



**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
(UNAN-Managua)**

**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos
de Nicaragua (CIRA-UNAN)**



Trabajo de Tesis
Para optar al grado de
Master en Ciencias del Agua

**EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL POR
MEDIO DEL ESTUDIO DE ALGUNOS ASPECTOS DE
SEDIMENTACIÓN Y CONTAMINACIÓN EN LA LAGUNA DE
BLUEFIELDS, RAAS, NICARAGUA.**

Directora: Dra. Katherine Vammen

Asesores: Dr. Jorge Pitty

MSc. Victor Martínez

Elaborado por: Svetlana Dumailo

Managua, julio de 2003

Patrocinado por la *Red Centroamericana para el Manejo de los
Recursos Hídricos (Red CARA)*



**Universidad Nacional Autónoma de
Nicaragua
(UNAN-Managua)**



**Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos
de Nicaragua (CIRA-UNAN)**

Trabajo de Tesis
Para optar al grado de
Master en Ciencias del Agua

**EVALUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN LA
LAGUNA DE BLUEFIELDS POR MEDIO DEL ESTUDIO DE
ALGUNOS ASPECTOS DE SEDIMENTACIÓN Y
CONTAMINACIÓN, RAAS, NICARAGUA**

Directora: Dra. Katherine Vammen

Asesores: Dr. Jorge Pitty

MSc. Victor Martínez

Elaborado por: Svetlana Dumailo

Managua, julio de 2003

Patrocinado por la *Red Centroamericana para el Manejo de los
Recursos Hídricos (Red CARA)*

“Evaluación de la problemática ambiental en la laguna de Bluefields por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación, RAAS, Nicaragua”, elaborada por Svetlana Dumailo.

“Sometido al Programa de Maestría en Ciencias del Agua del Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, como requisito parcial para optar al grado de Master en Ciencias del Agua”.

Aprobado por el Tribunal:

“Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, mayo de 2003.

DEDICATORIA

Para mis hijos Marlon Andrei y Elvira Zaori, que me apoyaron en momentos difíciles y que dieron una parte de su niñez para que fuera posible este logro. A mi familia que siempre estaba a mi lado, aun estando lejos, cuidó de mí y me dio fuerzas para terminar este estudio.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Red Centroamericana para el Manejo de los Recursos Hídricos (Red CARA), y a CIRA – UNAN Managua, que permitieron la realización de la Maestría en Ciencias del Agua en Nicaragua, CIRA – UNAN, Managua.

En la realización de este trabajo mi agradecimiento especial quiero enviar a la dirección de la Bluefields Indian & Caribbean University, universidad que hizo posible este estudio.

Especial agradecimiento para los docentes de la Maestría en Ciencias del Agua, a los trabajadores de CIRA – UNAN Managua, por apoyar este estudio.

A las instituciones, como DANIDA, que hizo posible el sueño de realizar un estudio en la Laguna (Bahía) de Bluefields en la Costa Atlántica. Todos que contribuyeron y me apoyaron en la recopilación de la información, salidas al campo, a los estudiantes de la carrera de Biología Marina.

ÍNDICE GENERAL

| | | | |
|----------|--------|--|----|
| Capítulo | 1. | Introducción | 1 |
| Capítulo | 2. | Antecedentes | 2 |
| Capítulo | 3. | Justificación | 5 |
| Capítulo | 4. | Objetivo general | 8 |
| | 4.1. | Objetivos específicos | 8 |
| Capítulo | 5. | Característica general del sitio de estudio | 9 |
| | 5.1. | Cuenca del Río Escondido | 10 |
| | 5.1.1. | Factores climáticos | 10 |
| | 5.1.2. | Geología y Geomorfología | 11 |
| | 5.1.3. | Características edáficas | 11 |
| | 5.1.4. | Vegetación | 12 |
| | 5.1.5. | Características hidrológicas | 12 |
| | 5.1.6. | Ecología humana | 13 |
| | 5.2. | Cuenca entre Río Escondido y Punta Gorda | 14 |
| | 5.2.1. | Geología y Geomorfología | 14 |
| | 5.2.2. | Características edáficas | 14 |
| | 5.2.3. | Vegetación | 14 |
| | 5.2.4. | Recursos hidrológicos | 15 |
| | 5.2.5. | Ecología humana | 15 |
| | 5.3. | Municipio y la ciudad de Bluefields | 16 |
| | 5.3.1. | Perfil social del Municipio de Bluefields | 16 |
| | 5.3.2. | Factores climáticos | 17 |
| | 5.3.3. | Geología y Geomorfología | 17 |
| | 5.3.4. | Características edáficas | 18 |
| | 5.3.5. | Recursos hidrológicos | 18 |
| | 5.3.6. | Vegetación | 18 |
| | 5.3.7. | Perfil económico del Municipio de Bluefields | 19 |
| | 5.4. | Características generales de la Laguna de Bluefields | 20 |

| | | | |
|----------|----------|--|----|
| | 5.4.1. | Dinámica de las aguas de la Laguna | 20 |
| | 5.4.2. | Vegetación | 21 |
| Capítulo | 6. | Marco teórico | 22 |
| | 6.1. | Característica físico – química del agua | 22 |
| | 6.1.1. | Temperatura | 22 |
| | 6.1.2. | Transparencia del agua y zona eufótica | 22 |
| | 6.1.3. | Conductividad y salinidad | 23 |
| | 6.1.4. | Concentración de oxígeno | 23 |
| | 6.1.5. | Nutrientes | 24 |
| | 6.2. | Estudio del sedimento en la Laguna de Bluefields | 27 |
| | 6.2.1. | Estudio granulométrico | 27 |
| | 6.2.2. | Contenido de materia orgánica | 28 |
| | 6.2.3. | Estudio mineralógico | 28 |
| | 6.2.4. | Contaminantes | 29 |
| | 6.2.3.1. | Sedimentación | 30 |
| | 6.2.3.2. | Hidrocarburos | 35 |
| | 6.2.3.3. | Plaguicidas organoclorados | 37 |
| | 6.3. | Características biológicas | 38 |
| | 6.3.1. | Bacterioplancton | 38 |
| | 6.3.2. | Fitoplancton | 39 |
| | 6.3.3. | Bentos | 42 |
| | 6.4. | Técnicas de correlación | 43 |
| Capítulo | 7. | Metodología | 45 |
| | 7.1. | Tipo de estudio | 45 |
| | 7.2. | Métodos utilizados | 45 |
| | 7.3. | Muestra de estudio | 46 |
| | 7.4. | Colecta y preservación de las muestras | 48 |

| | | | |
|----------|--------|---|-----|
| | 7.5. | Estudio del agua en la Laguna de Bluefields | 49 |
| | 7.6. | Estudio del sedimento en la Laguna de Bluefields | 51 |
| | 7.7. | Características biológicas | 54 |
| Capítulo | 8. | Resultados y discusión | 56 |
| | 8.1. | Caracterización estacional y espacial de aspectos físico – químicos del agua de la laguna de Bluefields | 56 |
| | 8.1.1. | Temperatura | 56 |
| | 8.1.2. | Transparencia del agua y zona eufótica | 58 |
| | 8.1.3. | pH | 60 |
| | 8.1.4. | Salinidad | 60 |
| | 8.1.5. | Oxígeno disuelto | 62 |
| | 8.1.6. | Nutrientes | 63 |
| | 8.2. | Estudio de los sedimentos en la Laguna de Bluefields | 66 |
| | 8.2.1. | Estudio granulométrico | 66 |
| | 8.2.2. | Contenido de materia orgánica | 69 |
| | 8.2.3. | Estudio mineralógico | 72 |
| | 8.3. | Contaminantes | 73 |
| | 8.3.1. | Contaminación por sedimentación en la Laguna | 73 |
| | 8.3.2. | Datación de los perfiles de sedimentos | 74 |
| | 8.3.3. | Hidrocarburos | 93 |
| | 8.3.4. | Plaguicidas organoclorados | 96 |
| | 8.4. | Biota acuática en la Laguna de Bluefields | 104 |
| | 8.4.1. | Bacterioplancton | 104 |
| | 8.4.2. | Fitoplancton | 113 |
| | 8.4.3. | Bentos | 132 |

| | | | |
|----------|------|--|-----|
| Capítulo | 9. | Problemática ambiental existente | 144 |
| | 9.1. | Problemática ambiental del Municipio de Bluefields | 145 |
| | 9.2. | Problemática de la isla de El Bluff | 148 |
| | 9.3. | Problemática de la cuenca del Río Escondido | 150 |
| | 9.4. | Principales problemas ambientales | 153 |
| Capítulo | 10. | Resuman de resultados | 155 |
| Capítulo | 11. | Conclusiones | 157 |
| Capítulo | 12. | Recomendaciones | 159 |
| Capítulo | 12. | Bibliografía consultada | 164 |
| ANEXOS | | | |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|-----|
| Cuadro # 1. La tasa de sedimentación para algunos medios | 31 |
| Cuadro # 2. Puntos de muestreo en la Laguna de Bluefields | 47 |
| Cuadro # 3. Dinámica de las especies de división Bacillariophyta en la Laguna de Bluefields | 125 |
| Cuadro # 4. Los métodos analíticos utilizados para los análisis de laboratorio | 175 |
| Cuadro # 5. Datos de muestreo de campo en la Laguna de Bluefields, 2002 | 176 |
| Cuadro # 6. Fluctuación de pH en la zona de estudio, años 2000–2001 | 177 |
| Cuadro # 7. Fluctuaciones de oxígeno disuelto en los sitios de muestreo | 178 |
| Cuadro # 8. Fluctuaciones de fosfatos en la zona de estudio, año 2001 | 179 |
| Cuadro # 9. Fluctuaciones de nitratos, año 2001 | 180 |
| Cuadro # 10. Fluctuaciones de nitritos, enero – abril, año 2001 | 181 |
| Cuadro # 11. Estudio cualitativo de fitoplancton Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 182 |
| Cuadro # 12. Estudio granulométrico de sedimentos de la Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 185 |
| Cuadro # 13. Estudio de nutrientes en la columna de agua de la Laguna de Bluefields, año 2002 | 186 |
| Cuadro # 14. Límites permisibles para HAP's establecido por Canadá y los Países Bajos y criterios de limpieza desarrollados por la PROFEPA | 187 |
| Cuadro # 15. Densidad poblacional de la división Cyanophyta, 2002 | 188 |
| Cuadro # 16. Densidad poblacional de la división Dinophyta, 2002 | 188 |
| Cuadro # 17. Densidad poblacional de la división Chlorophyta, 2002 | 189 |
| Cuadro # 18. Densidad poblacional de la división Bacillariophyta, 2002 | 190 |
| Cuadro # 19. Densidad poblacional de la división Bacillariophyta, 2002 | 191 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro # 20. Densidad poblacional de la comunidad bentónica de la Laguna, datos febrero 2002 | 193 |
| Cuadro # 21. Datos de plaguicidas organoclorados en los sedimentos de la Laguna de Bluefields, año 2002 | 194 |
| Cuadro # 22. Crecimiento poblacional en la ciudad de Bluefields | 195 |
| Cuadro # 23. Ciclones tropicales que han afectado Nicaragua (1892-1998) | 209 |
| Cuadro # 24. Resumen de los principales problemas ambientales en la Laguna de Bluefields. | 153 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura # 1. Serie del decaimiento de ^{238}U | 32 |
| Figura # 2. Promedios de temperatura del agua de la Laguna de Bluefields, periodo 2000 – 2002 | 56 |
| Figura # 3. Promedios de temperatura en las estaciones, periodo 2000–2002 | 57 |
| Figura # 4. Promedios de transparencia de agua, periodo 2000 – 2002 | 58 |
| Figura # 5. Promedios de transparencia de agua, periodo 2000 – 2002 | 59 |
| Figura # 6. Promedios de salinidad en el agua de Laguna de Bluefields, periodo 2000 – 2001 | 61 |
| Figura # 7. Cambios de salinidad, periodo 2000–2001 | 61 |
| Figura # 8. Promedios de nitritos y amonio en el agua de la Laguna, año 2002 | 63 |
| Figura # 9. Datos de sílice en diferentes estaciones el agua de la Laguna, año 2002 | 64 |
| Figura # 10. Composición granulométrica de los sedimentos en la Laguna de Bluefields, año 2002 | 67 |
| Figura # 11. Contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Laguna de Bluefields, 2002 | 70 |
| Figura # 12. Contenido de materia orgánica en cortes transversales de sedimentos en la Laguna de Bluefields, año 2002 | 71 |
| Figura # 13. Actividad corregida de ^{210}Pb en el perfil de sedimento en delta del Río Escondido, datos febrero 2002 | 75 |
| Figura # 14. Correlación lineal entre el porcentaje de materia orgánica y la actividad de ^{210}Pb en el perfil de sedimento en delta del Río Escondido, periodo cronológico de 255.7 ± 59.1 | 76 |
| Figura # 15. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad de perfil en el delta del Río Escondido, febrero 2002 | 77 |
| Figura # 16. Velocidad o tasa de sedimentación en el delta del Río Escondido, periodo cronológico de 255.7 ± 59.1 | 78 |

