.69 - 298.3	121.4 - 327.2	332.8 - 3023				
			-	853 ± 1034	1555 ± 1309	28.55 ± 4.05	168.4 ± 63.75	1353.1 ± 1743	1353.4 ± 1669	115.4 ± 158.3	238.6 ± 105.8	1263 ± 1522				
ES	Ambito	Prom. ± dev.	34.71 - 373.1	1499 - 297.8	351.2 - 470.3	5.16 - 35.21	26.83 - 189.1	165.7 - 381.1	361.2 - 394.5	33.14 - 59.14	123.84 - 241.4	205.1 - 354.1				
			256.6 ± 192.3	113.0 ± 160.1	333.2 ± 24.94	22.86 ± 15.98	130.1 ± 89.81	253.3 ± 205.2	332 ± 18.14	41.69 ± 14.94	194.2 ± 64.59	240.3 ± 74.51				
<b>Potasio (mg/L):</b>																
ET	Ambito	Prom. ± dev.	215.9	158.1 - 157	260 - 356	5.58 - 65.8	16.71 - 114.1	30.04 - 326	119 - 345	7.56 - 140	99.5 - 259	228.8 - 320				
			-	183.7 ± 20.22	310 ± 48.13	25.88 ± 54.57	70.6 ± 49.53	150.8 ± 155.28	328.3 ± 15.31	53.66 ± 74.83	193.1 ± 33.30	287.3 ± 50.73				
ES	Ambito	Prom. ± dev.	2.48 - 420	1.48 - 318.4	318.4 - 417	3.64 - 6.93	2.48 - 240.7	251.3 - 405.1	146.6 - 421	9.75 - 620	135.2 - 333.8	312.4 - 393.1				
			271.9 ± 233.6	107.3 ± 182.8	381.2 ± 54.54	5.285 ± 2.33	140.4 ± 123.3	278.2 ± 38.64	320.9 ± 151.0	246.3 ± 327.4	246.5 ± 101.5	345.4 ± 42.29				

**Anexo X: Valores de los parámetros y los puntajes correspondientes para el cálculo del Índice de Calidad de Agua, en las estaciones fluviales de las quebradas del Mono (QM1) y Don Carmen (QC1) del litoral de la Bahía Drake, Península de Osa, Costa Rica, para septiembre de 2007, enero y abril de 2008.**

Parámetros		Septiembre 2007		Enero 2008		Abril 2008	
		QM1	QC1	QM1	QC1	QM1	QC1
Concentración de bacterias coliformes fecales (NMP/100 mL)	Valor	1700	1267	3933	12667	7667	9200
	Puntaje	24,0	24,7	20,2	9,2	13,8	11,2
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto O <sub>2</sub>	Valor	61,2	76,8	46,0	41,5	47,3	56,9
	Puntaje	67,3	93,4	43,3	36,5	45,1	60,3
pH	Valor	7,2	6,8	6,75	6,85	7,8	5,3
	Puntaje	94,6	81,4	79,8	83,1	100,0	31,9
DBO <sub>5,20</sub> (mg O <sub>2</sub> /L)	Valor	4,9	4,2	11,2	8,9	7,5	6,8
	Puntaje	58,8	63,1	28,4	37,2	43,8	47,7
Nitratos (mg/L)	Valor	0,2	0,2	0,2	0,4	1,0	1,2
	Puntaje	99,0	99,1	99,2	97,9	59,0	58,8
Fosfatos (mg/L)	Valor	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1
	Puntaje	85,0	89,2	82,7	85,6	93,3	94,1
Temperatura (°C)	Valor	26,2	26,6	25,6	26,3	25,6	27,2
	Puntaje	99,1	99,4	98,2	99,2	98,3	99,2
Conductividad (μS/cm)	Valor	195	200	927	9502	125	7245
	Puntaje	100,0	100,0	45,8	20,0	100,0	20,0
Concentración de materiales en suspensión (mg/L)	Valor	8,3	9,1	5,7	8,9	50,4	14,0
	Puntaje	95,8	95,4	97,1	95,6	66,5	93,0

**Anexo XI: Recopilación de las leyes costarricenses acerca de la protección del recurso hídrico.**

**REGLAMENTO DE LAS ASOCIACIONES  
ADMINISTRADORAS DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS  
Y ALCANTARILLADOS COMUNALES**

*Decreto N°32529*

La Gaceta N° 150 del 5 de agosto de 2005

***Artículo 21 – Son deberes y atribuciones de las ASADAS, los siguientes:***

*Inciso 3) Velar y participar activamente con la comunidad en la construcción, administración, operación, mantenimiento y desarrollo de los sistemas así como en la preservación y conservación del recurso hídrico.*

**LEY ORGANICA DEL AMBIENTE**

*Decreto N°7554*

La Gaceta N° 215 del 13 de noviembre de 1995

***Artículo 50.- Dominio público del agua***

*El agua es de dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social.*

***Artículo 64.- Prevención de la contaminación del agua***

*Para evitar la contaminación del agua, la autoridad competente regulará y controlará que el manejo y el aprovechamiento no alteren la calidad y la cantidad de este recurso, según los límites fijados en las normas correspondientes.*

***Artículo 65.- Tratamiento de aguas residuales***

*Las aguas residuales de cualquier origen deberán recibir tratamiento antes de ser descargadas en ríos, lagos, mares y demás cuerpos de agua: además, deberán alcanzar la calidad establecida para el cuerpo receptor, según su uso actual y potencial y para su utilización futura en otras actividades.*

***Artículo 66.- Responsabilidad del tratamiento de los vertidos***

*En cualquier manejo y aprovechamiento de agua susceptibles de producir contaminación, la responsabilidad del tratamiento de los vertidos corresponderá a quien produzca la contaminación. La autoridad competente determinará la tecnología adecuada y establecerá los plazos necesarios para aplicarla.*

**Artículo 67.- Contaminación o deterioro de cuencas hidrográficas**

*Las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas estarán obligadas a adoptar las medidas adecuadas para impedir o minimizar la contaminación o el deterioro sanitario de las cuencas hidrográficas, según la clasificación de uso actual y potencial de las aguas.*

**Artículo 68.- Prevención de la contaminación del suelo**

*Es obligación de las personas, físicas o jurídicas, públicas o privadas, evitar la contaminación del suelo por acumulación, almacenamiento, recolección, transporte o disposición final inadecuada de desechos y sustancias tóxicas o peligrosas de cualquier naturaleza.*

**LEY FORESTAL**

*Decreto N°7575*

La Gaceta N° 72 del 16 de abril de 1996

**Artículo 33.- Áreas de protección**

*Se declaran áreas de protección las siguientes:*

- a) Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.*
- b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.*
- c) Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.*
- d) Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.*

**Artículo 34.- Prohibición para talar en áreas protegidas**

*Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional.*

*Los alineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, serán realizados por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.*

**REGLAMENTO PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE**

Decreto N° 32312-S  
La Gaceta N°26 del abril de 2005

**Artículo 20:**

CUADRO 1 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA PRIMER NIVEL DE CONTROL - N1			
Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Coliforme fecal	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Escherichia coli <sup>a</sup>	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Color aparente	mg/L (U - Pt-Co)	5	15 b
Turbiedad	UNT	<1	5 b
Olor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura	°C	18	30
pHc	Valor pH	6,5	8,5
Conductividad	µS/cm	400	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6
Cloro Residual Combinado	mg/L	1,0	1,8

CUADRO 2 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA SEGUNDO NIVEL DE CONTROL - N2			
Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	400	500
Cloruro	mg/L Cl <sup>-</sup>	25	250
Fluoruro	mg/L F <sup>-</sup>		0,7 a 1,5 a
Nitrato	mg/L NO <sub>3</sub>	25	50
Sulfato	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25	250
Aluminio	mg/L Al <sup>3+</sup>	0,2	
Calcio	mg/L Ca <sup>2+</sup>	100	
Magnesio	mg/L Mg <sup>2+</sup>	30	50
Sodio	mg/L Na <sup>+</sup>	25	200
Potasio	mg/L K <sup>+</sup>		10
Hierro	mg/L Fe		0,3

a. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la Escherichia coli.

b. VMA en no más del 10% de las muestras analizadas durante el año.

c. Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos o en los utensilios domésticos, utilizados para calentar o hervir el agua.

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Manganeso	mg/L Mn	0,1	0,5
Zinc	mg/L Zn		3,0
Cobre	mg/L Cu	1,0	2,0
Plomo	mg/L Pb		0,01

a 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C

CUADRO 3 PARAMETROS DE CALIDAD DEL AGUA - TERCER NIVEL DE CONTROL - N3			
Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Nitrito	mg/L NO <sub>2</sub>		0,1 o 3,0 a
Amonio	mg/L NH <sub>4</sub>	0,05	0,5
Arsénico	mg/L As		0,01
Cadmio	mg/L Cd		0,003
Cromo	mg/L Cr		0,05
Mercurio	mg/L Hg		0,001
Níquel	mg/L Ni		0,02
Antimonio	mg/L Sb		0,005
Selenio	mg/L Se		0,01

a \_\_ VMA de 0,1, si el nitrito se evalúa en forma independiente del nitrato.

\_\_ VMA de 3,0, cuando el nitrito se evalúa en conjunto con el nitrato. En este caso, la suma de la razón de concentración de cada uno respecto a su valor máximo admisible no debe ser superior a 1,0.

Ver fórmula en La gaceta impresa N° 84 del 3 de mayo del 2005.

Nota: V.M.A. = Valor Máximo Admisible.

Anexo XII: Concentraciones promedio estimadas de algunos constituyentes disueltos, en el suministro global de agua de ríos, con los correspondientes valores para agua de mar. Fuente: Dryssen, D. & M. Wedborg. 1980

Constituyentes ↓	Agua de río S = 0 ‰		Agua de mar S = 35 ‰	
	Concentración (mg/l)	% del total del material disuelto	Concentración (mg/l)	% de la salinidad
Sodio	6,3	5	10770	31
Potasio	2,3	2	399	1
Magnesio	4,1	3,5	1294	4
Calcio	15	12,5	412	1
Hierro	0,7	< 1	< 0,01	-
Cloruro	7,8	6,5	19340	55
Sulfato	11,2	9	2712	8
Bicarbonato	58,4	49	140	0,4
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	13,1	11	<0,1 - 10>	-

Anexo XIII: Registro de enfermedades diarreicas de la comunidad de Agujitas entre enero y marzo de 2008. Fuente: Acosta 2008.

Rango de edad	Sexo		Total
	Masculino	Feminino	
menos de 1 año	1	1	2
1-4 años	4	1	5
15-19 años	0	2	2
20 - 64 años	5	7	12
más de 65 años	1	0	1
	11	11	22

Anexo XIV: Fotografías de la zona de estudio.