| | |
|---|-----|
| Figura # 17. Actividad corregida de ^{210}Pb en el perfil de sedimento frente a la ciudad de Bluefields, datos febrero 2002 | 80 |
| Figura # 18. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad en la estación frente a la ciudad de Bluefields, febrero 2002 | 80 |
| Figura # 19. Tasa de sedimentación durante el periodo cronológico de 183.1 ± 8.9 años en el perfil Frente a la ciudad de Bluefields | 81 |
| Figura # 20. Relación entre la tasa de sedimentación en la estación Frente a la ciudad de Bluefields y la población de la ciudad de Bluefields | 83 |
| Figura # 21. Actividad corregida de ^{210}Pb en el perfil de sedimento tomado en el delta del Río Kukra, datos febrero 2002 | 85 |
| Figura # 22. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad en el delta del Río Kukra, 2002 | 86 |
| Figura # 23. Velocidad de sedimentación durante el periodo cronológico de 183.1 ± 8.9 años en el perfil en el delta del Río Kukra, datos febrero 2002 | 87 |
| Figura # 24. Relación entre las tasas de sedimentación en las tres estaciones de muestreo, 2002 | 88 |
| Figura # 25. Extrapolación de las tasas de sedimentación con la proyección hasta el año 2020 estación Frente de la Ciudad de Bluefields | 89 |
| Figura # 26. Extrapolación de las tasas de sedimentación con la proyección hasta el año 2020 en las deltas de los ríos Escondido y Kukra | 90 |
| Figura # 27. Contaminación por HAP en los sedimentos de estaciones El Bluff y Entrada al Río Escondido en la Laguna de Bluefields | 93 |
| Figura # 28. Contaminación por HAP en los sedimentos de estación Entrada al Río Kukra en la Laguna de Bluefields, año 2002 | 94 |
| Figura # 29. Contaminación por HAP en los sedimentos de estaciones frente de Bluefields en la Laguna de Bluefields, 2002 | 95 |
| Figura # 30. Contaminación por DDT y sus metabolitos en los sedimentos de estaciones frente de Bluefields en la Laguna de Bluefields, año 2002 | 99 |
| Figura # 31. Relación entre la cantidad de materia orgánica y pp – DDT en el perfil de sedimentos tomado en la estación Frente de Bluefields, febrero 2002 | 101 |

| | |
|--|-----|
| Figura # 32. Variación de bacterioplancton en la Laguna de Bluefields | 104 |
| Figura # 33. Correlación entre bacterioplancton y transparencia de agua en la Laguna de Bluefields, mayo 2002 | 106 |
| Figura # 34. Correlación entre bacterioplancton y conductividad en la Laguna de Bluefields, mayo 2002 | 107 |
| Figura # 35. Relación entre bacterioplancton (cel.l^{-1}) y <i>Microcystis aeruginosa</i> (ind.l^{-1}) en la Laguna de Bluefields, mayo 2002 | 107 |
| Figura # 36. Correlación polinomial entre la cantidad de bacterioplancton y clorofila a en agua de la Laguna de Bluefields, mayo 2002 | 108 |
| Figura # 37. Datos de coliformes totales en el agua de la Laguna | 110 |
| Figura # 38. Datos de coliformes totales en la Laguna de Bluefields | 110 |
| Figura # 39. Datos de coliformes fecales en la Laguna de Bluefields | 111 |
| Figura # 40. Datos de coliformes fecales en la Laguna de Bluefields | 112 |
| Figura # 41. Resultados de clorofila a en columna de agua de la Laguna de Bluefields, 2002 | 113 |
| Figura # 42. Contribución de divisiones en la biodiversidad fitoplanctónica de las aguas de la Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 114 |
| Figura # 43. Contribución de divisiones en la biodiversidad fitoplanctónica de las aguas de la Laguna de Bluefields, mayo 2002 | 115 |
| Figura # 44. Contribución de divisiones a densidad poblacional fitoplanctónica, febrero 2002 | 117 |
| Figura # 45. Contribución de divisiones a densidad poblacional fitoplanctónica, mayo 2002 | 117 |
| Figura # 46. Contribución de géneros de Cyanophyta a la abundancia fitoplanctónica, febrero 2002 | 118 |
| Figura # 47. Contribución de géneros de Cyanophyta a la abundancia fitoplanctónica, mayo 2002 | 119 |
| Figura # 48. Abundancia de Cyanophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002 | 120 |
| Figura # 49. Abundancia de Bacillariophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002 | 121 |

| | |
|--|-----|
| Figura # 50. Abundancia del grupo de Chlorophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002 | 121 |
| Figura # 51. Contribución de especies de Chlorophyta a abundancia fitoplanctónica, febrero 2002 | 123 |
| Figura # 52. Contribución de especies de Chlorophyta a abundancia fitoplanctónica, mayo 2002 | 123 |
| Figura # 53. Abundancia de <i>Microcystis aeruginosa</i> , febrero 2002 | 126 |
| Figura # 54. Correlación entre clorofila a y abundancia de la comunidad fitoplanctónica (ind.l ⁻¹), mayo 2002 | 127 |
| Figura # 55. Correlación entre clorofila a y conductividad en la Laguna de Bluefields, 2002 | 129 |
| Figura # 56. Correlación entre clorofila a y oxígeno disuelto en la Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 131 |
| Figura # 57. Cantidad de individuos de bentos (Ind.m ⁻²) en los puntos de muestreo de la Laguna de Bluefields, febrero, mayo 2002 | 133 |
| Figura # 58. Cantidad de individuos de phylum Nematoda (ind.m ⁻²) en los puntos de muestreo de la Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 134 |
| Figura # 59. Cantidad de individuos de los phyla Arthropoda y Annelida en diferentes puntos de muestreo en la Laguna de Bluefields, 2002 | 134 |
| Figura # 60. Contribución de diferentes phyla a comunidad bentónica de la Laguna, 2002 | 136 |
| Figura # 61. Correlación entre bentos y conductividad en la Laguna de Bluefields, febrero 2002 | 138 |
| Figura # 62. Correlación entre bentos y contenido de arena en los sedimentos, febrero 2002 | 140 |
| Figura # 63. Correlación entre bentos y contenido de limo en sedimentos, febrero 2002 | 141 |
| Figura # 64. Correlación entre bentos y contenido de materia orgánica en sedimentos, febrero 2002 | 141 |
| Figura # 65. Correlación entre bentos (ind.m ⁻²) y clorofila a (mg.l ⁻¹), febrero 2002 | 142 |
| Figura # 66. Correlación entre bentos y <i>Microcystis aeruginosa</i> , febrero 2002 | 143 |

ÍNDICE DE DIBUJOS

| | |
|---|-----|
| Dibujo # 1. Ubicación del área de estudio | 197 |
| Dibujo # 2. Mapa de recursos hidrológicos del área de estudio | 198 |
| Dibujo # 3. Mapa topográfico del área de estudio | 199 |
| Dibujo # 4. Puntos de muestreos en la Laguna de Bluefields, 2002 | 200 |
| Dibujo # 5. Dinámica de corrientes superficiales en la Laguna de Bluefields, noviembre 1995 | 201 |
| Dibujo # 6. Dinámica de corrientes superficiales en la Laguna de Bluefields, abril 1995 | 202 |
| Dibujo # 7. Datos de temperatura (° C) en la Laguna de Bluefields, 2002 | 203 |
| Dibujo # 8. Datos de transparencia de agua (m), medida con el disco Secchi, 2002 | 204 |
| Dibujo # 9. Fluctuaciones de salinidad (‰) en la Laguna de Bluefields | 205 |
| Dibujo # 10. Distribución del sedimento en la Laguna de Bluefields, 2002, de acuerdo al contenido de arena y limo | 206 |
| Dibujo # 11. Contenido de materia orgánica en los sedimentos en la Laguna de Bluefields, 2002 | 207 |
| Dibujo # 12. Distribución de clorofila a en el agua en la Laguna de Bluefields, 2002 | 207 |
| Dibujo # 13. Trayectorias de vórtices ciclónicos que han afectado a Nicaragua | 208 |
| Dibujo # 14. Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 0-8 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002 | 210 |
| Dibujo # 15 Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 9-16 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002 | 211 |
| Dibujo # 16. Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 17-24 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002 | 212 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | |
|------------------|-----|
| Fotografía # 1. | 214 |
| Fotografía # 2. | 214 |
| Fotografía # 3. | 215 |
| Fotografía # 4. | 215 |
| Fotografía # 5. | 215 |
| Fotografía # 6. | 216 |
| Fotografía # 7. | 216 |
| Fotografía # 8. | 216 |
| Fotografía # 9. | 217 |
| Fotografía # 10. | 217 |
| Fotografía # 11. | 217 |
| Fotografía # 12. | 218 |
| Fotografía # 13. | 218 |
| Fotografía # 14. | 219 |
| Fotografía # 15. | 219 |
| Fotografía # 16. | 219 |
| Fotografía # 17. | 220 |
| Fotografía # 18. | 220 |
| Fotografía # 19. | 221 |
| Fotografía # 20. | 221 |

RESUMEN

Dumailo, S. 2003. Evaluación De La Problemática Ambiental Por Medio Del Estudio De Algunos Aspectos De Sedimentación Y Contaminación En La Laguna De Bluefields, RAAS, Nicaragua.

La Laguna de Bluefields, conocida como "Bahía de Bluefields", según las características morfométricas y geomorfológicas, es una laguna típica costera. Tiene tres conexiones con el Mar Caribe. Las cuencas, que drenan hacia la Laguna, son las del Río Escondido y Entre el Río Escondido y Río Punta Gorda. La Laguna tiene una importancia ecológica, es la vía principal del acceso entre la ciudad de Bluefields y Puertos de El Rama y El Bluff. En la Laguna se desarrollan actividades de la pesca artesanal. Los estudios realizados en la Laguna de Bluefields en los años 1983, 1996 y 2000, se enfocaron principalmente en la calidad y circulación del agua en este cuerpo acuático. El presente estudio fue realizado en los años 2000 – 2002 en la Laguna de Bluefields y las cuencas adyacentes como un diagnóstico ambiental, que sirva de base para las acciones posteriores desarrolladas en la zona de estudio. En el trabajo presente se actualizaron los datos de parámetros físico – químicos y bacteriológicos de las aguas de la Laguna y se realizó una comparación de estos con los de la Laguna de Perlas. Se estudió las propiedades granulométricas de los sedimentos, indicando que los tamaños de las partículas se disminuyen desde el norte hacia el sur. El estudio de materia orgánica superficial y en los perfiles de los sedimentos, indicó que el área con la mayor cantidad de materia orgánica es la parte sureste de la Laguna. Las tasas de sedimentación, deposición cronológica y flujo de masa seca de los sedimentos en la Laguna, fueron determinados en los lugares ubicados en la entrada de los ríos principales y frente a la ciudad de Bluefields. Los resultados de la datación cronológica indican a un aumento en las tasas de sedimentación en las últimas tres décadas. Se realizó un estudio de los plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en los sedimentos, señalando que la ciudad de Bluefields es la fuente principal de la contaminación en la Laguna, aun que no se pudo establecer la relación directa entre la datación cronológica de los sedimentos y la distribución de los contaminantes. Se determinó la abundancia y la dinámica de la biota acuática y se establecieron las correlaciones de estas con los parámetros físico – químicos de las aguas y de los sedimentos y las tasas de sedimentación. Se relevó la presencia en la Laguna de cianofitas tóxicas, como *Microcystis aeruginosa*. Los datos del diagnóstico y de las entrevistas fueron utilizados en la elaboración de recomendaciones, que pretenden mejorar las condiciones ambientales en la Laguna de Bluefields, a través de la reducción de las tasas de sedimentación y de las entradas de los contaminantes, como plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos a este cuerpo acuático.

Palabras claves: **problemática ambiental, sedimentación, contaminación, plaguicidas organoclorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, Laguna de Bluefields.**

ABREVIACIONES

| | |
|---|--|
| ACDI | Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional |
| alfa -, beta- , delta - BHC (hexaclorociclohexano) | Plaguicida organoclorado |
| APHA (American Public Health Association) | Asociación Americana de Salud Pública |
| CAPRE | Comité Coordinador Regional de Instituciones de Agua Potable y Saneamiento de Centroamérica, Panamá y Republica Dominicana |
| CEE | Comunidad Económica Europea |
| CIAB | Centro de Investigaciones Acuáticas de la Bluefields Indian & Caribbean University |
| CIMAB | Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas |
| CRS | Constant Rate Supply |
| DANIDA | Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional |
| DDT (Dicloro - difenil - tricloroetanol) | Plaguicida organoclorado |
| DRX | Difracción de rayos X |
| ENAP | Empresa Nacional Portuaria |
| ENEL | Empresa Nicaragüense de Electricidad |
| EPA | Enviromental Protection Agency (USA) Agencia de Protección Ambiental |
| FAO | Organización de alimentación y agricultura de Naciones Unidas |
| HPLC (High performance liquid chromatography) | Cromatografía Líquida de alta resolución |
| INDERA | Instituto de desarrollo de Región Atlántica |
| INETER | Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales |
| MINSA | Ministerio de Salud de Nicaragua |
| NMP | Número más probable |

| | |
|-----------|--|
| OMS | Organización Mundial de la Salud |
| PAH | Hidrocarburos aromáticos policíclicos |
| PANIC | Política Ambiental de Nicaragua |
| PEA | Población Económicamente Activa |
| PEMEX | Empresa petrolera de México |
| PROAGRO | Proyectos Agrícolas |
| PROCDEFOR | Proyecto de Conservación y Desarrollo Forestal |
| PVC | Cloruro de polivinilo |
| RAAS | Región Autónoma del Atlántico Sur |
| SNEM | Servicio Nacional de la Erradicación de la Malaria |
| UCA | Universidad Centro Americana |
| UNAG | Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos |

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Nicaragua está conformada por 15 Departamentos y 2 Regiones Autónomas en el Atlántico, con 143 municipios y dividido en 21 cuencas hidrográficas, 13 de las cuales, cubren el 90% del área total del territorio Nacional y drenan hacia el Mar Caribe (Dibujo # 1) (INETER 2002).

La Laguna de Bluefields, objeto del presente estudio, se clasifica como un sistema marino – costero (estuario), que permite la reproducción, crecimiento y migración de las especies acuáticas. Su caudal es alimentado por las cuencas del Río Escondido y varios afluentes ubicados en la parte sur, hasta llegar al Río Punta Gorda.

Por razones históricas la Laguna, como cuerpo receptor, tiene una serie de problemas ambientales, relacionados con el incremento demográfico y por ende de las actividades antropogénicas desarrolladas en los asentamientos humanos del entorno y en las cuencas adyacentes.

La población que vive en sus cercanías, está íntimamente relacionada con ésta, principalmente, en actividades pesqueras, como la captura de especies, camarones, ostiones y escamas. Actualmente, esta constituye la principal vía de acceso nacional entre la ciudad de Bluefields y el Puerto Arlen Siu de la ciudad de El Rama, e internacional a través del Puerto de El Bluff.

Nuestro estudio consistió en la elaboración de un diagnóstico actualizado, de los principales problemas ambientales existentes, sus causas o fuentes; enfatizando identificar su influencia en la biota acuática y proponer recomendaciones para mejorar la situación ambiental en la Laguna de Bluefields.

CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES

Entre los primeros estudios realizados en la Laguna de Bluefields, podemos citar a Richards, (1983), quien hizo las primeras investigaciones sobre la calidad, el movimiento del agua y algunos parámetros físico – químicos. Sus resultados indican, que la velocidad del agua es entre $0.5-0.7 \text{ cm.s}^{-1}$, formando corrientes extremadamente pequeñas en dirección Sur; la transparencia del agua, medida con el disco Secchi, en promedio es de 0.3 m; los valores de la concentración de oxígeno disuelto en el agua están cerca de la concentración de saturación; la variación de los sólidos suspendidos es entre $3000-4000 \text{ mg.l}^{-1}$ y el conteo de bacterias indicadoras de contaminación de origen antropogénica es entre $9000-11000 \text{ ufc.100 ml}^{-1}$ (Palmer 2000).

El trabajo más completo, realizado por el Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB 1996), está basado en los datos del muestreo realizado en los años 1994 - 1995, e identificó los principales problemas ambientales de la Laguna.

Las principales fuentes en la ciudad de Bluefields y puerto El Bluff, que vierten sustancias contaminantes a la Laguna, son:

- Empresas de procesamiento de productos marinos;
- Empresas de procesamiento de madera;
- Empresas de procesamiento de carne;
- Empresas de procesamiento de alimentos;
- Rastro Municipal;
- Hospitales.

Estos residuos domésticos e industriales poseen altas concentraciones de materia orgánica. Las aguas presentan alteraciones en los índices de calidad por la presencia de coliformes, hidrocarburos, plaguicidas organoclorados, que también se acumulan en los sedimentos (CIMAB 1996).

De acuerdo a los datos registrados, los valores promedio de transparencia del agua, medida con el disco Secchi, es de 0.3 m; la concentración de saturación del oxígeno disuelto fluctúa desde 64.25% hasta 125 %, con valores menores en la zona cercana a la ciudad y la concentración de sólidos suspendidos fue entre 200-1134 mg.l⁻¹ (CIMAB 1996).

El heptacloro (valor medio fue de 10.12 ng.l⁻¹) y dieldrín (valor medio fue de 6.85 ng.l⁻¹), fueron detectados en más del 88% de las estaciones, con una amplia distribución fundamentalmente hacia el Lóbulo Norte, que es la zona de mayor influencia antropogénica (CIMAB 1996).

El fitoplancton fue reportado con 64 especies, pertenecientes a 36 géneros, con un promedio en la concentración de clorofila algal (que es la medida de la biomasa algal) de 0.74 • g.l⁻¹ y 1.2 • g.l⁻¹ para los periodos seco y lluvioso respectivamente.

El estudio cuantitativo de las células fitoplanctónicas mostró el carácter eutrófico de sus aguas. La representación del bentos fue de 878 ind.m⁻² y 1070 ind.m⁻² para las épocas lluviosa y seca respectivamente, indicando una diversidad y densidad representativa para esta zona. Los valores de materia orgánica se ubican dentro de las normas para este tipo de estuarios, excluyendo las estaciones cercanas a la ciudad, o en las entradas a los ríos (CIMAB 1996).

Este estudio también indicó, que la degradación del ecosistema lagunar es principalmente un problema sanitario, que afecta la extracción de bivalvos y el desarrollo de pesquería en esta zona y que existe una gran contaminación por los residuos sólidos en las zona litorales (CIMAB 1996).

Entre otros estudios se puede mencionar los del Dr. Palmer, realizados para la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI). La *Escherichia coli*, que es una indicadora de la contaminación fecal, en los sedimentos de la Laguna de Bluefields se acumula y sobrevive durante largos períodos.

De acuerdo con las normas internacionales, las concentraciones de esas bacterias mayores a $500 \text{ ufc.}100\text{ml}^{-1}$ representan un riesgo de enfermedades para la salud pública en las actividades recreativas de natación y de transporte acuático. Las concentraciones mayores de $1400 \text{ ufc.}100\text{ml}^{-1}$ indican una alta posibilidad de enfermedades gastrointestinales (Palmer 2000).

Las altas concentraciones de arcillas y de materia orgánica presentes en los sedimentos, influyen positivamente sobre la acumulación de los pesticidas u otros contaminantes, mediante la adsorción de éstos a las partículas de sedimentos. La Laguna, según el Dr. Palmer, tiene una limitada capacidad de eliminar estas sustancias y se debe controlar las entradas de los contaminantes en lugares de sus descargas.

CAPÍTULO 3. JUSTIFICACIÓN

Los humedales son ecosistemas complejos que sirven como hábitat para muchas especies acuáticas y terrestres. Durante el período lluvioso, evitan las inundaciones y recargan los acuíferos. La pérdida de la vegetación conduce a la erosión del suelo, ya que las raíces de las plantas protegen éste ante la acción de los vientos y de las lluvias (Anonymous 2000).

De acuerdo a la definición de Ramsar (Ramsar 1971), los humedales marinos y costeros incluyen las aguas marinas someras permanentes, en la mayoría de los casos de menos de seis metros de profundidad en marea baja; bahías y estrechos; praderas marinas; playas de arena; estuarios; aguas permanentes de estuarios y sistemas estuarios de deltas; pantanos y esteros intermareales; marismas y zonas inundadas con agua salada, zonas de agua dulce y salobre inundadas por la marea.

Los reportes de la FAO (1997) indican, que en el mundo desde los años 80 aumentó el nivel de deforestación (Foto # 18). De acuerdo al Programa de la Medición de la Radiación Atmosférica de Estados Unidos, actualmente, la destrucción masiva de los bosques tropicales es de 17 millones de hectáreas por año, comparado con 11.3 millones de hectáreas por año para el año 1980 (FAO 1997).

Entre las principales causas de la pérdida de la cubierta vegetal aparecen las quemas de bosques para fines de agricultura, que contribuyen en un 80-85% de las pérdidas anuales de los bosques tropicales en el mundo (Echarri 1998). En los últimos años en la zona de estudio sucedió una serie de incendios que influyeron negativamente a la capacidad regenerativa de la vegetación (DANIDA 1996).

Los fenómenos naturales, como huracanes, contribuyen al proceso de deforestación. Por ejemplo, en octubre del 1988, el Huracán Juana destruyó cerca de 250000 has de bosques en el entorno de la Laguna de Bluefields (CIMAB 1996).

Actualmente, en la zona se observan altos índices erosivos del suelo (Fotos # 11 y # 16). Según los datos existentes, el río Escondido anualmente aporta a la Laguna de Bluefields 4.0×10^6 - 5.4×10^6 m³.año⁻¹ de material suspendido, lo que implica un traslado diario de 1.4 a 22.3 kg.m⁻³ y el río Kukra aporta con 0.6×10^6 – 0.8×10^6 m³.año⁻¹ de material suspendido (PANIC 1993). La distribución del contenido por materia orgánica en la superficie de la Laguna indica, que las mayores cantidades entran por los ríos Kukra y el Escondido (CIMAB 1996).

Los asentamientos humanos y, principalmente, la ciudad de Bluefields (Foto # 1), representan una fuente continua de contaminación para la Laguna por falta de un sistema separado para desagües pluviales y alcantarillado sanitario. Por los datos de DANIDA, 1996, de 3000 pozos excavados en la ciudad de Bluefields 2950 se encuentran contaminados por *Escherichia coli*, en cantidades, que sobrepasan las normas para las aguas potables (CAPRE 1994).

La ciudad de Bluefields tiene una producción de 0.44 kg de basura por habitante al día. Entre desechos domiciliarios y forestales cada día los pobladores de la ciudad de Bluefields producen 88.51 m³ de basura, con una cobertura del servicio de recolección de 53 % (León 2002). Los desechos sólidos se depositan a cielo abierto y son arrastrados hacia la Laguna en la época de lluvias, aumentando el contenido de materia orgánica en los sedimentos (Chang & Tyynismaa 1997).

En la ciudad de Bluefields existen aproximadamente 13 muelles activos (Foto # 4), la mayoría de los cuales no están acondicionados para la recolección de desechos sólidos y almacenamiento del combustible para el transporte acuático. Semanalmente la ciudad de Bluefields consume aproximadamente 12000 galones de gasolina y 4000 galones de diesel (Foto # 7), que son transportados a través de la Laguna de Bluefields (Alcaldía Municipal 1999).

Mensualmente se producen aproximadamente 51 880 galones de aceites usados, que son vertidos a la Laguna o a los suelos. La producción de basura oscila entre 6 y 10 t.año⁻¹, contribuyendo a la contaminación por hidrocarburos en el agua y en los sedimentos de la Laguna (Alcaldía Municipal 1999).

En el puerto internacional El Bluff se encuentran un promedio de 20 embarcaciones diarias, generando 0,12 toneladas de basura al día. Los dos mercados en la ciudad de Bluefields (Foto # 3), industria artesanal, los aserríos, el rastro municipal y las plantas procesadoras de mariscos se ubican en la orilla de la Laguna, contaminándola con los desechos líquidos y sólidos (CIMAB 1996).

Según los datos de Brenes y Hernández (2001), el tiempo de residencia del agua en la Laguna es corto. Durante época seca no sobrepasa 5 días y para el período lluvioso es de dos días. Considerando, que la Laguna de Bluefields es un sistema acuático somero, que experimenta un intercambio continuo entre los sedimentos y la columna del agua, es imposible hablar de la calidad del agua sin tomar en cuenta la composición biológica y química de los sedimentos.

Por la poca profundidad de la Laguna existe un riesgo, que con el aumento en la tasa de sedimentación, el área total de la Laguna se disminuirá sustantivamente hasta desaparecer. De esta manera se limitará su importancia como la vía para el transporte acuático y se afectará el hábitat natural de la biota. Esto podría causar la disminución en las actividades comerciales y económicas desarrolladas en la zona.