A: Fotografía de niños bañándose en la desembocadura de la Quebrada Don Carmen en Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa Tomada el 19 de noviembre de 2007. Jean-Baptiste Livenais





B: Fotografías de personas cruzando la Quebrada del Mono al nivel de la desembocadura en Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa Tomadas el 15 de octubre de 2007 (izquierda) y el 19 diciembre de 2007 (derecha). JB Livenais



C: Fotografías de una construcción provocando una pérdida de suelo y erosión (izquierda) y terrenos deforestados en la micro-cuenca de la Quebrada del Mono (derecha) en Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomadas el 15 julio de 2008 y el 24 de noviembre de 2007. JB Livenais



D: Fotografía de la acumulación de sedimentos frente a la desembocadura de la Quebrada del Mono a marea baja en Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomada el 14 noviembre de 2007. JB Livenais

E: Fotografía del sitio de encuentro de los dos principales afluentes de la Quebrada del Mono después de un episodio lluvioso. Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomada el 18 de mayo de 2008. Los nacimientos del afluente que viene de la izquierda se encuentran en una zona con expansión poblacional, lo que puede explicar la alta concentración de sedimentos en las aguas debido a la lluvia que arrastra la tierra desprotegida. JB Livenais



F: Fotografía de los sedimentos en suspensión en la franja litoral de la Bahía de Drake después de un episodio lluvioso. Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomada el 18 de mayo de 2008. JB Livenais





G: Comparación de fotografías del Río Agujas al nivel del puente peatonal antes (izquierda) y después de un aguacero (derecha). Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomadas el 5 y 6 diciembre de 2007. JB Livenais



H: Fotografía representando la desembocadura de la Quebrada Don Carmen después de un episodio lluvioso. Tomada el 10 de julio de 2007. JB Livenais

I: Fotografía de espuma formada en la Quebrada del Mono que ha podido originarse por descarga de detergentes río arriba. Agujitas, Bahía Drake, Península de Osa. Tomada el 18 de mayo de 2008. JB Livenais



Anexo XV: Comparación entre las concentraciones máximas permitidas en distintas normas internacionales para variables relacionadas con la calidad del agua para la pesca y la vida acuática y las que se estiman para aguas no contaminadas (Pérez-Castillo 2004).

Variable	Aguas no Contaminadas (Chapman, 1996)	Comunidad Europea	Canadá (1)	USSR
Sólidos suspendidos *		25 mg/L	Inc de 10 <sup>4</sup>	
pH	6.0 - 8.5	6,5 - 9.0	6.5 - 9.0	
Oxígeno disuelto mg/L < 2 mg/L † Peces ¿especies?	Ligeramente > 8. a 25°C	5.0 - 9.0	5.0 - 9.5	
Conductividad µS/cm	10 - 1000			
D.Q.O mg O <sub>2</sub> /L	< 20			
Nitrógeno amoniacal *		0,005 - 0.025	1.37 - 2.2 <sup>3</sup>	0.05
Amonio mg/L N	0.2 - 3	0.04 - 1.0		0.5
Nitrato mg/L	< 0.89 (> 22 indican contam.)			40
Fósforo mg/L	0.005-0.020 PO <sub>4</sub> -P			
Cloruro mg/L	< 10			300
Sulfato mg/L	2 - 80			100
Metales mg/L				
Potasio	10			
Zinc		0.03 - 2.0 <sup>4,7</sup>	0.03	0.01
Otros				0.05
Aceite y Productos del petróleo mg/L	0.1 - 0.01 (> 0.3 mg/L efectos tóxicos)			0.05
Fenoles µg/L			1.0	1.0



**Anexo XVI: Sección de Playa Colorada donde se midió el perfil de la playa.  
Foto: JB Livenais**



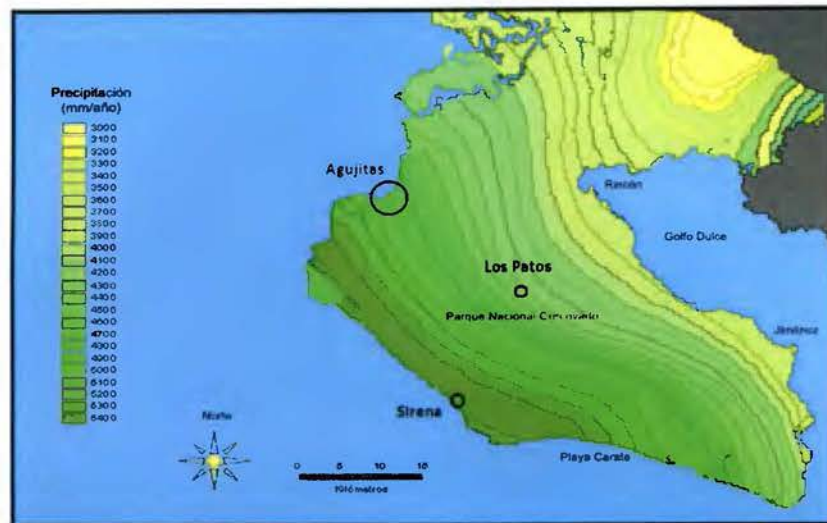
**Anexo XVII: Franja de Playa Colorada donde se recolectaron los desechos sólidos.  
Foto: JB Livenais**



**Anexo XVIII: Puntos de muestra de tierra en la ladera de la parte baja de la Quebrada Don Carmen (izquierda) y a la orilla de la carretera (derecha). Fotos: JB Livenais**



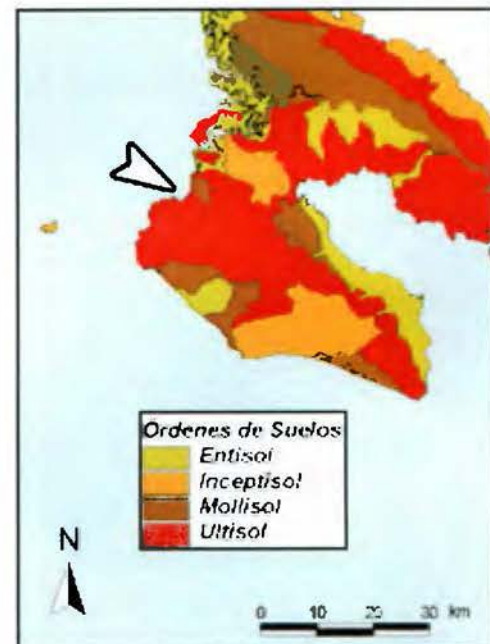
Anexo XIX: Precipitaciones en la Península de Osa en mm/año. Fuente: Anónimo 1982.



Anexo XX: Categorías de manejo del ACOSA. Fuente: Jiménez 1998.



Anexo XXI: Fisiografía de la Península de Osa. Fuente: Pérez 1978.

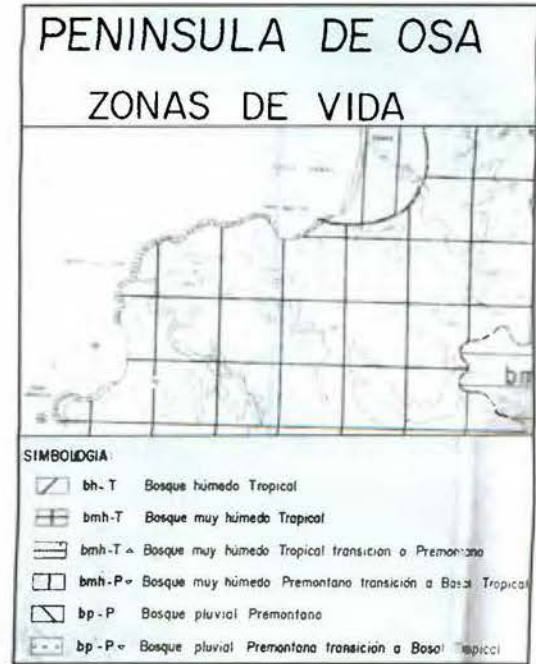




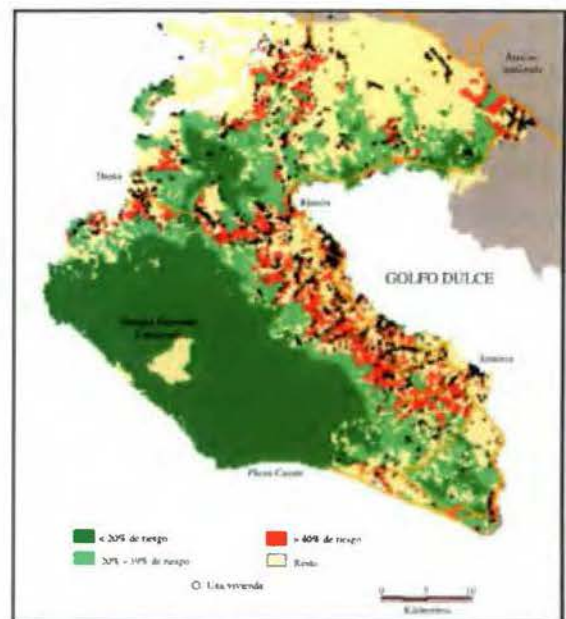
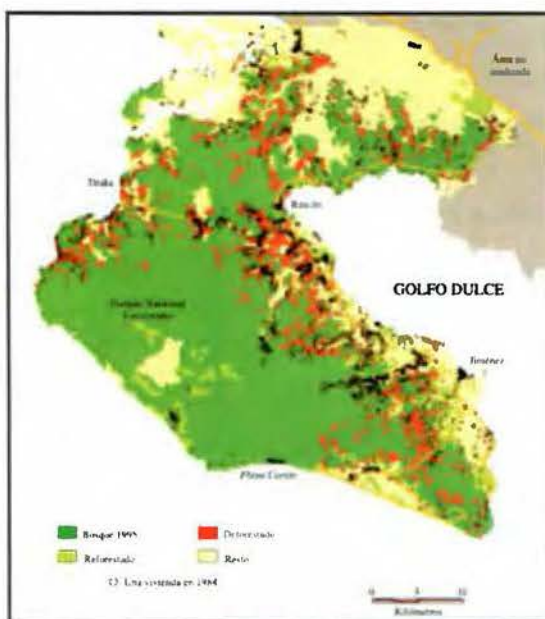
Anexo XXII: Geomorfología de la zona de Drake. Fuente: González 1996.



Anexo XXIII: Zonas de vida de la zona de Drake. Fuente: González 1996.



Anexo XXIV: Áreas deforestadas en 1995 y áreas en riesgo de deforestación. Fuente: Rosero-Bixby L. et al. 2002.