CAPÍTULO 4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar una evaluación actualizada de la problemática ambiental, incorporando algunos aspectos de la sedimentación y contaminación de la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la variación de los parámetros físico – químicos y bacteriológicos del agua de esta laguna costera, durante el periodo 2000 – 2002.
- Determinar cronológicamente el flujo de masa seca y las tasas de sedimentación, que permita inferir sobre las tendencias de este cuerpo acuático.
- Determinar la distribución de los plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en la columna de sedimentos en la Laguna de Bluefields.
- Determinar las influencias de algunos factores abióticos sobre los componentes biológicos en el plancton y macrozoobentos.
- Evaluar la problemática ambiental existente y proponer algunas recomendaciones dirigidas a reducir el impacto provocado por sedimentación y contaminación de origen antropogénico en la Laguna de Bluefields.

CAPÍTULO 5. CARACTERÍSTICA GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO

La Costa Atlántica tiene un área de 130,000 km², con un 5% de la población total del país y con una densidad de 4 hab.km⁻² (ÍNDERA 1994). El área de estudio se ubica principalmente en la RAAS, incluyendo la Laguna de Bluefields y las cuencas del río Escondido y entre el río Escondido y el río Punta Gorda (Dibujo # 1).

La cuenca del río Escondido es una de las más grandes del país y está localizada entre las coordenadas 11° 40' a 12° 40' de latitud norte, y 83° 30' a 85° 15' de longitud oeste de Greenwich. La superficie aproximada es de 11650 km². La mayor parte de la cuenca se encuentra en el departamento Zelaya, aunque, las cabeceras de los ríos Mico y Siquia se localizan en las montañas de los Departamentos de Chontales y Boaco y la cabecera del Río Rama se encuentra en el Departamento de Río San Juan (DANIDA 1996).

La cuenca entre el río Escondido y el río Punta Gorda comprende varios ríos, que se desembocan en la parte sur de la Laguna de Bluefields. Entre los principales ríos podemos mencionar Kukra, Torsuani y el Docuno.

5.1. CUENCA DEL RÍO ESCONDIDO:

La cuenca limita al este con el Mar Caribe, al occidente con el Departamento de Chontales, al norte pasa al Sur del cerro Wawashang y el límite meridional pasa al sur de la colonia nueva y de Muhan. El área de la cuenca del Río Escondido, está conformado por los siguientes municipios: Juigalpa, Santo Domingo, La Libertad, San Pedro de Lovago, Santo Tomas, Villa San Francisco, La Gateada, Acoyapa, Muelle de los Bueyes, Cara de Mono, Nueva Guinea, El Rama y Bluefields (dibujo #2).

5.1.1. Factores climáticos:

El clima en la cuenca del Río Escondido se caracteriza por tener temperaturas cálidas durante todo el año y una estación lluviosa prolongada. En la parte baja de la cuenca se registra una temperatura media anual de 26.0° C, la cual va descendiendo en la parte media con 25.7° C hasta llegar a los 24.0° C en la parte alta. Las épocas más calurosas del año son marzo-mayo, y septiembre – octubre y se observa una disminución de la temperatura de diciembre a febrero (DANIDA 1996).

La cantidad de precipitación en la cuenca aumenta de oeste a este. De acuerdo a los datos de la estación meteorológica de la ciudad de El Rama, la media anual de la precipitación es de 2683.1 mm (INETER 1969-2002).

Los vientos más fuertes ocurren de diciembre a febrero. Los huracanes del Atlántico llegan a influenciar la dirección y velocidad de las corrientes de aire. La evaporación media anual de la cuenca es de 1597mm, los períodos de menor humedad relativa son febrero - abril y septiembre – noviembre con 73 - 82% (DANIDA 1996).

5.1.2. Geología y Geomorfología:

La cuenca del Río Escondido puede ser dividida en dos provincias fisiográficas (dibujo # 3) que son: la provincia de la planicie Costera del Atlántico, donde prevalece el efecto de la erosión en la parte montañosa y la parte inferior, con excesiva sedimentación, o la provincia de las estribaciones del Atlántico (INETER 1995).

La cuenca principalmente está constituida por una geología del período Terciario. Se encuentran basaltos, aglomerados andesíticos y andesitas en mayor parte de la cuenca (7600 km²). Tobas, brechas, ignimbritas, dacitas y riolitas se encuentran en la planicie del Rama y tierras altas de los ríos Mico y Siquia. Los sedimentos fluviales se encuentran a lo largo de los ríos Siquia, Mico, Rama y la mayoría de las provincias costeras (DANIDA 1996).

5.1.3. Características edáficas:

En la cuenca del Río Escondido se agrupan suelos arcillosos, con más del 50 % de piedras en la superficie y con numerosos afloramientos rocosos; y suelos francos arcillosos, con relieve ondulado a montañoso, desarrollado de basaltos y andesitas, con una superficie de 6800 km² aproximadamente. Los suelos pobremente drenados se encuentran en la parte inferior de los ríos Siquia, Mico, Rama y Kama y en las depresiones de la planicie de Nueva Guinea (DANIDA 1996).

5.1.4. Vegetación:

Inicialmente, en toda el área predominaba un bosque tropical denso, representado por centenares de especies de follaje. El desarrollo de la agricultura y de la ganadería (avance de la frontera agrícola) y la construcción de trochas, facilitaron una disminución drástica del recurso en más de 50% (aproximadamente 7000 km²). El área boscosa actual está localizada, principalmente, en la parte oriental de la cuenca. El bosque está constituido por tres o cuatro pisos de comunidades arbóreas con treinta metros de altura en el estrato dominante (DANIDA 1996).

5.1.5. Características hidrológicas:

La cuenca se subdivide en tres sub cuencas: del río Siquia de 4571 km², del río Mico de 2004.7 km² y del río Rama de 2510 km² de extensión (ver dibujo # 2). Las aguas superficiales son abundantes por las altas precipitaciones y el gran tamaño de las cuencas, que cuentan con numerosos ríos y afluentes navegables (INETER 2002).

La principal vía fluvial la constituye el río Escondido, que descarga anualmente 26.5×10^9 m³ de agua dulce en la Laguna de Bluefields (PANIC, 1993). Este río comienza por la confluencia de los ríos Rama, Mico y Siquia en la ciudad de El Rama y desemboca en el mar Caribe a través de la Laguna de Bluefields, donde forma una barra arenosa, que constituye un impedimento a la navegación. Entre El Rama y la ciudad de Bluefields hay dos afluentes del río Escondido: los ríos Kama y Mahogany. El río Escondido es navegable para los barcos desde El Bluff hasta El Rama. Los ríos Rama, Mico y Siquia son navegables hasta Guadalupe, El Recreo y la Esperanza, respectivamente (DANIDA 1996).

5.1.6. Ecología humana:

Las principales actividades económicas en la cuenca del Río Escondido son: la minería y la ganadería en la parte alta de la cuenca; la ganadería y la industria láctea en la parte intermedia; la explotación forestal y la pesca en la parte baja de la cuenca. Las actividades agrícolas están dirigidas a la siembra de pastos para la ganadería y agricultura de subsistencia (DANIDA 1996).

De acuerdo a los datos de INETER (1993), en Chontales el 52% del suelo tiene uso potencial de tipo forestal, aunque, actualmente, el 86% de la tierra se usa para la producción agropecuaria por ser una zona lluviosa, y poseer una topografía adecuada y un 14% de suelo es boscoso. La Población Económicamente Activa (PEA) de Chontales es de 58920 personas, con una PEA urbana de 40463 y rural de 18457 personas (DANIDA 1996).

5.2. CUENCA ENTRE EL RÍO ESCONDIDO Y PUNTA GORDA:

Esta cuenca comprende una extensión de 1592.96 km² (Dibujo #1). Limita en el Norte con la cuenca del Río Escondido y en el Sur con la del río Punta Gorda. La temperatura promedio es de 26-27° C y los niveles de precipitación se reportan de 3936.2 mm anuales (INETER, 1964-2002).

5.2.1. Geología y Geomorfología:

Las elevaciones varían de 0 a 50 metros sobre el nivel del mar. Los cerros y lomas son del periodo Terciario, con rocas básicas altamente intemperizadas por la humedad y temperaturas altas (Dibujo # 3). Hay sedimentos fluviales a lo largo del río Kukra, en los terrenos inundados con un drenaje pobre, que se extiende hasta la Laguna de Bluefields (DANIDA 1996).

5.2.2. Características edáficas:

En la cuenca se encuentran suelo arcilloso en la parte más alta, suelo pantanoso y mal drenado en la parte media y cerca de la Laguna de Bluefields (INDERA 1994). Los suelos son de vocación forestal y no son aptos para cultivos agrícolas, ni para los pastizales para la ganadería extensiva.

5.2.3. Vegetación:

Predominan los bosques tropicales sempervirentes y los bosques de pantanos de agua dulce, incluyendo yolillales y manglares en las áreas de inundación (Incer 1995). Actualmente, la deforestación es el problema principal en esta cuenca.

5.2.4. Recursos hidrológicos:

Al sur de la Laguna de Bluefields desemboca el Río Kukra de 90 km de longitud. Su cabecera, formada por los caños Colorado, Papa Abraham, Poza Azul, El Caudal, El Limón y La Toboa se ubica en el Cerro Silva (Dibujo #2). El curso del río es selvático, recorre zona pantanosa cubierta de yolillo y es navegable solo por embarcaciones pequeñas. Descarga anualmente a la Laguna de Bluefields 3.8×10^9 m³ de agua dulce (PANIC 1993). Sus tributarios son Caño Maíz, El Pavón, Negro, Las Pavas, Montain Cow.

El río Torsuani es de 35 km de longitud. Desemboca en el área pantanosa en el extremo sur de la Laguna de Bluefields. Sus afluentes son los caños El Guapote, David, Salomón Big y Nakuna. Desemboca junto a la punta Red Bank en la Laguna de Bluefields.

5.2.5. Ecología humana:

Las principales actividades económicas en la cuenca son los cultivos de subsistencia en la cabecera del río Kukra, algunos cultivos de palma africana, ganadería, actividades pesqueras en la Laguna y alta mar, el turismo, navegación y recreación.

5.3. MUNICIPIO Y LA CIUDAD DE BLUEFIELDS:

El Municipio de Bluefields pertenece a la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS) y se localiza en el litoral del Mar Caribe, entre los 11° 40´ a 12° 04´ de latitud Norte y entre los 83° 30´ a 83° 59´ de longitud Oeste. Considerando el área total del Municipio de Bluefields de 4774.75 km², la densidad poblacional es de 8.9 hab.km⁻².

5.3.1. Perfil social del Municipio de Bluefields:

Existen más de 28 comunidades rurales con una densidad promedio de 1.65 hab.km⁻² (Zamora 2000). Los mestizos componen el 80% de la población rural. Las zonas con mayor incremento poblacional en las áreas rurales son Kukra River, Río Kama y Punta Gorda (Alcaldía Municipal 2002).

Es la única zona de Nicaragua en que habita el grupo étnico Rama, en las comunidades de Rama Cay y Long Beach. La comunidad de Ramas tiene una estrecha relación con la Laguna por la tradición de la caza y de la pesca.

Existe una alta tasa de emigración por parte de creóles hacia fuera del país en búsqueda de trabajo, e inmigración de campesinos, originarios de los departamentos centrales y del Pacífico del país. Esta población ejerce la principal presión para el avance de la frontera agrícola dentro del territorio de la RAAS (Alcaldía de Bluefields 1999).

El 83% de la población está ubicada en la ciudad de Bluefields, que es una ciudad mediana, conforme la categoría del Sistema Nacional de Asentamientos, con la densidad de 81.45 habitantes por hectárea. En general la ciudad está dividida en 17 barrios, con un total de 40446 de habitantes y 7455 de viviendas (Zamora 2000).

El puerto El Bluff tiene una densidad de población de 1800 hab.km⁻², siendo una de las comunidades más poblada de la RAAS (CIMAB 1996) (Dibujo #3).

5.3.2. Factores climáticos:

Se utilizaron los datos registrados por la estación meteorológica de la ciudad de Bluefields (INETER 2002), localizada en los 12° 00' N y 83° 46' W, con una elevación de 27 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 26° C. Las temperaturas máximas se reportan en los meses de abril y mayo (27.1° C) y las temperaturas mínimas en el mes de enero (25° C).

La precipitación promedio anual es de 4140.1 mm (NETER 1958 – 2002). Los meses más secos son Marzo y Abril, y los más lluviosos son Julio y Agosto. La costa del caribe Nicaragüense es afectada por ciclones y tormentas tropicales. Los meses de Septiembre y Octubre se consideran de mayor riesgo (UCA, ENAP 1995).

En la zona predominan los vientos en la dirección Noreste, con las velocidades medias de 3.6 m.seg⁻¹. Mayores velocidades se observan durante los meses de diciembre y enero (4.3 – 4.4 m.seg⁻¹) y el mes más calmo es el de septiembre (2.8 m.seg⁻¹) (UCA, ENAP 1995).

5.3.3. Geología y Geomorfología:

La planicie de Bluefields se extiende al Oeste de la ciudad, hasta el río Kukra en el Sur y hasta el Caño Negro en el Norte. Se caracteriza con elevaciones entre 0 a 50 m.s.n.m. La mayor parte de la ciudad de Bluefields se ha desarrollado en la zona plana por debajo de los 30 m.s.n.m. Geológicamente, la zona está constituida por rocas, principalmente andesitas y tobas andesíticas y basaltos (INDER 1991).

5.3.4. Características edáficas:

Los suelos son ácidos, ricos en aluminio, hierro y sílice con un pH entre los 4.5 a 5.5. Son de naturaleza arcillosa, formados a través de la erosión y la sedimentación; de baja fertilidad y fácilmente erosionables, su vocación es forestal (Sánchez 1984).

5.3.5. Recursos hidrológicos:

Una de las principales fuentes de agua potable para los pobladores de la zona se considera el río Sconfra.

La ciudad de Bluefields está atravesada por una serie de ríos o caños, que transportan el drenaje pluvial y una parte de los desechos líquidos de origen doméstico e industrial hacia la Laguna de Bluefields. En los meses de lluvia el escurrimiento presenta considerables fluctuaciones. Los ríos principales son:

- Caño Miller, con aproximadamente 2 km de longitud, localizado en la parte Norte de la ciudad. Separa el barrio Pancasán del resto de la ciudad.
- Caño Gumboat, un poco más al Sur del caño Millar, aproximadamente con 4 km de longitud, al cual se une el caño el Pool.
- Caño El Muerto o Walpatara, aproximadamente con 5.1 km de longitud, un poco mas al Sur del casco urbano separando el Barrio Santa Rosa del resto de la ciudad.
- Caño Fátima aproximadamente con 1 km de longitud, el cual esta localizado al Norte del caño El Muerto (Zamora 2000).

5.3.6. Vegetación:

La vegetación predominante se caracteriza por grandes áreas de pastos naturales, arbustos, malezas y en menor parte bosques secundarios. Estos se encuentran en las partes altas de los nacimientos de caños. En la parte baja de los caños o ríos se encuentran especies de palmáceas y gramíneas, resistentes a problemas de mal drenaje (PROCDEFOR 2000).

5.3.7. Perfil económico del Municipio de Bluefields:

Las principales actividades productivas del Municipio son: la pesca, la agropecuaria y la actividad maderera. Las comunidades, que se dedican a la pesca son Bluefields, El Bluff, Rama Cay y Torsuani. Los productos principales de la actividad pesquera son camarones, langostas, especies de escama y tiburones.

El avance de la frontera agrícola en el Municipio lleva dos rutas: una que viene hacia la ciudad y la otra, proveniente de los alrededores de la ciudad de Bluefields. Los cultivos agrícolas constituyen un 8,28% del área disponible (Alcaldía de Bluefields 1999).

La ciudad de Bluefields no cuenta con un plan de ordenamiento urbano. El comercio y los servicios están concentrados en el barrio Central. La ciudad de Bluefields tiene dentro del casco urbano el 71.03 % del suelo ocupado, de los cuales el 53.92 %, está destinado para el uso habitacional (Romero 2001).

5.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LAGUNA DE BLUEFIELDS:

La Laguna tiene un área total de 176 Km², con una longitud promedio de 30.5 km, un ancho promedio de 6 km y posee una profundidad media de 1 m, posee numerosas islas. Se conecta con el Mar Caribe en el sur a través de la Barra de Hone Sound y en el norte por la Barra del puerto El Bluff (Dibujo # 3). Al norte de la laguna desembocan los ríos Escondido, Sconfra, Caño Negro y al sur el Docuno, Torsuani y el Kukra River (CIMAB 1996).

5.4.1 Dinámica de las aguas de la Laguna:

Las mareas en la Laguna de Bluefields presentan un carácter mixto, con dos pleamares y dos bajamares en un periodo de 24 horas. La amplitud media de la marea oscila entre 0,22 y 0,24 metros, lo que genera corrientes de importancia. La batimetría de la Bahía determina una zona poco profunda, que se extiende desde el lóbulo sur hasta frente al poblado de Bluefields y otra, más profunda, al norte. En el lóbulo sur, la circulación de las aguas es reducida. En el lóbulo norte existe un mayor intercambio de las aguas de la Laguna con el mar abierto. En ambas zonas los vientos y las mareas influyen sobre la circulación del agua (CIMAB 1996). La tasa de intercambio entre la Laguna y el océano está controlada por el aporte de agua dulce (Brenes & Hernández 2001) (Dibujo # 4).

Durante el periodo seco, en llenante, las aguas del mar entran a través de El Bluff y la Barra Hone Sound hacia el interior de la Laguna y durante el vaciante el proceso se invierte (Dibujo # 6). Durante el periodo de lluvias, las precipitaciones dan lugar a gradientes horizontales de densidad a lo largo de la laguna, y forman una corriente principal con la dirección al sur (dibujo # 5). Durante la llenante a través de El Bluff el agua del océano penetra hacia el interior de la Laguna, empujando el agua fresca hacia el sur. Durante el vaciante las aguas frescas se descargan hacia el mar a través de El Bluff y la Barra de Hone Sound, conservando una circulación con el fuerte componente sur (CIMAB 1996).

5.4.2. Vegetación:

El sistema de humedales de la Laguna de Bluefields desempeña la función de evitar las inundaciones, captar los sedimentos provenientes de las partes altas de las cuencas y recargar los acuíferos. Los humedales incluyen ecosistemas salados, salobres y dulceacuícolas, distribuidos en el entorno de la Laguna. La vegetación principalmente está representada por bosques de manglar, pantanos con asociación de ciperáceas, matorrales y bosques latifoliados de hojas perennes, arbustos, pinos, las palmas, yolillo *Raphia taedigera* y las especies de mangles (Bouwsma *et al.* 1997).

CAPÍTULO 6. MARCO TEÓRICO:

6.1. CARACTERÍSTICA FÍSICO – QUÍMICA DEL AGUA.

6.1.1. Temperatura:

Se utiliza mucho en la evaluación de la calidad del agua, aunque depende de factores como: presencia de efluentes industriales, la vegetación local, condiciones meteorológicas como nubosidad, viento y presión atmosférica. La temperatura influye mucho sobre el hábitat de los organismos acuáticos, afectando la velocidad de procesos químicos y bioquímicos. Los valores alterados o muy bajos de temperatura pueden ser letales para muchas especies (Heathcote 1998).

6.1.2. Transparencia del agua y zona eufótica:

En los cuerpos acuáticos la presencia de la materia orgánica e inorgánica, el plancton y las partículas disueltas y en suspensión, hacen, que el agua sea menos transparente, que la columna del agua pura. La turbidez del agua se define como el grado de opacidad, producido por la materia y las partículas suspendidas. La zona eufótica de un lago o río, es la zona donde se realiza la fotosíntesis y llega hasta la profundidad a la cual se extingue el 99% de la luz incidente. Por debajo de esta zona la productividad primaria es prácticamente nula. Para la medición de la zona eufótica se utiliza el disco Secchi. Multiplicando la transparencia del disco Secchi por el coeficiente de atenuación 2.7, se obtiene la profundidad de la zona eufótica (Pérez 1992).

6.1.3. Conductividad y salinidad:

La conductividad depende de la capacidad, que tiene una solución de conducir una corriente eléctrica en función de la concentración de los iones presentes. La conductividad eléctrica se correlaciona con la salinidad. La salinidad del agua se determina como la concentración total de los componentes iónicos (Metcalfé *et al.* 1966).

La salinidad cambia dependiendo de las condiciones climáticas e influye sobre los cambios estacionales en la composición, la densidad y la migración de las especies acuáticas, calidad del agua alrededor de los asentamientos humanos u otras variables, como, por ejemplo, oxígeno disuelto, pH y sólidos totales disueltos. Aguas muy oligotróficas y pobres en iones, presentan bajas conductividades (Pérez 1992).

6.1.4. Concentración de Oxígeno:

La concentración del oxígeno disuelto es un parámetro primordial para determinar la calidad del agua. Existen dos fuentes principales del oxígeno en el agua: por la difusión de la atmósfera o por la fotosíntesis. El oxígeno se distribuye en el medio acuático a través de la circulación del agua por la diferencia en la densidad de las capas o por los vientos. La cantidad del oxígeno es mayor en la zona eufótica y disminuye rápidamente en la zona afótica, donde ocurre la descomposición de la materia orgánica (Pérez 1992).

La solubilidad del oxígeno en el agua se relaciona inversamente con la temperatura y la salinidad, y depende de la actividad biológica. El oxígeno influye en la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos (Wetzel 1981).

La mayoría de los animales acuáticos necesitan para su crecimiento y reproducción las cantidades adecuadas de oxígeno disuelto. Las cantidades bajas de oxígeno pueden observarse en las entradas de efluentes de contaminación (Heathcote 1998).

6.1.5. Nutrientes:

Son esenciales para mantener el crecimiento de los tejidos biológicos. Los principales nutrientes son: fósforo, nitrógeno y sílice. En ambientes marinos se observa abundancia de fósforo y poca cantidad de nitrógeno, mientras, que en ambientes de agua fresca, se observan grandes cantidades de nitrógeno y pocas cantidades de fósforo (Contreras *et al.* 1995).

La ley del mínimo de Leibig indica, que la proliferación de las plantas acuáticas está controlada por la disponibilidad de un nutriente único (limitante). De acuerdo a estudios bioquímicos, existe una relación molar entre C : N : P en el protoplasma de las algas. Los datos obtenidos en el oeste del océano Atlántico indicaron la relación entre nitrógeno y fósforo: N: P = 16: 1 (Contreras *et al.* 1995).

El índice N: P (inorgánico) en lagunas costeras tiende a ser bajo, manifestando una relativa limitación de formas nitrogenadas. Una relación N: P menor a 5, es interpretada como una limitación de nitrógeno; la relación mayor a 10, se considera como indicativa de una limitación de fósforo (Contreras *et al.* 1995).

El aumento en nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo estimula el desarrollo de algas y puede ocasionar la eutrofización, que es una alteración grave en muchos ecosistemas acuáticos, incluyendo zonas costeras (Vollenweider *et al.* 1992).

En los estuarios las concentraciones más elevadas de nutrientes se observan después del período de lluvias, cuando además de los elementos autóctonos, se suman los provenientes del arrastre terrígeno, originado por los ríos. Las concentraciones mínimas se detectan después del florecimiento fitoplanctónico primaveral (Contreras *et al.* 1995).

6.1.5.1. Fósforo total:

En la mayoría de los casos, el fósforo es el nutriente limitante para las algas. El fósforo no tiene una base volátil, y no sufre procesos de oxidación y reducción, forma precipitados altamente insolubles con Ca, Mg y Fe de tal manera, que se está eliminado de la columna del agua hacia los sedimentos. El fosfato puede ser reducido en raras ocasiones a fosfito, hipofosfito y fosfina (Wetzel 1991).

Se han efectuado numerosos estudios, que relacionan la biomasa de las algas en los lagos con el contenido del fósforo. En estos estudios la biomasa algal se determinó por el contenido de clorofila a, que es una sustancia química fácil de medir y es exclusiva de los organismos fotosintéticos. El fósforo total y la clorofila a están relacionados directamente (Wetzel 1991).

6.1.5.2. Nitrógeno y sus formas:

6.1.5.2.1. Amonio: El amonio es una forma muy común en los ecosistemas costeros y su permanencia es constante a lo largo del ciclo anual. En general, la cantidad del amonio presente en las aguas lagunares está íntimamente relacionada con los procesos biológicos heterotróficos en la columna del agua y en los sedimentos. El amonio es la forma dominante del nitrógeno total inorgánico y contribuye con 60 al 98 % de las formas nitrogenadas (Contreras *et al.* 1995).

6.1.5.2.2. Nitratos y nitritos: Los valores promedios de estas formas nitrogenadas tienden a ser más bajos, comparados con los del amonio. Se conoce, que diferentes formas de fitoplancton tienen preferencia por diferentes nutrientes. Las formas nanofitoplanctónicas manifiestan una considerable aportación a la biomasa total del fitoplancton y prefieren amonio, mientras que el micro fitoplancton consume mayormente los nitratos (Contreras *et al.* 1995).

6.1.5.3. Sílice:

Se presenta en el agua en forma coloidal y soluble. Las diatomeas utilizan sílice como parte de las estructuras de sus esqueletos, para las cuales este nutriente puede ser limitante. En muchos ecosistemas acuáticos la sílice se encuentra en cantidades excesivas (Contreras *et al.* 1995).