**Anexo XXV: Artículo enfocado sobre el manejo de las aguas negras en la urbanización Emmanuel Ajoy cuyo suelo es de tipo arcilloso, publicado en el periódico costarricense La Nación el 15 de noviembre de 2008.**

**Urbanización Emmanuel Ajoy, de Nicoya**

### **150 familias viven entre aguas negras**

Vecinos llevan seis años a la espera de que se solucione el problema sanitario

Banhvi y Ministerio de Salud estudian salidas técnicas al problema

*Oliver Pérez y Marcela Cantero* | [mcantero@nacion.com](mailto:mcantero@nacion.com)



La urbanización Emmanuel Ajoy, construida hace seis años, presenta problemas de aguas negras que corren por el barrio.  
*Oliver Pérez para LN*

Un grupo de 150 familias de Nicoya soportan, desde hace seis años, malos olores y el paso de aguas negras por problemas con sus tanques sépticos sin que existan aún soluciones a su problema. La situación se presenta en la urbanización Emmanuel Ajoy, construida hace seis años, mediante bono de vivienda, en el barrio San Martín de Nicoya. Desde entonces, los vecinos han presentado quejas y denuncias ante la oficina del Ministerio de Salud en Nicoya. Como atención al caso, su departamento de ingeniería realizó una inspección y presentó un informe que determinó ausencia de estudios de suelos, además, se giraron órdenes sanitarias. Los ingenieros recomendaron al Director de Salud de Nicoya ampliar la investigación. Asimismo, se sugirió solicitar al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos investigar la actuación de los profesionales que participaron en el proyecto. Ahora, los vecinos preparan una demanda contra el Ministerio de Salud, Mutual Alajuela, Municipalidad de Nicoya y la constructora, porque consideran que ninguno ha dado respuesta a su problema. “Nadie ha sido capaz de solucionar esta situación que se agrava cada día más”, dijo Dalma Muñoz, representante de los vecinos. Por ejemplo, en la casa de Irene Quirós, el agua del tanque del sanitario se rebalsa cuando jala la cadena, incluso, algunas familias usan sanitarios de sus vecinos. “Esta situación provoca dolor de cabeza y diarreas a los niños”, se quejó Yorlenny Matarrita Mayorga. Buscan salidas. Gerardo Salas, director de crédito y cobro de la Mutual Alajuela, entidad que financió el proyecto, dijo desde un principio, que el Ministerio de Salud erróneamente dirigió la orden sanitaria a esa entidad porque el proyecto fue construido por Vivienda PCP. Según Salas, al estar involucradas varias instituciones, se requiere de una resolución fundamentada que contemple la construcción de una planta de tratamiento. “Exigir a la empresa constructora el cumplimiento de compromisos, dependerá de que el ente rector se pronuncie definitivamente acerca de la solución a aplicar”, comentó Salas. Al respecto, el gerente del Banco Hipotecario de la Vivienda (Banhvi), Ennio Rodríguez, indicó que no tenía a la mano el detalle de la investigación de este caso. Sin embargo, señaló que parte del problema es la ubicación de un precario cuyas aguas negras escurren en dirección a la urbanización. Emmanuel Ajoy: “Los suelos son arcillosos, entonces, se saturan demasiado, por eso, la primera solución es sacar a la gente de este precario para ver si así se baja la presión sobre el suelo, y determinar cuál solución tomar en la urbanización”, dijo. Agregó que la Junta Directiva del Banhvi conocerá pronto un proyecto para dar casa a las familias del precario San Martín. “Esperamos tener pronto una salida al problema del precario, como primer paso”, dijo.

Anexo XXVI: Encuesta: Lista de acciones a notar por orden de prioridad (distribuido el 2 de diciembre de 2008).

## **¡Usted también puede proponer ideas!**

La siguiente es una lista de acciones viables relacionadas a la planificación ambiental y el desarrollo sostenible, enfocadas sobre la protección del agua fluvial y litoral.

Favor de marcar de **1 a 10 por orden de prioridad**, no repetir números.  
El número 1 es el de mayor prioridad, el 10 es el de menor prioridad.

Añadir **comentarios o ideas** de posibles acciones que se podrían implementar en su comunidad. Muchas gracias.

### **Acciones factibles para la protección del agua fluvial y litoral de Agujitas**

- A. **Instalar basureros** en puntos estratégicos del pueblo y **organizar la recolección** de la basura una vez a la semana.
  - B. **Programar y cumplir un programa de reforestación** en las áreas inclinadas y en las zonas de nacientes y manantiales de quebradas y ríos.
  - C. **Equipar los techos de las casas, cabinas y hoteles** (que no tienen) con canoas y bajantes para recuperar las aguas pluviales para uso propio y minimizar la erosión pluvial del suelo.
  - D. **Cubrir las áreas de tierra suelta** con toldos plásticos para protegerlas de la lluvia, o sembrar vetiver (raíces largas) en los terrenos inclinados y bambú en las laderas no protegidas de los ríos.
  - E. **Promover el eco-saneamiento** como alternativa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
  - F. **Formar un grupo pro-Bandera Azul Ecológica** para trabajar en la obtención del galardón en Playa Colorada.
  - G. **Indicar por medio de rótulos las quebradas y ríos altamente contaminados** con materia fecal para evitar que las personas se enfermen al bañarse, o simplemente al pasar por las quebradas.
  - H. **Poner a disposición detergentes suaves o biodegradables** en las pulperías de la zona, sustituyendo los detergentes fuertes (con alto contenido químico) poco a poco, para ir disminuyendo el impacto de éstos sobre el medio ambiente.
  - I. **Crear una Asociación de Desechos de Drake** que manejaría los desechos a partir de un centro de acopio.
  - J. **Otras sugerencias:**
-



Anexo XXVII: Participantes a la charla del 2 de diciembre de 2008 en la escuela de Drake.

Martes 2 de diciembre del 2008

Escuela de Drake,  
Península de Osa

**Memoria de la Actividad**

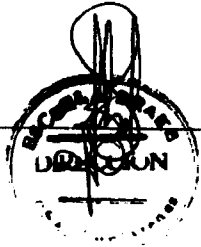
**Actividad:** Charla sobre los orígenes de la contaminación de las aguas litorales de Playa Colorada, Bahía Drake, y recomendaciones para la protección del agua fluvial y litoral.

**Responsable:** Jean-Baptiste Livenais

Nombre y apellido /Organización	Teléfono y/o Correo electrónico	Firma
Vanessa Larkin	8886-9431 vanessalarkin@yachad.com	<i>Vanessa Larkin</i>
Shawn Larkin	8835-6041 shawnlarkin@yachad.com	<i>Shawn Larkin</i>
Kelly Dweller	8316-0809 kellydweller@gmail.com	<i>Kelly Dweller</i>
Star Larkin		
Beate Keyche	89817393 beate@planetconservation.com	<i>Beate Keyche</i>
Pauline Vicmanis		<i>Pauline Vicmanis</i>
Pauline Vicmanis	8332 5354 pauline_10.02@hotmail.com	<i>Pauline Vicmanis</i>
Maritza Lozano	88948219 numalova@gmail.com	<i>Maritza Lozano</i>
Romy Mandaza	88130564 romymmandaza@hotmail.com	<i>Romy Mandaza</i>
Richard Gubner	88501387 leaguerecerato@hotmail.com	<i>Richard Gubner</i>
Richard Gubner	88692869 richardgubner@hotmail.com	<i>Richard Gubner</i>
Pepe Carvajal	88198631	<i>Pepe Carvajal</i>
Ana Patricia Ferrer	81719740	<i>Ana Patricia Ferrer</i>
Elin González G	8844-1065 g.elin@yachad.com	<i>Elin González G</i>
Rebeca Herrera C		<i>Rebeca Herrera C</i>
Zahaida Mendoza Rojas	88439233 ZahaidaMendoza@hotmail.com	<i>Zahaida Mendoza</i>
Gilberto Mendoza	88-15-37-15 ASOCDESARROLLO	<i>Gilberto Mendoza</i>

(17)

Fecha	Lecciones	Taller	Nº estudiantes participando	Docentes apoyando talleres	Firma de los colaboradores de cada taller
03-12-08	1 y 2	Examen		Itzel Arias Vega Braulio Valerio Sánchez	
03-12-08	3 y 4 5	Confección de títeres Erosión del suelo		Itzel Arias Vega Braulio Valerio Sánchez	Kelly Dweller (Casa Jengibre) <i>Kelly Dweller</i> Almudena Bustos (Casa Jengibre) <i>Almudena Bustos</i> Pauline Vromans (Casa Jengibre) Jean-Baptiste Livenais (Estudiante UCR)
03-12-08	1 y 2	Examen		Itzel Arias Vega Braulio Valerio Sánchez	
03-12-08	3 y 4 5	Confección de títeres Erosión del suelo		Itzel Arias Vega Braulio Valerio Sánchez	Maritza Lozano (Casa Jengibre) <i>Maritza Lozano</i> Kelly Dweller (Casa Jengibre) <i>Kelly Dweller</i> Almudena Bustos (Casa Jengibre) <i>Almudena Bustos</i> Pauline Vromans (Casa Jengibre) Jean-Baptiste Livenais (Estudiante UCR) Federico Solórzano (Fundación Corcovado)



**Anexo XXIX: Carta de agradecimiento de la directora de la escuela de Drake**

M. E. P. Dirección Regional Grande de Térraba  
Círculo 08, Escuela Drake, Sierpe Osa



Señor: Jean-Baptiste Livenais.  
Estudiante de U.C.R.

Estimado señor:

Reciba un cordial saludo del personal docente y administrativo, del centro educativo Drake, la presente externar un agradecimiento profundo por haber compartido sus conocimientos, sobre la investigación de tesis de maestría **GIACT Caracterización de las fuentes de contaminación de las aguas litorales de playa Colorada, Bahía Drake.**

Es de suma importancia que los niños y vecinos conozcan las fuentes de contaminación del agua que esta sufriendo la comunidad de Agujitas, para buscar soluciones a corto, mediano y largo plazo, para proteger la biodiversidad y riqueza que tiene la Península de Osa.

Se despide,

Itzel Arias Vega.  
Directora





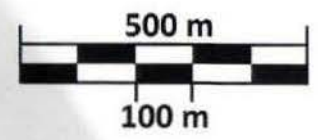


2004, modificada para presentar las cuencas del pueblo de Agujitas. Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.

### SIMBOLOGÍA

- Vías de acceso
- Ríos y quebradas
- - - Asentamientos humanos

-  Cuenca Río Agujas
-  Cuenca Quebrada del Mono
-  Cuenca Quebrada Don Carmen
-  Otras cuencas





**Anexo XXXI: Folleto distribuido en 400 ejemplares en la comunidad de Agujitas. Elaboración propia, 2009.**

# EL AGUA en Bahía Drake



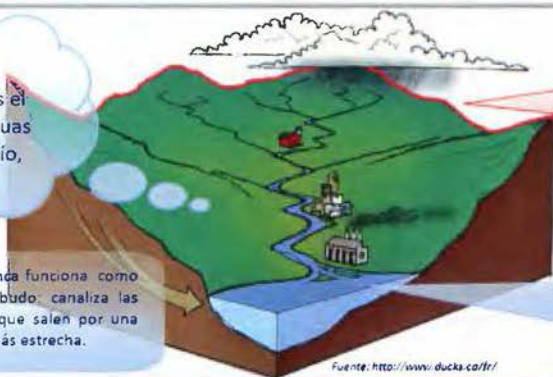
**PROYECTO**  
**AGUAS LIMPIAS**  
Agujitas 2007  Bahía Drake 2009

## La Cuenca, el principio del embudo

La CUENCA HIDROGRÁFICA es el territorio cuyas aguas fluyen al mismo río, lago o mar.