6.2. ESTUDIO DEL SEDIMENTO EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS.

6.2.1. Estudio granulométrico:

Las lagunas costeras contienen sustratos aptos para el desarrollo de la fauna bentónica. Los sustratos se llaman sedimentos, cuando la talla media de los granos es inferior a 1 cm. Los sedimentos se dividen por el tamaño de las partículas en:

- arena de 2 a 0.02 mm;
- limo de 0.02 a 0.002 mm;
- arcilla menor que 0.002 mm.

La composición granulométrica de los sedimentos expresa las proporciones relativas de los elementos gruesos, con las partículas superiores a los 2 mm, y las partículas menores de 2 mm, clasificadas en categorías de tierras finas (López 1990).

- Sedimentos arenosos son ligeros, de buen drenaje interno y de baja capacidad retentiva.
- Sedimentos franco arenosos: son medios, con las características más atenuadas que los arenosos.
- Sedimentos francos – limosos y franco arcillo - arenosos son medios.
- Sedimentos franco – arcillosos – limosos y francos – arcillosos son pesados (López 1990).

La lixiviación en suelos arenosos y grava es más rápida, que en suelos arcillosos. La capacidad de retener los contaminantes, la permeabilidad, conductividad hidráulica y espacio poroso dependen de la textura de los sedimentos. Para los compuestos orgánicos no polares, generalmente no existe correlación entre el contenido de arcilla y la adsorción (Jury 1989).

6.2.2. Contenido de materia orgánica:

En los sistemas acuáticos someros los productos derivados de la producción primaria se sedimentan en el fondo. Los sedimentos son fundamentalmente de origen terrígeno y la materia orgánica está compuesta en su mayoría por los restos vegetales. En las zonas adyacentes a los puertos y asentamientos humanos los sedimentos están contaminados por descargas de las aguas residuales y actividad marítimo - portuaria.

6.2.3. Estudio mineralógico:

La difracción de rayos X (DRX), es una técnica analítica con una gama de usos muy amplia. Se utiliza en los laboratorios de investigación, así, como en la industria para la característica de los materiales y para el control de proceso.

Los usos típicos son en la geología, mineralogía, en química orgánica e inorgánica, física, investigación de los materiales, arqueología, investigaciones ambientales y en las diferentes industrias.

El principio del método se puede explicar por la "reflexión" de los rayos X de los planos de átomos equidistantes paralelos. Si esos rayos son reflejados y luego pasan por un cristal, su difracción puede ser observada, si estos rayos no son absorbidos o cancelados por la interferencia.

La ley de Bragg es la condición, donde los rayos se interfieren positivamente (se suman en la fase) y producen un rayo fuerte.

La ley de Bragg: $n \lambda = 2d \sin \theta$,

Donde n es el número integral descrito en orden de reflexión, λ es la longitud de rayos X, d es el espacio entre los planos y θ es el ángulo de Bragg, donde ocurre la máxima intensidad de difracción. En otros ángulos se observa una difracción negativa.

Debido a que los espacios d tienen una medida expresada en Angstrom, ($1 \text{ \AA} = 0.1 \text{ nm}$), no se pueden utilizar los rayos de la luz visible y se utilizan los rayos X para la difracción. En los estudios la longitud de onda λ esta dada en el tubo que emite rayos X, y las evaluaciones se utilizan de acuerdo a la ley de Bragg con $n=1$.

En un cristal los átomos se encuentran distribuidos en un orden específico, y la distribución espacial de los numerosos planos paralelos característicos, nos indica el origen del mineral estudiado. Cada fase cristalográfica demuestra un sistema característico de distribución de d , que puede ser fácilmente distinguida de acuerdo a las difracciones características de las intensidades, que corresponden a los ángulos de Bragg (Brindley 1961).

6.2.4. Contaminantes:

Se distingue dos tipos de procesos contaminantes: los "puntuales", que afectan las zonas muy localizadas y los "difusos", que provocan contaminación dispersa en las zonas amplias, en las que no es fácil identificar un foco principal. Desde la mitad del siglo pasado se han producido el aumento en los niveles de componentes de origen natural como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), y los compuestos xenobióticos como los plaguicidas. Desde los años 60, se han tomado las medidas reguladoras tratando de disminuir la cantidad de agentes contaminadores que entran a las aguas naturales (Valette-Silver & Bricker 1993)

Casi sin excepción los estudios publicados muestran, que la contaminación del sedimento aumentó en los últimos años del siglo XIX, aceleró en el siglo XX, alcanzando su máximo en las últimas tres décadas (Valette-Silver 1993).

6.2.4.1. Sedimentación:

El aumento continuo de la sedimentación es una de las causas principales de afectación de la vida acuática, acentuándose en el cambio del hábitat para el bentos, y la disminución en la transparencia del agua de las lagunas costeras, que puede limitar el desarrollo del fitoplancton y aumentar la cantidad del bacterioplancton. La velocidad o la tasa de sedimentación están relacionada con la génesis de un estrato (Arche *et al.* 1992).

Se puede calcular la tasa de sedimentación por observación directa, métodos radiométricos, medidas de espesores de láminas sedimentarias, por procesos de duración conocida, modelos matemáticos (Cuadro # 1). Se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Forma y relieve de la cuenca drenada;
- Erosionabilidad de los suelos;
- Relación superficial de la cuenca drenada / cuenca sedimentada. Esta relación es opuesta al tiempo de relleno (Arche *et al.* 1992).

Erosión - es el desplazamiento de suelos debido a la fuerza de la lluvia o del agua en movimiento, del viento, de la fuerza gravitacional o debido a las actividades humanas (Ramos 2002).

Sedimentación - es el proceso mediante el cual se mezclan con el agua partículas desprendidas del terreno, partículas de superficies pavimentadas y partículas de desechos de actividades humanas; y su deposición en los cuerpos de agua y estructuras relacionadas (Ramos 2002).

Cuadro # 1. La tasa de sedimentación para algunos medios.

| MEDIO | TASA |
|-----------------------------|----------------------------------|
| Fluvial | 1 - 18 cm.año ⁻¹ |
| Lagos | 0.3 cm.año ⁻¹ |
| Ambiente Palustre | 0.15 - 2 cm.año ⁻¹ |
| Llanura mareal | 1 - 2 cm.año ⁻¹ |
| Estuarios | 0.15 - 0.6 cm.año ⁻¹ |
| Deltas | 1.5 - 2 cm.año ⁻¹ |
| Golfos | 0.1 cm.año ⁻¹ |
| Plataforma continental | tasas muy variables |
| Arrecifes (zona de corales) | 1 - 4 mm.año ⁻¹ |
| Arrecifes (zona de algas) | 2 -7 mm.año ⁻¹ |
| Arrecife (general) | 0.033 - 1.4 cm.año ⁻¹ |
| Zona pelágica | 1 mm cada 1.000 años |
| Turbiditas actuales | 0.04 mm.año ⁻¹ |

Datos: Arche *et al.* 1992.

Existen dos tipos de erosión: natural y causada por el hombre. Para la erosión natural pueden ser establecidos los controles, aun que es difícil de manejar. La erosión causada por el hombre se debe controlar y evitar. La erosión provoca la pérdida de la capa fértil de los suelos, destruye carreteras, puentes y casas, rellena alcantarillados y canales, reduce la capacidad de almacenamiento de las represas y lagos, y el valor recreativo de las playas. Los manglares son protectores naturales de la costa contra la erosión (Ramos 2002).

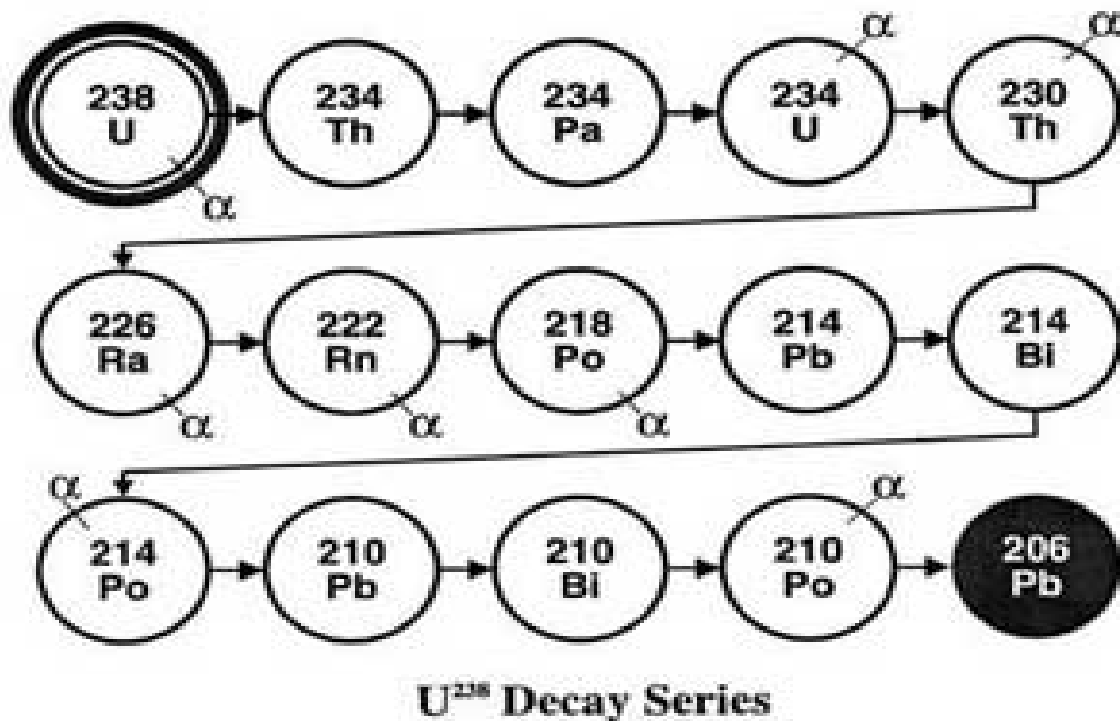
La sedimentación en los cuerpos de agua interfiere con la penetración de la luz solar y reduce la cantidad del oxígeno disuelto, poniendo en peligro la vida de los organismos acuáticos. Muchos sedimentos cargan las sustancias tóxicas agrícolas e industriales (Ramos 2002).

Entre las principales fuentes de sedimentación podemos mencionar la deforestación, que deja los terrenos expuestos a la acción directa de la lluvia y del aire y aumenta los volúmenes de la erosión y escorrentía; cambios en los patrones de drenaje y aumento en la impermeabilidad del terreno.

La deforestación es una práctica normal en las actividades de la industria de la construcción, desarrollo de agricultura, a través de desmonte y quemas controladas del terreno, pastoreo, en ganadería extensiva, extracción de especies forestales y de arena de las playas, que también contribuyen en el aumento de la erosión (Ramos 2002).

Para determinar la tasa de sedimentación; primero se realiza la datación de los perfiles de sedimentos. Se utilizan las técnicas nucleares con isótopos radiactivos inestables, que se transforman en otros isótopos inestables en una serie de pasos de progresión en cadena (Edgington & Robbins 1975).

Fig. # 1. Serie del decaimiento de ^{238}U .



Datos: Edgington & Robbins 1975.

El método común de "datación" consiste en medir el decaimiento de los isótopos radiactivos, tomando en cuenta su vida media, que es el tiempo requerido para desintegrar la mitad de su masa inicial hasta convertirse en otro elemento. Diversos isótopos tienen diversas vidas medias. La edad de los objetos que contienen los isótopos radiactivos con períodos conocidos puede ser calculada determinando los porcentajes del material radiactivo restante (Holmes 1998).

El isótopo Uranio-238 comienza su transformación en cadena, que se desintegra gradualmente hasta alcanzar una forma estable de Plomo (Fig. # 1). Implica quince isótopos y catorce pasos de progresión (Edgington & Robbins 1975).

El ^{210}Pb , es un isótopo en la serie del ^{238}U , con un período de vida media de 22.3 años (Barri 1995). Debido a su corta vida media, el ^{210}Pb es muy útil para el estudio de los sedimentos recientes. El ^{210}Pb es formado por el decaimiento del Radón -222. Este ^{210}Pb tiene una vida de residencia en la atmósfera de aproximadamente 10 días. Es removido por la lluvia o nieve y rápidamente adsorbido o incorporado dentro del sedimento que se forma en la superficie de la tierra (Holmes 1998).

La actividad del ^{210}Pb disminuye en función del tiempo determinado por su período de vida media. La "edad" de un horizonte es calculada por la fórmula siguiente:

$$T_{\text{age}} = 1/\lambda \ln(A^{210}\text{Pb}_0 / A^{210}\text{Pb}_h), \text{ donde se substituyen las constantes,}$$

$$T_{\text{age}} = (\ln(A^{210}\text{Pb}_0 / A^{210}\text{Pb}_h))/0.03114,$$

donde $A^{210}\text{Pb}_0$ es la actividad inicial del ^{210}Pb en el tiempo cero (el presente) y $A^{210}\text{Pb}_h$ es la actividad en desintegraciones por minuto en la profundidad h. En una situación ideal el diagrama de la actividad del ^{210}Pb disminuye de forma logarítmica con la profundidad (Holmes 1998).

Los factores que influyen a los resultados son:

- errores durante los muestreos y el disturbio en la distribución natural de los sedimentos, ocasionados por los fenómenos de resuspensión, atribuidos a corrientes del fondo;
- errores que se asocian al disturbio biótico y/o abiótico de los perfiles tales como compactación, migración, mezcla y/o bio-turbación de los radionuclidos en el sedimento antes de su procesamiento;
- errores relacionados con la selección correcta y exactitud de los instrumentos, y validez de las asunciones (Lynch *et al.* 1989).
- el uso de los tubos de gravedad de diámetro pequeño, que deforman y condensan los sedimentos.

La medición de los niveles de ^{210}Pb es altamente dependiente de la interpretación correcta de los datos. La exactitud de la determinación de los niveles depende de la capacidad de corregir y/o minimizar los errores potenciales durante el proceso de muestreo y de los análisis de los perfiles (Lynch *et al.* 1989).

Los sedimentos se depositan continuamente en los lagos, ríos y estuarios. Primeramente los estudios de datación utilizando la técnica de ^{210}Pb se realizaron en los lagos, ya que presenta las condiciones aceptables para la realización de la datación. Pero a veces, los lagos presentaban los procesos de acidificación, lo que influye a la migración de contaminantes y de radioisótopos en la columna de sedimentos perjudicando el establecimiento de una cronología válida. El proceso de la acidificación rara vez se observa en ambientes marinos (Valette-Silver 1993).

6.2.4.2. Hidrocarburos:

Los hidrocarburos son compuestos formados por átomos de carbono e hidrógeno, de gran abundancia en la naturaleza, presentes principalmente en el petróleo (Chappin & Summerlin 1988; PEMEX 1988).

Estos compuestos se encuentran distribuidos en el suelo, mar, sistemas fluviales y sedimentos. Su presencia se ha atribuido principalmente a los derrames del petróleo y descargas de plantas petroquímicas, aún cuando también se debe al transporte atmosférico por los aportes de la combustión (Padilla 1989). El transporte acuático y terrestre produce contaminación por hidrocarburos, provocando daños ecológicos (Botello & Ponce 2000).

Según el estudio realizado por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, en 1985 se vertieron al mar unas 3200000 toneladas de hidrocarburos, donde más del 35% la aportaron aguas residuales urbanas y las descargas industriales. Otro tercio correspondía a vertidos procedentes de buques y el resto a filtraciones naturales (Operativo Ergos 2001).

Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) son contaminantes ambientales. Los HAP son producidos a altas temperaturas de 400 a 500°C. Los homólogos alquil sustituidos se producen a bajas temperaturas de 100 a 150° C. Se conoce más de 100 compuestos, que se difieren en la estructura, peso molecular y la actividad carcinogénica. El potencial carcinogénico de estos está asociado a su planaridad, mientras más plana sea la molécula más estable y menos reactiva (Lesser 1995).

Hay dos clases de hidrocarburos aromáticos: los de bajo peso molecular que tienen de 2 a 3 anillos aromáticos como el naftaleno, fluoreno, fenantreno y antraceno y sus derivados, y los de alto peso molecular, que tienen de 4 a 7 anillos aromáticos como el criseno (Lesser 1995).

Los HAP de alto peso molecular son relativamente inmóviles, de baja volatilidad y solubilidad. Dieciséis HAP's (naftaleno, acenaftileno, acenafteno, fluoreno, fenantreno, antraceno, fluoranteno, pireno, benzo(a)antraceno, criseno, benzo(b)fluoreno, benzo(k)fluoreno, benzo(a)pireno, indeno(1,2,3-cd)pireno, dibenzo(ah)antraceno y benzo(ghi)perileno) son considerados como contaminantes prioritarios por la EPA, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comunidad Económica Europea (CEE), debido a sus efectos carcinogénicos (Menzie *et al.* 1992).

Normalmente los HAP no se utilizan para fines comerciales o industriales. En algunos casos se utilizan para la fabricación de algunos plásticos, medicinas, colorantes y pesticidas (Santana 2002).

El principal mecanismo de transporte y procesos de transformación para los contaminantes orgánicos disueltos en el suelo son: la advección, dispersión, lixiviación, adsorción y retardo, y la transformación química y biológica. La migración a través de las fases orgánicas líquidas es gobernada, en gran parte, por su densidad, viscosidad y propiedades de la superficie húmeda (Bonazountas & Kallidromitou 1993).

Los compuestos orgánicos ligeros como las gasolinas, aceites y petróleo crudo tienden a formar una capa en forma de nata y se mueven horizontalmente. Los compuestos orgánicos densos, migran hacia la base, creando una columna. Su migración, retención, transformación de compuestos orgánicos y su adsorción depende de la hidrofobicidad del contaminante y la fracción de la materia orgánica en el suelo (Mackay *et al.* 1985).

La mayoría de los agentes contaminantes tienen una afinidad por la adsorción a los sedimentos y las partículas finas. El análisis de la datación de los perfiles realizados en conjunto con la determinación de contaminantes nos permite de alguna manera relacionar la datación con la evolución de los contaminantes en los sedimentos (Valette-Silver & Bricker 1993).

6.2.4.3. Plaguicidas organoclorados:

Los plaguicidas organoclorados se agrupan en compuestos sintéticos, con la estructura que corresponde a los hidrocarburos clorados. Son tóxicos, solubles en los disolventes orgánicos, persistentes en el ambiente, resistentes a los microorganismos y se acumulan, aumentando su concentración al ir ascendiendo en la cadena trófica (Albert 2000). Se conocen los siguientes plaguicidas organoclorados:

- Aromáticos clorados: DDT, Dicofol, Metoxicloro, Clorobencilato
- Cicloalcanos clorados: Hexaclorociclohexano (Lindano)
- Ciclodiénicos clorados: Endrín, Dieldrín, Aldrín, Clordano, Heptacloro, Mirex, Endosulfan
- Terpenos clorados: Canfeclor (Toxafeno).

El organoclorado más conocido es el DDT. Químicamente el DDT es el 2,2-bis-(p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano y fue sintetizado en 1874, siendo el primero de los insecticidas de la 2ª generación. El químico suizo Müller recibió el Premio Nobel en 1948 por descubrir sus propiedades como plaguicida para los insectos y su baja toxicidad para los humanos. Se calcula, que en los primeros años del uso de DDT se evitó la muerte de 5 millones de personas anuales, además de la protección de cosechas y del aniquilamiento de insectos domésticos. La máxima producción de este insecticida se produjo en 1970 y a partir de entonces se fue prohibiendo su uso por graves problemas que se detectaron (Echarri 1998).

Es un producto de lenta conversión a sustancias no tóxicas, persistente en el medio ambiente. Es muy poco soluble en el agua, lo que hace que no se elimine con la orina, y es muy soluble en grasas, por lo que se acumula en los tejidos de los organismos a lo largo de la cadena trófica.

Uno de los principales efectos del DDT fue sobre la cáscara de los huevos de aves, que se convertía a fina y frágil y muchos se rompían durante la incubación, además muchas especies de insectos producían la resistencia a este plaguicida (Echarri 1998).

6.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS:

6.3.1. Bacterioplancton:

En la naturaleza las bacterias previenen la acumulación de los residuos de materia orgánica, participan en el reciclaje y modificación de nutrientes inorgánicos y sirven como alimento para otros organismos (Höfle *et al.* 1984)

El uso de la microscopia epifluorescente para el conteo directo de células bacterianas no nos permite determinar las taxa, actividad metabólica, o viabilidad, pero nos permite estimar la cantidad total de las células bacterianas presentes en las aguas.

El conteo directo de bacterias totales en las aguas naturales o residuales normalmente es mayor, que los conteos obtenidos en los platos con medios de cultivos o a través del uso del método de número más probable (NMP), ya que en este caso se excluyen los errores provocados por los fenómenos de viabilidad de las células bacterianas, la selectividad de los medios de cultivo, la agrupación de las células y los niveles bajos del crecimiento de las colonias bacterianas (APHA 1999).

6.3.1.1. Bacterias Coliformes (Totales y fecales):

Las bacterias que se encuentran en el agua, se pueden dividir en tres grupos: bacterias naturales de aguas (que no se consideran como patógenas del hombre); bacterias del suelo (que se encuentran principalmente después de las lluvias y son rápidamente eliminadas por la sedimentación) y bacterias de origen intestinal (que son provenientes de la flora normal intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente considerándose indicadores de contaminación de grupo coliformes) (Charles 1968; Brock *et al.* 1987).

Los coliformes no son patógenos por si mismos, sino, que indican la posible presencia de las bacterias patógenas en el agua de origen intestinal. Según las normas de la Organización Mundial de la Salud, 1985, el agua para la acuicultura debe contener no más de 43 coliformes fecales y 230 coliformes totales en 100 ml del agua. La presencia o ausencia de estos organismos ayuda a determinar la calidad de agua (Bacterioplancton y Coliformes).

6.3.2. Fitoplancton:

El fitoplancton es el primer eslabón de la cadena alimenticia, que permite utilizar la energía solar en la producción de la materia orgánica (Wetzel 1991).

El fitoplancton se ha utilizado como indicador de la calidad del agua. Unas ciertas especies prosperan en aguas eutróficas, mientras, que otras son muy sensibles a los residuos orgánicos y sustancias químicas. Debido a su ciclo vital corto, el plancton responde rápidamente a los cambios ambientales. La evaluación de la densidad y de la composición de las especies de fitoplancton, nos indica la calidad de la columna del agua en la cual se encuentra (APHA 1992).

6.3.2.1. División Cyanophyta:

Las cianobacterias (o cianofíceas) son los organismos más primitivos y más antiguos. Este grupo taxonómico, con alrededor de 2 mil especies, está ampliamente distribuido en ambientes acuáticos (Pitois *et al.* 2000), debido a que por sus características fisiológicas y ecológicas resultan competitivamente superiores a otros organismos del fitoplancton (Devercelli & Emiliani 2002).

Las Cyanophyta crecen y se reproducen bajo distintas condiciones de nutrientes y luz, con los pigmentos fotosintéticos de clorofila (color verde) y ficocianina (azul) (Tormo 2001). Utilizando las vesículas de gas, regulan su posición superficial en la columna del agua (afloramientos); para evitar su ingestión por parte del zooplancton (Reynolds 1997).

Existen variedades de especies de Cyanophyta filamentosas, que son capaces de producir toxinas, como *Anabaena sp.*, *Aphanizomenon sp.*, *Nodularia sp.* y *Oscillatoria sp.* La especie más peligrosa es la cianobacteria colonial *Microcystis aeruginosa*, la que produce toxinas (ejemplo microcistina L-R), la producción de la cual puede variar o inhibirse como respuesta a cambios ambientales. Para prevenir los daños que pueden ocasionar las algas a la salud pública, es recomendable suponer que estas siempre son productoras de toxinas (Pitois *et al.* 2000).

En ambientes acuáticos para uso recreativo se recomienda evitar el contacto directo con el agua, cuando la densidad de las especies productoras de toxinas excede las 20000 células por mililitro de agua (Falconer 1994), y adoptar las medidas que controlen el desarrollo de todas las especies de cianobacterias filamentosas (Devercelli & Emiliani 2002).

6.3.2.2. División Chromophyta:

6.3.2.2.1. Clase Bacillariophyceae: Las diatomeas son los organismos acuáticos, con más de 10 mil especies, que viven en aguas dulces, saladas, salobres, marinas y tierras húmedas (Wetzel 1991). Poseen pigmentos clorofilas a y c, beta caroteno, fucoxantina (Tormo 2001).

El cuerpo de las diatomeas consta de una célula y está cubierto por un caparazón formada por sílice amorfa hidratada, impregnada de pectina, con una capa orgánica. El organismo se comunica con el medio ambiente a través de poros microscópicos cuya posición es la base para la taxonomía de Bacillariophyta. Estas algas son excelente alimento para los organismos acuáticos (Tormo 2001).

6.3.2.3. División Chlorophyta:

6.3.2.3.1. Clase Chlorophyceae: Uno de los mayores grupos de algas, que poseen pigmentos: clorofila a y b, •-, •-, y •-caroteno, xantofilas, lugeina, violaxantina, neoxantina (carotenoides dominantes) y pigmentos púrpura. Las células pueden ser móviles o inmóviles, unicelulares, coloniales o filamentosas. Viven en aguas dulce, marina o salobre, pertenecen a la comunidad planctónica, bentónica o están en simbiosis con los líquenes (Tormo 2001).