La cuenca funciona como un embudo: canaliza las aguas que salen por una boca más estrecha.



La delimitación de dos cuencas se hace en los puntos más altos de la zona.

Cada gota de lluvia que cae en la cuenca puede salir por la misma desembocadura.

Fuente: <http://www.ducks.ca/fr/>

Fotografía Satélite 2004, modificada para presentar las cuencas del pueblo de Agujitas.

Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.



- Las ACTIVIDADES HUMANAS que suceden DENTRO DE UNA CUENCA pueden afectar la CALIDAD DEL AGUA en la desembocadura principal y en el mar.





## Una Definición Util

- La cuenca, el principio del embudo \_\_\_\_\_ 3

## Los Agentes Contaminantes

- La erosión del suelo \_\_\_\_\_ 4
- El consumo del agua \_\_\_\_\_ 7
- Los detergentes y los jabones \_\_\_\_\_ 8
- La degradación de los desechos en el mar \_\_\_\_\_ 10
- La contaminación fecal \_\_\_\_\_ 11
- Los desechos
  - El reciclaje de la materia orgánica \_\_\_\_\_ 16
  - Los desechos enterrados, botados o quemados \_\_\_\_\_ 17
  - El aceite, la gasolina y las pilas \_\_\_\_\_ 18
- La cadena alimentaria y la bio-acumulación \_\_\_\_\_ 19

## Los Resultados

- El Índice de Calidad de Agua de Agujitas \_\_\_\_\_ 20
- Una encuesta en Drake \_\_\_\_\_ 21

## Algunos Consejos

- La Bandera Azul Ecológica \_\_\_\_\_ 23
- Una Propuesta de Acciones \_\_\_\_\_ 24
- Ayudo a proteger el agua cuando... \_\_\_\_\_ 25
- No ayudo a proteger el agua cuando... \_\_\_\_\_ 26



**¡El Agua es  
Vida!**

**No hay Vida  
sin Agua**





La CUENCA  
HIDROGRÁFICA es el  
territorio cuyas aguas  
fluyen al mismo río,  
lago o mar.



La cuenca funciona como un embudo, canaliza las aguas que salen por una boca más estrecha.

La delimitación de dos cuencas se hace en los puntos más altos de la zona.

Cada gota de lluvia que cae en la cuenca puede salir por la misma desembocadura.

Fuente: <http://www.ducks.ca/fr/>

Fotografía Satélite 2004, modificada para presentar las cuencas del pueblo de Agujitas.

Fuente: Google Earth 2008, Elaboración propia.



- Las ACTIVIDADES HUMANAS que suceden DENTRO DE UNA CUENCA pueden afectar la CALIDAD DEL AGUA en la desembocadura principal y en el mar.

Promedio de Precipitaciones en la Península de Osa en mm/año. Fuente MAG, 1996.



Hay un promedio de 5000 mm de LLUVIA por año en la región de Aguajitas. Es una característica del bosque tropical muy húmedo.



La zona de Aguajitas tiene **PENDIENTES** muy pronunciadas, pueden ir de un 35% hasta un 60%.



El **SUELO** de la localidad de Aguajitas está compuesto principalmente por "ultisoles" (suelo rojo, profundo, arcillosa, **POCO PERMEABLE** y ácido) y "molisoles" (suelo de textura media, oscuro, desarrollado de depósitos fluviales con algunos a muchos problemas de drenaje), (USDA, Pérez et al., 1978).



**LA DEFORESTACIÓN EXPONE EL SUELO A LA LLUVIA.**

El **HUMUS** (la capa superficial y fértil del suelo), que se ha formado durante **MUCHOS AÑOS**, es arrastrado por la lluvia en **POCOS MESES**. Luego, cuando la capa fértil se ha ido, el suelo queda expuesto a la lluvia... Cada vez que llueve sobre los suelos expuestos, es **COMO SI LA TIERRA ESTUVIERA SANGRANDO**.



El **IMPACTO DE LAS GOTAS DE LLUVIA** sobre un suelo sin protección y el escurrimiento superficial se llevan las partículas de suelo hacia abajo.

Este proceso se llama "**EROSIÓN PLUVIAL**".

Hay una pérdida del suelo, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica **HASTA EL MAR**.



Además de la **DEFORESTACIÓN**, la **EROSIÓN PLUVIAL** es **ACELERADA** por los siguientes factores naturales:

- La Lluvia
- Las pendientes
- La permeabilidad del suelo

• Ejemplo de tierra dejada suelta durante la **CONSTRUCCIÓN DE UNA CASA**

Ejemplo de tierra suelta después de la **AMPLIACIÓN DE UNA CARRETERA**



C  
A  
R  
A  
C  
T  
E  
R  
Í  
S  
T  
I  
C  
A  
S

C  
A  
U  
S  
A  
S





Apariencia del Rio Agujas antes (derecha) y después de un aguacero (izquierda), Diciembre de 2007.

Después de un aguacero, los cursos de agua de Agujitas se ponen **COLOR CAFÉ**. Uno puede pensar que es un proceso natural y que siempre ha sido así.

Sí, la **EROSIÓN** es en parte un proceso natural; sin embargo, es **ACELERADA POR LAS ACTIVIDADES HUMANAS** y provocada por **DEJAR LA TIERRA SIN COBERTURA VEGETAL**.



Apariencia de la Quebrada Don Carmen durante un aguacero, Julio de 2008.

Lecho saturado de sedimentos (Quebrada Mono), Julio de 2008.



Frente a la boca de la Quebrada del Mono, el 18 de mayo de 2008, después de un aguacero.

Se ven sedimentos en suspensión en el agua litoral después de cada aguacero. Hay una sedimentación importante en la bahía.

Los sedimentos oscurecen las aguas litorales después de cada aguacero y de manera duradera con la remoción de los fondos litorales por las olas.



Frente a la boca de la Quebrada del Mono, el 14 de noviembre de 2007, en marea baja.



Los peces y otros animales de agua dulce necesitan agua limpia, y **EL SUELO EROSIONADO DESTRUYE SU HÁBITAT**.

Muchas corrientes forestales donde antes abundaban los peces ahora se encuentran arruinadas debido al **EXCESO DE SEDIMENTOS**.



La fase de construcción de una casa o de un edificio con fundaciones de concreto, produce una gran cantidad de **TIERRA SUELTA**.

**CADA VEZ QUE LLUEVE**, se produce un arrastre del material desprotegido, que puede llenar el lecho de los ríos y que no deja que la vida acuática se desarrolle.



- Cubro la tierra suelta con un toldo de plástico, con telas o con hojas, que **IMPIDAN EL IMPACTO DE LA LLUVIA** antes de que la vegetación haya crecido.



- Siembro una planta llamada "**VETIVER**" en las pendientes, en las laderas de los ríos, en los taludes y al lado de las carreteras.



Fuente: The Vetiver International Network (TIV) [www.vetiver.org](http://www.vetiver.org)

#### EL VETIVER:

- Limita los **DESPLAZAMIENTOS** con sus raíces profundas (hasta 4 m de profundidad), que resisten a mucha tensión.
- **FILTRA LAS AGUAS** que contienen sedimentos.
- Se queda donde se siembra (**NO ES INVASIVA**).
- Necesita **LUZ DIRECTA**.



Todas estas opciones actúan como

**"Curitas para la tierra".**

- Puedo proteger la tierra suelta con un toldo de plástico.



- Siembro bambú en las laderas de los ríos.



Los árboles y las plantas **FRENAN EL AGUA** de lluvia y permiten que se infiltre en el suelo y que se **RECARGUEN LOS MANTOS ACUÍFEROS**, gracias a sus raíces.



La mejor manera de proteger el suelo, el agua y los peces es cuando **SIEMBRO ÁRBOLES**.

Los árboles son **LA PIEL DE LA TIERRA**.

¡Sea inventivo!

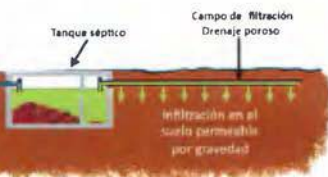
Busque soluciones ambientales.



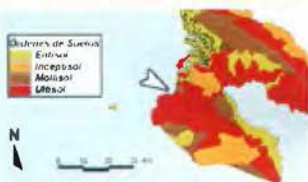




El cantidad de agua consumida se mezcla en el tanque con las aguas residuales y se ensucia. Luego el agua se filtra por la tierra permeable.



Clasificación de suelos de la Península Ibérica. Fuente: INIA 2000.



El SUELO "Ultisol" de la zona del pueblo de Agujitas, como de la mayor parte de la Península de Osa es MUY ARCILLOSO.

Está caracterizado por una muy poca permeabilidad y fertilidad.

Por eso, la **DEPURACIÓN DE LAS AGUAS** que salen de los tanques sépticos en el campo de filtración es MUY LIMITADA.

Como cae mucha lluvia en la zona, hace pensar que el agua es un recurso inagotable. Eso puede originar un consumo descuidado de este precioso líquido.



Con un suelo arcilloso la infiltración del agua se vuelve difícil y las aguas pueden salir del tanque séptico por arriba.

**¡AGUA USADA =  
AGUA CONTAMINADA!**

Las aguas que se han usado en las casas pueden contener residuos de detergentes, los cuales afectan la vida en los ríos y en el mar. Estos productos son "Hidrocidos" (Asesinatos de agua) (Fuente: Rosales, 2005).

- Muchas veces las aguas no son depuradas a través del suelo sino que corren por la capa superficial hacia los curso de agua, las quebradas y hasta el mar.





## Trato de ser más eficiente con el agua que uso

- Reduzco mi uso de agua  
¡Será menos agua para descontaminar en mi tanque séptico!



- Cuando abro la llave, reduzco el chorro de agua que sale.

### En el servicio sanitario

- Coloco una botella llena de agua o unas piedras de buen tamaño dentro del tanque para que salga menos agua cada vez que halo la cadena.  
(Se estima que se consume en promedio 30 litros por día por persona en el baño).
- Instalo un baño seco (o Sanitario Ecológico Seco) que casi no consume agua y produce abono.



### En la cocina

- Uso un recipiente pequeño con detergente diluido para lavar los platos.
- Enjabono los utensilios de cocina con la llave cerrada.
- Trato de enjuagarlos rápidamente con un chorro moderado, sin desperdiciar.



### En el baño

- Cierro la llave cuando el agua que está saliendo no me sirve, mientras me estoy enjabonando en la ducha.



- Cierro la llave cuando el agua que está saliendo no me sirve, mientras me estoy lavando los dientes o me estoy afeitando.



Ayudo a ahorrar muchos litros de agua por día si no permito que de los tubos salgan gotas de agua



¡O sea muchos litros de Agua No Contaminada!



### Hasta el más mínimo gesto cuenta

- Sumo cada pequeño ahorro diario de agua, y me doy cuenta de que se puede ahorrar mucha agua a mediano plazo.



**¡Sea inventivo!**  
Busque soluciones ambientales



**• EL AGUA NO es un RECURSO INAGOTABLE**

No se deben echar en los tanques sépticos jabones, detergentes, cloro o amoniaco porque se corre el riesgo de disminuir o aniquilar la acción bacteriana buena sobre la materia fecal y la materia orgánica.



Quebrada del Mono frente al EBAIS de Drake el 14 de noviembre de 2007

Quebrada del Mono frente al EBAIS de Drake el 19 de noviembre de 2007



Los **DETERGENTES** contienen sustancias (como nitrato o fósforo) que pueden provocar el crecimiento exagerado de muchas algas. Cuando las algas mueren, las bacterias las consumen, gastan el oxígeno presente en el agua y esto causa la muerte de los peces.

Los jabones líquidos contienen más colorantes y perfumes que los jabones en pastilla. Estos colorantes y perfumes son más difíciles de degradar que los jabones tradicionales y pueden ser tóxicos por la vida acuática y terrestre. Los detergentes forman espuma en los ríos y evitan el contacto natural de muchos insectos con el agua.



Estos detergentes químicos pueden también formar **ESPUMA EN LOS RÍOS O PONER EL AGUA TURBIA** con lo que se puede eliminar a los peces y otros animales.



¡No puedo respirar!



Los patinadores (de la familia Gerridae) son insectos que pueden flotar sobre el agua. Las numerosas vellosidades que cubren sus patas atrapan pequeñas burbujas de aire, las cuales les permite flotar por la tensión superficial del agua. Es un bio-indicador porque su presencia en un curso de agua puede indicar una buena calidad del agua con poco detergentes. Al contrario, cuando hay una contaminación del agua con detergentes no puede flotar y desaparece.



## Los productos biodegradables

son sustancias que pueden ser descompuestas en un proceso natural por bacterias, levaduras y hongos microscópicos, con cierta rapidez y tienen un **MENOR IMPACTO SOBRE LA VIDA ACUÁTICA**.

## Escojo usar detergentes 100% biodegradables libres de fosfatos.

- Pido productos 100% Biodegradables en mi pulperia.
- Busco productos de higiene personal naturales.
- Prefiero usar jabones normales a los líquidos porque contienen menos colorantes y perfumes dañinos para el ambiente.
- Si tengo una compostera puedo recolectar el **ACEITE DE COCINA** usado cuando se encuentra **EN PEQUEÑAS CANTIDADES**, con una servilleta o un papel toalla. Luego, puedo añadir al compost la servilleta impregnada de aceite de vez en cuando.



## Busco técnicas para ahorrar producto y agua

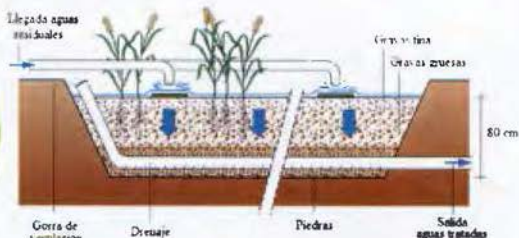
- Uso la cantidad adecuada de detergente y así minimizo la contaminación del agua y economizo dinero.
- Limpio los platos con las manos y uso poca agua antes de lavar y desinfectar con poco detergente diluido.
- Puedo usar un aplicador de aerosol con el detergente diluido por ejemplo para aplicar el producto antes de usar la esponja.
- Recupero el agua de lluvia para la limpieza. Se requiere menos jabón con agua pluvial porque ésta no contiene mucho calcio.



Una **BIOJARDINERA** es un tipo de saneamiento ecológico, que permite tratar las aguas "grises" (jabonosas), o residuales (grises y negras), con un filtro natural a base de piedras, arena y plantas.

## • Instalo una Biojardinera

- Filtra las aguas residuales
- Es estética
- No genera malos olores
- La lluvia no afecta el sistema
- Se puede instalar en pendientes
- Necesita un espacio de 2 m<sup>2</sup> por persona en promedio



Fuente: [www.sint.fr/](http://www.sint.fr/)



- Usar cloro, es muy nocivo para los organismos presentes en el agua. El producto es eficiente aun muy diluido.

## Tiempo de biodegradación de los desechos sólidos en el mar

2 - 4  
semanas6  
semanas1 - 5  
meses3-14  
meses1 - 3  
años13  
años50  
años

80 años



200 años

400 - 500  
años

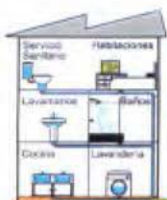
600 años



Indeterminado!



Debido al **SUELO ARCILLOSO** y muy poco permeable de la región de la Bahía de Drake, los tanques sépticos no puran las aguas como se requiere. Los suelos poco permeables se pueden **SATURAR DE AGUA** al nivel de los drenajes, lo que causa la salida del agua residual por arriba del tanque. Las aguas pueden seguir la pendiente y contaminar el afluente o la quebrada más cercanos.



La **AUSENCIA DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO** de aguas hace que las aguas residuales de mi casa contaminen los ríos y riachuelos incluso el mar.

Si no se vacía el tanque regularmente (cada 2 a 4 años), los lodos pueden obstruir los drenajes. Las **AGUAS LLENAS DE GÉRMINES PELIGROSOS** pueden llegar hasta la superficie del suelo, correr hacia un curso de agua o incluso pueden hasta inundar la casa.

El difícil acceso a Drake por carretera puede limitar la llegada de camiones que recolectan los lodos fecales.



Una muestra de contaminación de la quebrada Don Carmen el 19 de noviembre del 2007

Una muestra de contaminación de Mono al nivel de la desembocadura el 15 de octubre del 2007

Una muestra de contaminación de la quebrada Don Carmen al nivel de la desembocadura el 19 de diciembre del 2007



En su mayor parte las bacterias coliformes fecales no son peligrosas. Son buenos indicadores de la posible presencia de agentes patógenos (provocando enfermedades) como bacterias, virus o otros microorganismos en las aguas.

## En Agujitas ...

Entre los meses de enero y marzo del 2008, por una población de menos de 500 personas, hubo 22 casos de enfermedades diarreicas (el 4,6% de la población de Agujitas) (EBAIS de Drake).

Éstas podrían estar relacionadas con una mala calidad del agua de consumo o una mala calidad de las aguas de las quebradas por las cuales una parte importante de la población local pasa diariamente para llegar al trabajo.



Infecciones respiratorias, diarrea, vómito o alergias es el abanico de problemas que puede provocar el contacto con agua contaminada.

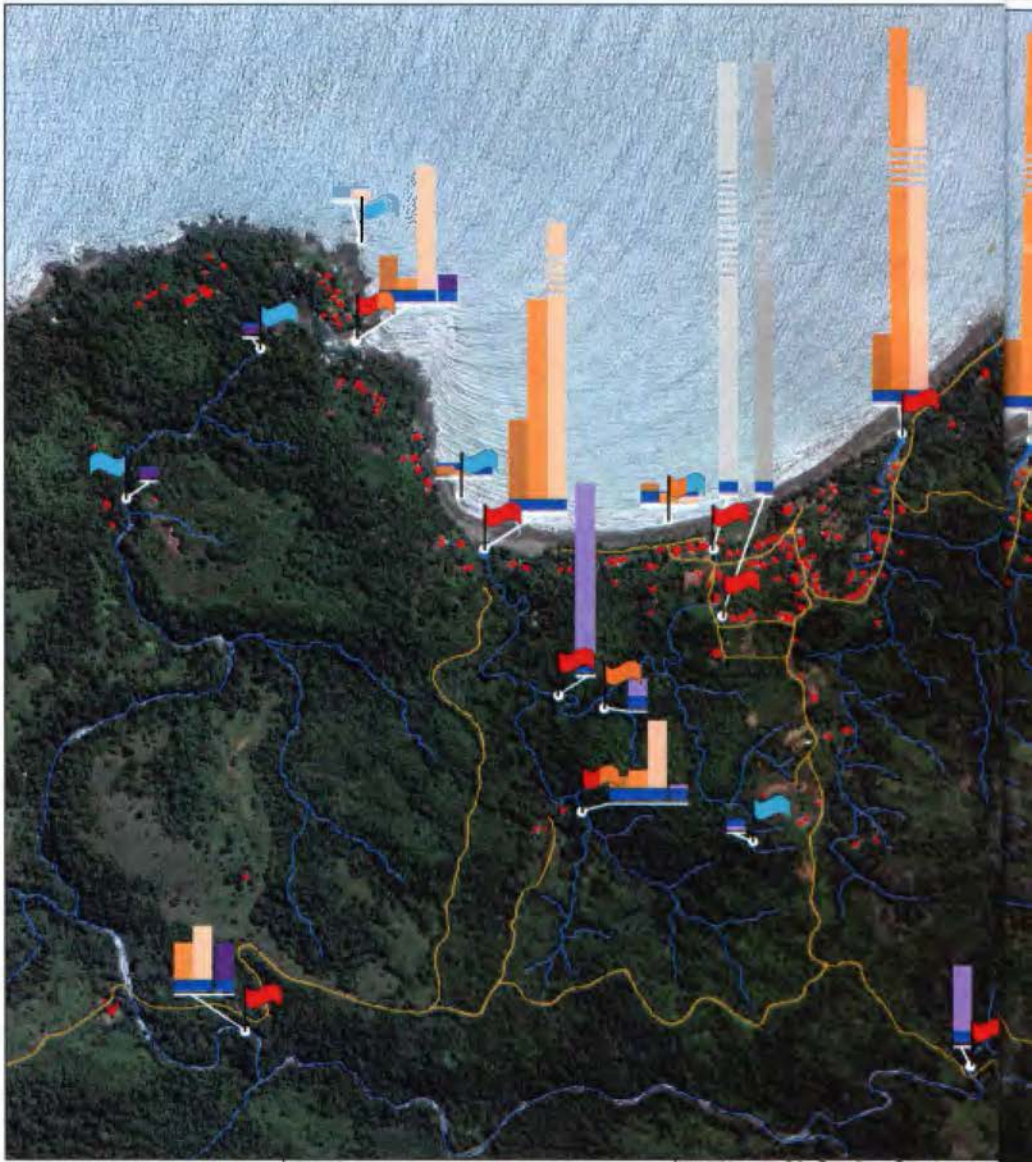
- El problema de salud más asociado con la exposición a aguas fecalmente contaminadas es la gastritis (Organización Mundial de Salud 2003).

C  
A  
U  
S  
A  
S

C  
O  
N  
S  
E  
C  
U  
E  
N  
C  
I  
A  
S







- La mayor parte del tiempo, bañarse al frente del pueblo, en Playa Colorada, ya
- Bañarse en las quebradas Don Carmen y del Mono puede representar un riesgo de
- Después de un aguacero la concentración de bacterias incrementa en las quebradas, lo que acentúa el riesgo de contraer una enfermedad al bañarse.
- En verano, el riesgo de contraer una enfermedad al bañarse en las quebradas es mayor.
- Tomar agua en los cursos de agua no es recomendado ya que aunque se ve un



Vías de acceso —  
 Cursos de agua —  
 Casas o edificios - -

• **Concentración de bacterias coliformes fecales (NMP/100 mL)**

Época (promedio de 3 muestras):

- Septiembre 2007
- Enero 2008
- Abril 2008

Fecha (una muestra):

- 21/01/08
- 01/04/08
- 15/04/08
- 22/04/08

• **Calificación**



En Costa Rica, se estableció una escala de tres clases de aguas que toman en cuenta factores como el Número Más Probable (NMP) de bacterias coliformes fecales en 100mL de agua para definir LA CALIDAD DEL AGUA LITORAL considerando UN USO RECREATIVO (Mora et al. 1989).

EL AGUA ADECUADA PARA LA NATACIÓN NO DEBE TENER MÁS DE 240 NMP/100 mL. Cuando se sobrepasan los 500 NMP/100 mL, se considera que es DAÑINA PARA LA SALUD.

da, aya Colorada, no presenta riesgo para la salud humana.  
 r presentar un riesgo para la salud.  
 quenta en las quebradas, los ríos y frente a la playa,  
 se.  
 rad, las quebradas aumenta mucho.  
 ve, aunque se ven limpios pueden ser contaminados.

- Evito el contacto con aguas que representan un riesgo para mi salud y la de mi familia.
- Me lavo bien después del contacto si no tengo opción.





## • Instalo un Sanitario Ecológico Seco (SES)

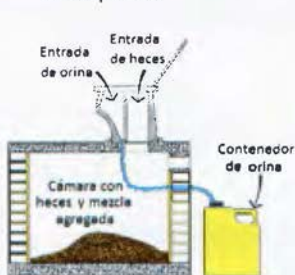
- Ahorra mucha agua (unos 30 L por día por persona)
- Cuida el medio ambiente
- Produce abono
- Produce fertilizante
- No es caro
- Puede construirse fácilmente con mano de obra y materiales locales
- Es un sanitario limpio y sin malos olores

SES No Separador



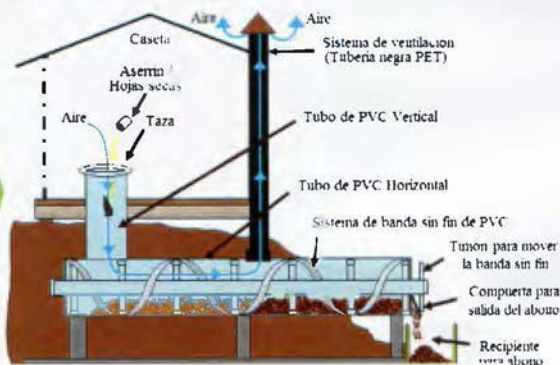
Fuente: www.zoomzap.org/

SES Separador



El "Taladro de la Tierra" es un tipo de Baño seco innovador. Los excrementos se convierten en abono a lo largo de un tubo de PVC.

- Un sistema de ventilación adecuado permite que no se produzca mal olor.
- El sistema puede ser estético o sencillo.



Diseño de C. Henry (USA). Universidad de Washington

Se entrevistó a 47 turistas que visitaban la región de la Bahía de Drake en enero del 2008. Se les preguntó su opinión con respecto al uso de los "baños composteros" o "baños secos" en los hoteles de Agujitas. Su respuesta A FAVOR O EN CONTRA se representa en el siguiente círculo. En la encuesta colaboraron voluntarios de la Fundación Corcovado de Agujitas.



- Existe una GRAN DEMANDA TURÍSTICA para el uso de sistemas de saneamiento que no contamina el agua en Drake.

• En cualquier tipo de baño la falta de mantenimiento produce malos olores.



El agua más pura es el agua que no se contamina.



El SES existe con o sin separador de orina:

- La orina se puede utilizar como fertilizante.
- Este sistema integrado respeta el CICLO DE LOS NUTRIMENTOS, devolviéndolos a la tierra.

Los materiales de origen orgánico son degradados por microorganismos comunes (lombrices, bacterias, hongos) del suelo hasta un estado donde ese material podrá ser aplicado a la tierra sin impacto negativo al medio ambiente.

El compost o el abono es como la primera capa oscura que se encuentra en un suelo: el Humus. Esta capa aporta los nutrientes necesarios al buen desarrollo de las plantas en los suelos cubiertos por una capa vegetal. La pérdida de humus significa la pérdida de fertilidad del suelo.



Fuente: <https://decaneez1-1.com/>

- Utilizo un pequeño recipiente en la cocina en el cual voy a acumular los desechos orgánicos apropiados para hacer abono.

- Añado los residuos vegetales del recipiente con los del jardín, en el área de compostaje protegido del sol y de la lluvia.

- hojas,
- ramitas de árboles y arbustos,
- flores marchitas,
- hierba cortada,
- hojas de té, posos del café,
- cáscaras de frutas, verduras o huevos,
- servilletas de papel impregnadas de aceite (pocas)



Costa Rica produce cerca de 900.000 toneladas de desechos domésticos anuales, es decir un promedio de 198 kilos al año por habitante (Agencia France Presse). La producción de abono ayuda a reducir los desechos en cantidad.



Al utilizar compost como un acondicionador del suelo, las propiedades del suelo se mejoran y los nutrientes que contiene son aprovechados por las plantas.

El compostaje requiere de un recipiente, de aire, de la humedad correcta, del rango de temperaturas apropiado, de organismos aeróbicos y de tiempo.

- Puedo construir un área de compostaje protegida de la lluvia y compartida con los vecinos.

- Puedo también hacer vermicompost como producto de excreción de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Este organismo se alimenta de residuos orgánicos y luego los transforma en un producto de alto contenido proteico utilizado para fertilizar o enriquecer la tierra como medio de cultivo.



Fuente: [www.organicocentro.com](http://www.organicocentro.com)

- Mi abono podría ser aprovechado por agricultores orgánicos, como se hace en varios pueblos de Costa Rica.

El producto final está casi libre de gérmenes porque la temperatura subió hasta los 60-70°C.

- Evito de poner cáscaras de cítricos (naranjas, limones y piña) porque acidifican mucho la mezcla y eso mata a los microorganismos.
- Evito de poner restos de carne y queso, ceniza o plantas enfermas.





# Desechos enterrados, botados o quemados

C  
A  
U  
S  
A  
S



Muchas veces salimos de los comercios con **MUCHAS BOLSAS DE PLÁSTICO...** Claro, son útiles para recoger la basura.

¿Pero realmente las ocupamos todas?



La dificultad de acceso de Drake hace que el servicio de recolección de basura sea poco frecuente. Muchas veces **SE QUEMA LA BASURA** para hacerla desaparecer y para evitar riesgos sanitarios.



Otra opción para deshacerse de los desechos es **BOTARLOS EN UN HUECO** en el suelo y enterrarlos.

C  
O  
N  
S  
E  
C  
U  
E  
N  
C  
I  
A  
S



Se ha encontrado **BOLSAS PLÁSTICAS** en la panza de tortugas marinas muertas. Las tortugas confunden las bolsas plásticas con una de sus presas, la medusa...

Al quemar plástico y otros materiales se producen gases tóxicos y gases de efecto invernadero y se **DESAPROVECHA EL RECICLAJE**.



Los componentes y los **MATERIALES TÓXICOS** producidos por combustión o presentes en los desechos, pueden **INFILTRARSE EN EL SUELO** y contaminarlo de manera severa. Pueden también provocar una **CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA**.

S  
O  
L  
U  
C  
I  
O  
N  
E  
S

- Reduzco mi uso de bolsas plásticas al llevar un bulto o bolsas de tela para mis compras.

¿Quiere una bolsa de plástico?



No gracias, tenemos un bulto y una bolsa de tela.

En Playa Nosara de Nicoya se está rechazando el uso de bolsas de plástico en todos los comercios para no perjudicar a las tortugas y al medio ambiente.



¿Le gustaría intentarlo en Drake?

El reciclaje torna los materiales que se hubiesen convertido en desecho en recursos valiosos.

- Separo los desechos en varios contenedores.
- Reciclo los materiales reciclables.
- Ayudo a organizar la recolección y la disposición adecuada de los desechos.





Los productos tales como los solventes, gasolina, aguarrás pintura, y las baterías para aparatos electrónicos o de carro o bote, **SON PELIGROSOS PARA EL MEDIO AMBIENTE.**

C  
A  
U  
S  
A



El mantenimiento de los botes y de los carros puede también causar una contaminación del agua fluvial y costera con hidrocarburos.

Las baterías de plomo contienen sustancias que pueden provocar una contaminación duradera con este metal pesado.



C  
O  
N  
S  
E  
C  
U  
E  
N  
C  
I  
A  
S

## 1 litro de aceite

botado en el agua puede contaminar una superficie de más de 10 000 m<sup>2</sup>, el equivalente de

**2 canchas de fútbol**

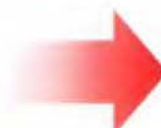


## 1 sola pila alcalina

botada puede contaminar

**175.000 litros de agua**

(más de lo que puede consumir un hombre en toda su vida)



Cuando se produce el derrame de las sustancias internas de las pilas arrojadas al ambiente, se arrastran los metales pesados.

S  
O  
L  
U  
C  
I  
O  
N  
E  
S



- Llevo el aceite usado del motor a un centro automotriz donde será tratado y reciclado.



- Me aseguro de no derramar aceite o gasolina en el mar o en la tierra con mi bote o mi carro. Lo reviso frecuentemente para ver si no tiene fugas.



- Evito botar productos químicos por el inodoro o en la basura... los guardo y los deposito en un centro especializado.



- Me compro un foco autocargable (produce electricidad accionando una manivela).

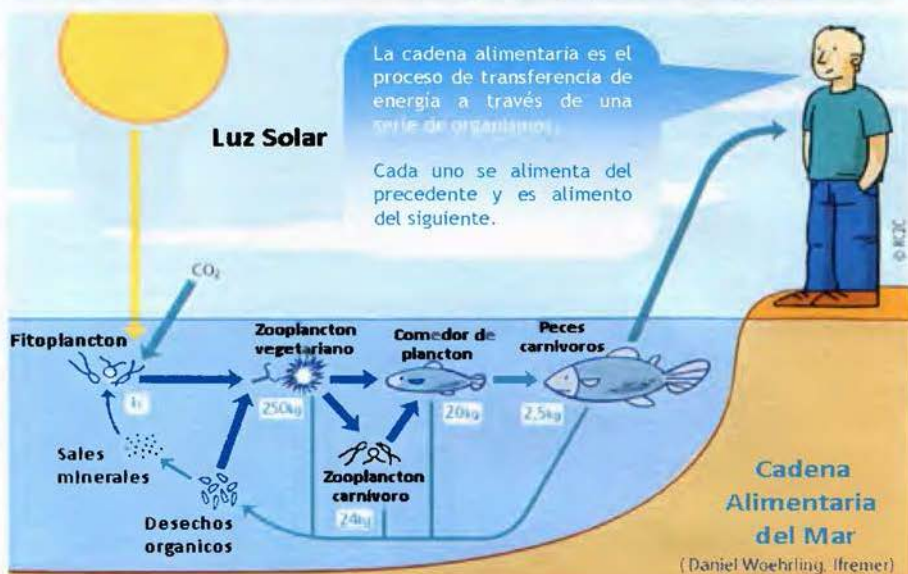


- Me compro un cargador con baterías recargables que me puede durar muchos años (ahorro plata a mediano plazo).

- Llevo a mis pilas usadas en un centro de acopio, un hotel o una pulpería que las recupera



Esquema de la cadena alimentaria en el mar. Fuente: Modificado de Woehrling D., IFREMER.



### La BIO-ACUMULACIÓN

Se pueden acumular sustancias químicas en organismos vivos, de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en el medio ambiente o en los alimentos.

Un ejemplo: Los pescados que comemos se alimentan de otros peces que comen algas. Cuando las algas han crecido en aguas que contienen sedimentos con sustancias tóxicas, pueden asimilar esas sustancias tóxicas. El pez come las algas junto con las sustancias tóxicas y es el comido por el siguiente pez que va al pescador.

(Fuente: Lorenzo Gomez, *The food chain*)



ASÍ EL PESCADO QUE SE ENCUENTRA EN MI PLATO PUEDE CONTENER SUSTANCIAS TÓXICAS POR EL EFECTO DE BIO-ACUMULACIÓN.



Eventualmente comemos las sustancias tóxicas de los desechos que hemos botado años atrás.

El aceite de motor, los hidrocarburos, los metales pesados de las pilas, las sustancias químicas presentes en las pinturas y muchos otros productos, contienen sustancias tóxicas que pueden entrar en la cadena alimentaria.



- Ahora, se está descubriendo la presencia de muchos contaminantes en los tejidos humanos, incluyendo la leche materna (Dorey 2005).



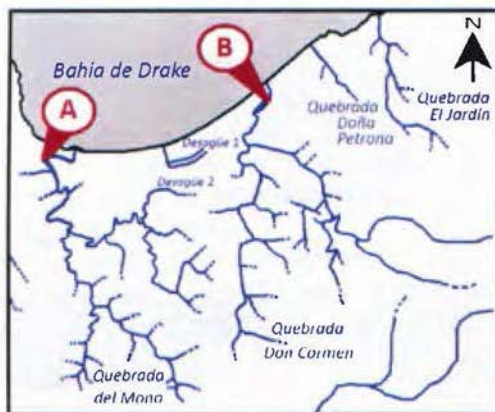


Un Índice de Calidad de Agua (ICA), reduce gran cantidad de información técnica a un valor numérico, asociado a una categoría, que al describir la calidad de un cuerpo de agua permite a las comunidades tomar decisiones sobre sus usos y manejo (Deininger 1980).

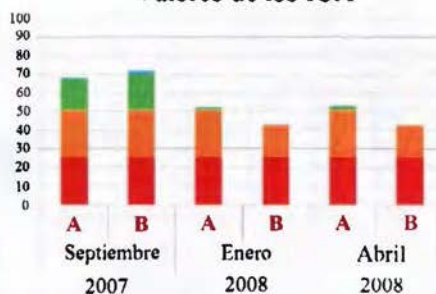
El ICA calculado para las aguas de Agujitas incluyó 9 parámetros físico-químicos:

- Oxígeno disuelto
- Concentración de bacterias coliformes fecales
- Sedimentos en suspensión
- pH
- Demanda Bioquímica de Oxígeno
- Concentración de nitratos
- Concentración de fosfatos
- Temperatura
- Conductividad

Los puntos de muestreo se ubicaron en las desembocaduras de las quebradas del Mono y de Don Carmen.



Valores de los ICA



ICA-NSF	Categoría	Descripción de la Calidad del Agua
91-100	Excelente	Sostiene una alta biodiversidad de vida acuática
71-90	Buena	
51-70	Regular	Muestra signos de contaminación como: reducción de la diversidad en los organismos acuáticos, incremento en los nutrientes y en el crecimiento de algas.
26-50	Mala	Sostiene una baja biodiversidad de vida acuática, manifiesta problemas con fuentes de contaminación puntuales y no puntuales
0-25	Muy mala	Alberga un limitado número de organismos que son resistentes a aguas muy contaminadas

Valor del Índice de Calidad de Agua del NSF (National Sanitation Foundation) y su relación para la vida acuática. Fuente: Deininger, 1980.

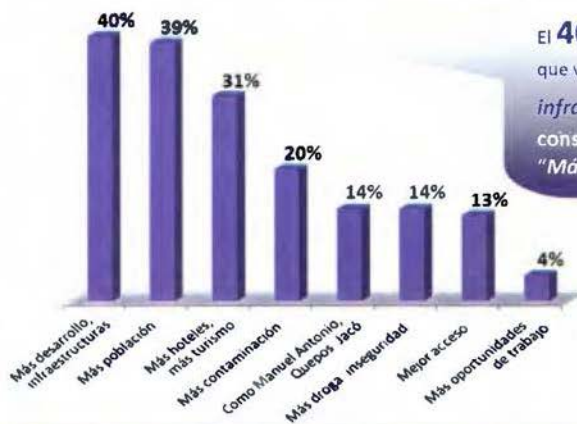


- La calidad del agua se reduce el verano en ambas quebradas!!!
- Aunque el AGUA se vea CLARA puede estar CONTAMINADA.

En el periodo de octubre de 2007 a abril de 2008, se logró conocer la opinión de **94 PERSONAS** del pueblo de **AGUJITAS** en la región de la Bahía de Drake con respecto a su percepción de **LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA y SU APTITUD PARA COLABORAR EN LA PROTECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO**.

Estos fueron los resultados:

## ¿Cómo ve la región de la Bahía de Drake dentro de 10 años?

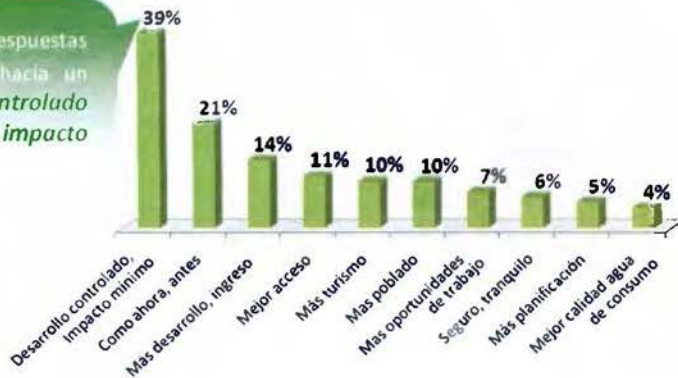


El **40%** de los entrevistados consideró que va a haber "Más desarrollo y más infraestructura". Un **20%** consideró que va a haber "Más contaminación".



## ¿Cómo le gustaría ver la región de la Bahía de Drake dentro de 10 años?

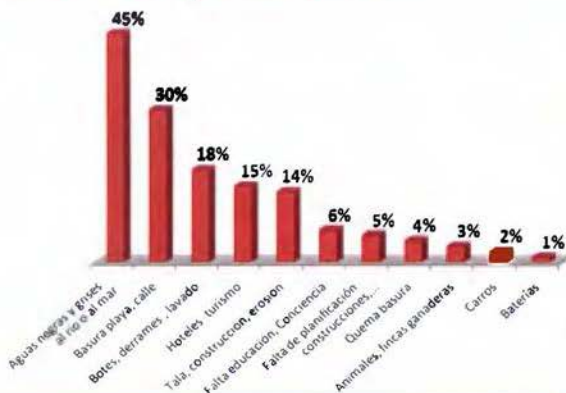
Un **39%** de las respuestas fueron orientadas hacia un "Desarrollo controlado con bajo impacto ambiental".





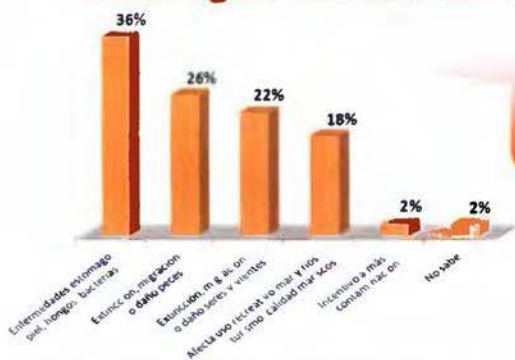
## ¿Cuáles son las causas de la contaminación de las aguas litorales de Playa Colorada?

El **45%** de las respuestas eran enfocadas hacia las "Aguas negras y grises al río o al mar".



## ¿Cuáles son las consecuencias de la contaminación de las aguas litorales de Playa Colorada?

Un 36% de los entrevistados citó las "ENFERMEDADES DE ESTOMAGO y ALERGIAS DE LA PIEL" entre otros.



## ¿Quién tiene un papel para limitar la contaminación de las aguas litorales de Playa Colorada?

El **64%** de los actores propuestos por los entrevistados fue: "TODOS NOSOTROS, LA COMUNIDAD, CADA UNO".



¡Nuestra agua es nuestra vida!



El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados evalúa periódicamente la calidad del agua de las playas con el fin de hacer diagnósticos sanitarios y proteger la salud de los pobladores locales y de los visitantes en las zonas costeras.

Se promueve un sistema de evaluación anual que sirve como incentivo para el cuidado de las playas, el cual consiste en otorgar la "Bandera Azul Ecológica" a la comunidad que logra satisfacer los aspectos de:

- Calidad del agua de mar (con una valoración del 35%)
- Calidad del agua de consumo humano (15%)
- Calidad sanitaria de la playa
  - Basura (10%)
  - Aguas residuales domesticas (15%)
  - Aguas residuales industriales (5%)
- Educación sobre el medio ambiente (10%)
- Administración y seguridad (10%)



Playa Colorada podría obtener un día este galardón, dependiendo tanto de un esfuerzo personal como de un esfuerzo común. Proveería una satisfacción al nivel individual y comunitario, un atractivo adicional para los turistas y un beneficio ambiental a largo plazo para la región de la Bahía de Drake y sus habitantes.



Playa Colorada el 2 de diciembre de 2007, apacible, hermosa, tranquila.

- Ayudo a formar un grupo comunitario para trabajar en la obtención de la Bandera Azul Ecológica en Playa Colorada. [banderazul@aya.go.cr](mailto:banderazul@aya.go.cr) / Tel: 2279-5118 o 2278-9013





La siguiente es una PROPUESTA DE ACCIONES PRIORITARIAS clasificadas en un orden sugerido por los participantes en una reunión llevada a cabo el 2 de diciembre de 2008 en la escuela de Drake.

- 1. PONER A DISPOSICIÓN DETERGENTES SUAVES O BIODEGRADABLES EN LAS PULPERÍAS** de la zona, sustituyendo los detergentes fuertes poco a poco, para ir disminuyendo el impacto de éstos sobre el medio ambiente. 
- 2. PROMOVER EL SANEAMIENTO ECOLÓGICO** como alternativa a los sistemas de tratamiento de aguas residuales actuales (Bio-Jardineras y baños composteros). 
- 3. FORMAR UN GRUPO pro-Bandera Azul Ecológica** para trabajar en la obtención del galardón en Playa Colorada.  
- 4. INSTALAR BASUREROS** en puntos estratégicos del pueblo, **ORGANIZAR LA RECOLECCIÓN** de la basura una vez a la semana y **SU DISPOSICIÓN ADECUADA**. 
- 5. INDICAR por medio de RÓTULOS** las QUEBRADAS Y los RÍOS CONTAMINADOS con materia fecal para evitar que las personas se enfermen al bañarse, o simplemente al pasar por las quebradas. 
- 6. REFORESTAR EN LAS ÁREAS DE PENDIENTES Y EN LAS ZONAS DE NACIENTES.** 
- 7. CUBRIR LAS ÁREAS DE TIERRA SUELTA** con toldos u otros materiales para protegerlas de la lluvia, y **SEMBRAR VETIVER** (raíces largas) en los terrenos inclinados y bambú en las laderas no protegidas de los ríos. 
- 8. EQUIPAR LOS TECHOS** de las casas, cabinas y hoteles **CON CANCHAS Y BAJANTES** para recuperar las aguas pluviales para uso propio y **minimizar la erosión pluvial** del. 
- 9. CREAR UNA ASOCIACIÓN O COMITÉ DE DESECHOS DE LA REGIÓN DE LA BAHIA DE DRAKE** que manejaría los desechos a partir de un centro de acopio. 

## Otras Propuestas.

- A.** Proveer más **EDUCACIÓN AMBIENTAL** de casa en casa, en centros comunitarios, centro de salud, escuelas, hoteles e iglesias (charlas/talleres de reciclaje).
- B.** Dar ejemplos o demostraciones: construir una "**CASA EJEMPLO**" para mostrar opciones de sistemas de tratamiento de agua aplicables y amigables con el medio ambiente, prácticas sostenibles y varios medios de ahorro de consumo de electricidad.
- C.** Introducir la **AGRICULTURA ORGÁNICA** como fuente adicional de trabajo y para contribuir a la autosuficiencia alimentaria de la región de la Bahía de Drake.
- D.** Preparar y proponer **TALLERES** para ayudar a disminuir el **CONSUMO DE PRODUCTOS DESECHABLES**.

# Ayudo a proteger el agua y el medio ambiente cuando...

- Reduzco mi **CONSUMO DE AGUA** en cada acción, usándola de manera **MODERADA**. Cierro la llave **más a menudo**.

- Uso productos de limpieza **BIODEGRADABLES** para la casa, el hotel, la escuela, la embarcación.

- Recuerdo llevar una **BOLSA DE TELA O UN BULTO A LA PULPERÍA**, para minimizar el uso de bolsas plásticas.

- Separo los **DESECHOS RECICLABLES** de la basura y los llevo a un **CENTRO DE RECICLAJE** (botellas de plástico y de vidrio, latas de aluminio, cartón, papel, tetra pak).

- Llevo los **DESECHOS PELIGROSOS** (baterías y aceite usado) en talleres que los reciben y los reciclan.

- Uso **BATERÍAS RECARGABLES** y focos **autorrecargables**.

- Hago **COMPOST** con los restos de verduras y de frutas.

- Construyo una **BIOJARDINERA** y un **BAÑO COMPOSTERO**, para un mejor manejo de las aguas residuales de mi casa.

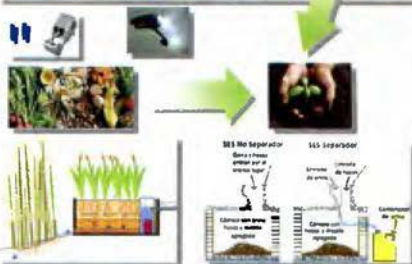
- Cubro la **TIERRA SUELTA** durante una construcción.

- Siembro **árboles y arbustos** en mi patio.

- Equipo mi techo con **CANOAS Y BAJANTES**.

- **COMPARTO MI CONOCIMIENTO** sobre el cuidado del agua con mi familia y mis amigos.

- Ayudo a formar el **GRUPO** pro Bandera Azul Ecológica o muestro mi apoyo para su formación.

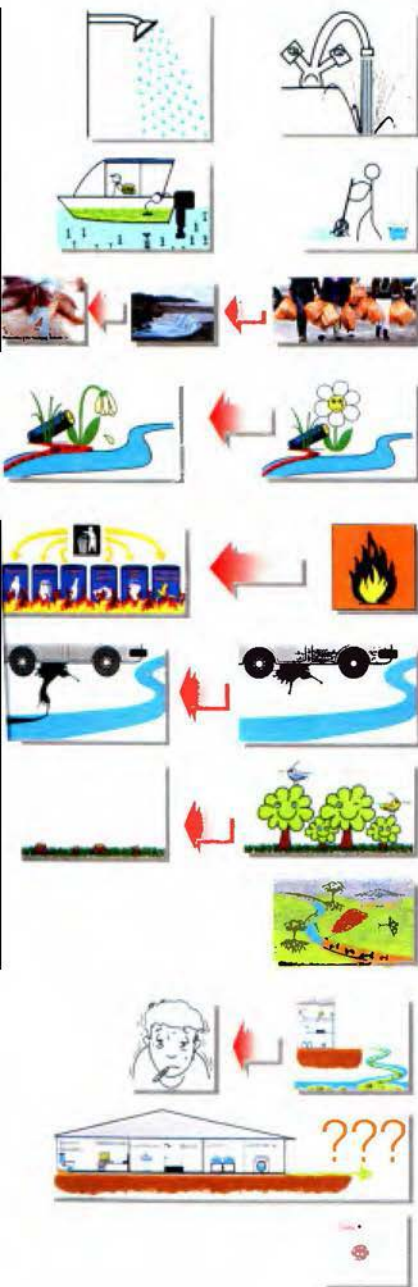




# No ayudo a cuidar el agua y el medio ambiente cuando...



26



• Olvido CERRAR LA LLAVE cuando no ocupo el agua (mientras me cepillo los dientes, lavo los platos, me afeito, me enjabono en el baño).

• Uso productos químicos para el mantenimiento de la casa, del hotel o de mi bote.

• Acepto más bolsas plásticas de lo necesario en la pulpería.

• Boto las baterías usadas en la basura, en la calle, en la playa, al mar o las quemo aunque emitan gases tóxicos.

• Quemo la basura que hubiera podido reciclar con lo cual produzco humo nocivo para la salud de los habitantes y de mi familia.

• Olvido proteger el suelo o el mar del aceite del carro o del bote.

• Corto los árboles que mantienen el suelo de mi propiedad intacto.

• Construyo y no protejo de la lluvia la tierra suelta.

• No he instalado todavía un sistema de tratamiento primario de aguas residuales para las aguas que salen de mi casa.

• No sé dónde van las aguas negras de mi casa o de mi negocio.

• Olvido echar poco detergente para lavar la ropa.

# Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica que me ayudó al nivel financiero a concretizar la elaboración de los folletos informativos, a Luz María Chacón Jiménez y Elizabeth Carazo Rojas, las directoras del INISA (Instituto de Investigación de Salud) y del CICA (Centro de Investigación en Contaminación Ambiental), a Kenia Barrantes y a Wilson Beita, a todo el personal del Centro de investigación en ciencias del mar y limnología, a Jenaro Acuña González mi tutor de tesis y a Carmen González Gairaud y a Manuel Murillo Castro mi profesores asesores, a Margarita Silva mi directora de maestría y a mi profesor Hans Hartmann. A Federico Solórzano y a Alejandra Monge de la Fundación Coreovado, a Maritza y a Bárbara Lozano, a Shawn y a Vanessa Larkin, a Elías Rosales, a Patricia Leite, a Pauline Vromans, a Leonardo Guerrero. A Gustavo Gutiérrez, al personal de Jinetes de Osa, a Félix Mosquera, a Marleny Jiménez, a Nichole Dupont, a Itzel Arias, a Olman Umaña, a Mauricio Solís y Erick Ross.

A los dueños y gerentes de los hoteles (Jinetes de Osa, Águila de Osa Inn, Drake Bay Resort y La Paloma Lodge) por haber apoyado el proyecto y aceptado donar el valioso tiempo de sus empleados para que pudieran asistir a las charlas. A Nicolas Dupont, a Guillaume Mouton, a Luc Fargier y a Natalia Harvey Sánchez. Gracias

Y a todos los que añadieron su granito de arena, muchas gracias.

“Sea usted mismo  
el cambio que le gustaría  
ver en el mundo”

Mahatma Gandhi (1869-1948)



Para más información:

Jean-Baptiste Livenais  
[jbivenais@gmail.com](mailto:jbivenais@gmail.com)  
8922-5725

## Fuentes Bibliográficas

- Asociación Altxa Mutillak. 2007. "Les poissons alertent les humains". <http://www.sixtan.com/IMG/jpg/durecoviuedechechs2.jpg>, consultado el 17 de setiembre del 2008.
- Cabrit-Leclerc, S. 2008. Fosse septique, roseaux, bambous?, Traiter écologiquement ses eaux usées. Terre vivante.
- Deninger, R.A. 1980. "A Water quality index for river", Water International. September, 16-21
- Franceys, 1995. Sistema de tratamiento primario de aguas negras Guide de l'assainissement individuel, Organización Mundial de Salud
- García, J.E., E. Guier & I.M. Chacón. 2006. Ambiente: problemática y opciones de solución antología. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, 508 pp
- Mora, D.A., J.C. Rojas, M. Sequeira, A. Mata & M. Coto. 1989. Criterios bacteriológicos y calidad sanitaria de las aguas de las playas de Costa Rica. Periodo 1986-1987. Tecnología en Marcha 9: 45-49.
- Organización Mundial de Salud. Guidelines for safe recreational water environments, 2003. Volume 1, Coastal and fresh waters. 23 pp
- Rosales, E. 2005. Ecosaneamiento, Programa ISSUE.



Esta guía ha sido impresa sobre papel certificado  
fabricado a partir de bosques  
manejados de manera sostenible