6.3.2.4. Clase Dinophyceae (las dinofitas o pirrofitas):

Son organismos unicelulares, biflagelados, generalmente fotosintéticos, aunque hay formas heterótrofas, parásitas y simbióticas. Poseen pigmentos clorofila a y c, beta – caroteno y xantofilas (Tormo 2001).

Son responsables de la aparición de mareas rojas, que pueden estar presente por la acumulación de neurotoxinas en los mariscos, producto de un rápido incremento del número de células, de los géneros *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax*, *Ceratium* y *Cochlodinium* y ser la causa del envenenamiento en las personas, que consumen estos productos. (Tormo 2001).

6.3.3. Bentos:

Los organismos del bentos incluyen los seres que viven en el fondo: tanto vegetales (fitobentos) como animales (zoobentos). Los organismos que habitan sobre la superficie del sustrato se llaman epibiontes (epiflora y epifauna) y viven fijos al sustrato, otros que caminan, se arrastran o nadan se llaman nectobentos (McGraw–Hill 1975).

De acuerdo a la relación entre el tamaño del animal y el alimento, se pueden distinguir los micrófagos, que consumen bacterias, protistas, invertebrados pequeños y los macrófagos que atrapan presas grandes. Si un organismo vive en el interior del sustrato se llama endobionte. Macrobentos son todos los organismos pluricelulares cuya talla es superior a 1 mm.

El microbentos comprende bacterias, hongos, algas unicelulares y protozoos y organismos pluricelulares representados por metazoos y por larvas de metazoos del macrobentos (Biología Marina 2002).

Se pueden distinguir dos tipos de sustratos: duros y blandos. Los sustratos blandos, son aquellos, cuya granulometría (tamaño de granos) comprende desde centímetros hasta arcillas coloidales finas ($<1 \mu\text{m}$). Los organismos epibiontes de los sustratos duros pueden ser **sésiles** (de residencia fija) o **sedentarios** (con desplazamientos lentos). Sobre los sustratos blandos las formas sésiles no pueden existir (Biología Marina 2002).

Las respuestas de la comunidad de macro invertebrados a la perturbación del medio ambiente, son útiles para evaluar el impacto en los cuerpos del agua superficiales, provocados por la contaminación municipal e industrial y por el cambio en los usos del suelo. Los cambios documentados en la estructura de la comunidad de macro invertebrados se observaron como respuesta a la contaminación por sustancias orgánicas, alteraciones en el sustrato y la contaminación por sustancias tóxicas (APHA 1992).

La contaminación orgánica severa da lugar generalmente a una reducción en la variedad de macro invertebrados, donde sobreviven los más tolerantes, que, normalmente, aumentan en su densidad, en un ambiente contaminado, y la baja concentración del oxígeno disuelto. La contaminación por sustancias químicas tóxicas puede reducir o eliminar totalmente la comunidad del macro invertebrados en el área afectada (APHA 1992).

6.4. TÉCNICAS DE CORRELACIÓN:

Si disponemos de dos series de datos emparejados, podemos conocer, si ambas variables están relacionadas, o si son independientes a través de las técnicas de regresión y correlación. La relación entre dos variables puede ser lineal, exponencial, polinómica, etc.

En nuestro trabajo correlacionamos diferentes variables físico - químicas con los valores biológicos, determinando la relación que existen entre estas.

La regresión lineal es una recta, que atraviesa la nube de puntos y mejor se ajusta a ellos, su ecuación es: $y = ax + b$.

El coeficiente de correlación de Pearson es R. Nos da a comprender el grado de la relación entre dos variables; si la relación es lineal perfecta, R será 1 ó -1. El coeficiente R es positivo, si la relación es positiva (al aumentar x aumenta y), y R es negativo en el caso contrario (si al aumentar x, disminuye y) (Downie & Heath 1979).

R^2 es el coeficiente de determinación y da una medida entre 0 y 1 de la cantidad de información compartida por dos características o variables continuas en los datos de muestreo. El hecho de que dos variables estén correlacionadas, no implica que exista una causa común entre ellas, posiblemente estas están relacionadas con otra tercera variable.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Los valores de $R > 0,80$ se consideran altos, aunque esto depende del número de parejas de datos con las que hemos realizado el cálculo.

Para 11 parejas de datos, y si admitimos un 5% de posibilidades de error, con $R > 0.553$ ya podemos decir que ambas series de datos no son independientes. Si tuviéramos 50 parejas de datos, la misma conclusión es para $R > 0.273$. Para un 99% de seguridad, para 11 parejas de datos necesitamos $R > 0.684$ y para 50 parejas $R > 0.354$. Se debe considerar lo siguiente que:

- La existencia de una correlación no indica una relación causa - efecto.
- Aunque las series no son independientes, no podemos estimar valores de y desconocidos a partir de valores de x (Downie & Heath 1979).

CAPÍTULO 7. METODOLOGÍA:

7.1. TIPO DE ESTUDIO:

El presente estudio desarrollado durante 2000 - 2002, es de carácter descriptivo, interpretativo y parcialmente correlativo.

Se determinó la variación de los parámetros físico – químicos y bacteriológicos, el flujo de masa seca y las tasas de sedimentación, el comportamiento de los plaguicidas organoclorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos en la columna de sedimentos, las influencias de los factores abióticos sobre algunos componentes biológicos en el plancton y macrozoobentos.

Se estudiaron los principales problemas ambientales a través del estudio del agua y del sedimento, características generales de las cuencas adyacentes, que son las cuencas del río Escondido y Entre el Río Escondido y Río Punta Gorda, así, como fueron dadas algunas recomendaciones para mitigar la influencia antropogénica en esta zona costera.

7.2. MÉTODOS UTILIZADOS:

El estudio se efectuó en la Laguna de Bluefields, en una extensión de 176 km², ciudad de Bluefields, puerto El Bluff, y centros de municipios de la cuenca del río Escondido. Se utilizaron los siguientes métodos:

- Recopilación bibliográfica de la documentación existente;
- Encuestas a los organismos integrados a la investigación del tema;
- Muestreos de campo, análisis de laboratorio, recolección, ordenamiento y procesamiento de datos.

Los tópicos estudiados en base a las bibliografías son: la geomorfología o relieve, la geología, hidrografía, vegetación, los parámetros básicos del clima y de los suelos, características socio – económicas de la zona. En términos generales, la metodología utilizada ha implicado el análisis de los aspectos esenciales del área de estudio:

- La caracterización de propiedades físicas y químicas de las aguas.
- La caracterización biológica de las aguas de la Laguna de Bluefields.
- La caracterización del sedimento.
- Aporte de las cuencas y de la ciudad de Bluefields a los procesos de la sedimentación y de la contaminación en este cuerpo acuático.

7.3. MUESTRA DE ESTUDIO:

Se estableció con ayuda de un mapa y GPS un total de 12 puntos de muestreo (Cuadro # 2) en la Laguna de Bluefields. En el presente trabajo se utilizaron los datos físico - químicos del agua de la Laguna de Bluefields recolectados mensualmente durante los años 2000 – 2001, por los analistas del Centro de Investigaciones Acuáticas de la Bluefields Indian & Caribbean University (CIAB), así, como de dos muestreos realizados en los meses de febrero y mayo del año 2002.

Para el año 2000 fueron ubicados 5 puntos de muestreo en la Laguna de Bluefields, para el periodo 2001- 2002, fueron 10 puntos de muestreo. En el año 2002 se realizó un estudio del agua determinando los siguientes parámetros: sílice disuelta, nitritos, amonio, fósforo total, fósforo total disuelto, ortofosfatos, bacterias totales y estudio cualitativo y cuantitativo de fitoplancton. En los sedimentos fueron determinadas las propiedades granulométricas, contenido de materia orgánica, bentos, plaguicidas organoclorados, HAP y análisis de ^{210}Pb para la datación de los perfiles de sedimentos. Todas las muestras tomadas en el 2002, fueron procesadas en el CIRA UNAN – Managua (dibujo # 4).

Cuadro # 2. Puntos de muestreo en la Laguna de Bluefields.

| # | Estación | Posición geográfica | Profundidad (m) | Justificación |
|---|----------------------|--------------------------|-----------------|--|
| 1 | Barra Hone Sound | 17 202669E; 13 13168N | 3 - 4.5 | Está ubicado en un canal en la parte sur que conecta la Laguna de Bluefields con el Mar Caribe, se pretende determinar las influencias del mar sobre la Laguna |
| 2 | Frente a Rama Cay | 17 194380E; 13 14607N | 0.8 -1.5 | Está ubicado frente Rama Cay, poblada por indígenas ramas, y la influencia de este asentamiento sobre la Laguna |
| 3 | Entrada al Río Kukra | 17 192419E; 13 16047N | 1.2 - 1.5 | Está ubicado en la entrada al río Kukra (cuenca hidrográfica #63), en un sitio pantanoso. |
| 4 | Por el Run Cay | 17 197530E; 13 20216N | 1.3 | El punto está ubicado al norte de los puntos 2 y 3, en la dirección hacia Bluefields. |
| 5 | Por Punta Masaya | 17 199348E; 13 24837N | 1.4 - 1.5 | El punto está ubicado al norte de los puntos 2-4, en la dirección hacia Bluefields. |
| 6 | Frente a Bluefields | 17 199408E; 13 28339N | 1.8 | El punto está ubicado en la entrada del Caño del Muerto, que separa los barrios Santa Rosa y Fátima, a los 150 metros de la orilla. |
| 7 | Frente a El Bluff | 17 205992E; 13 29396N | 1.5 | El punto está ubicado a los 250 metros al Este de El Bluff, cerca de los bancos de ostiones, y en la entrada al canal que conecta en el Norte a la laguna con el Mar Caribe. |
| 8 | Canal de Dragado | 17 206633E; 13 27317N | 1 | El punto está ubicado a los 500 metros al noreste de El Bluff, cerca del canal de dragado. |
| 9 | Entrada a Río | 17 201696E; 13 33605N | 0.8 - 2 | El punto está ubicado en la entrada al río Escondido (cuenca hidrográfica #61), |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

| | | | | |
|----|------------------------|--------------------------|-----|---|
| | Escondido | | | se determina la influencia del transporte de sedimento y contaminantes a través de este río. |
| 10 | Entrada a Cuatro Bocas | 17 198332E; 13 32633N | 2.1 | El punto se ubica en el costado Norte de la ciudad, en la entrada de cuatro ríos, que se unen, formando un delta. |
| 11 | Barra El Bluff | 17 207778E; 13 26132N | 3.5 | Está en la salida al mar Caribe, para determinar la influencia de la Laguna sobre propiedades físico - químicas del agua del mar. |
| 12 | Frente a Bluefields | 17 200531E; 13 28048N | 1.3 | Frente del Muelle Municipal a los 250 metros de la ciudad. Punto principal de la contaminación antropogénica. |

7.4. COLECTA Y PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS:

Las muestras del agua fueron tomadas, en cantidad de 1 galón para los estudios físico – químicos, 1 galón para estudio de fitoplancton y 500 ml para estudios de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, *Vibrio sp.* Para análisis de amonio las muestras fueron preservadas con el ácido sulfúrico concentrado.

7.5. ESTUDIO DEL AGUA EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS.

7.5.1. Métodos utilizados en el campo:

En el campo se determinaron los datos de temperatura, transparencia del agua, pH, oxígeno disuelto y salinidad.

7.5.1.1. Temperatura: Para medir la temperatura del agua se utilizó el termómetro de mercurio Hydro-bios kiel y un termómetro portátil de Fisher Scientific (APHA 1999).

7.5.1.2. Transparencia del agua: Fue determinada, utilizando el disco Secchi (APHA 1999).

7.5.1.3 pH: Se utilizó el pH –metro portátil, marca Hanna.

7.5.1.4. Oxígeno disuelto: Con el oxigenómetro portátil, que permite medir este parámetro hasta 20 metros de profundidad (marca Orión).

7.5.1.5. Salinidad: Se utilizaron los equipos: el que determina la conductividad del agua, Water Test, (Hanna Instruments), equipo portátil (marca Orión) y el refractómetro (Erma), que determina específicamente la concentración del cloruro de sodio en el rango de 0 – 28% en el agua.

7.5.2. Análisis de laboratorio, variables físico - químicas:

7.5.2.1. Oxígeno disuelto: Las muestras fueron procesadas por el método de Winkler (APHA 1999).

7.5.2.2. pH: El método de rojo de fenol con el C100 Multiparameter Ion Specific Meter (Hanna instruments).

7.5.2.3. Sílice total: Método colorimétrico de silicomolibdato: a bajos pH el molibdato de amonio reacciona con la sílice formando heteropoliácidos. La intensidad del color amarillo, es proporcional a la cantidad de sílice, que reacciona con el molibdato (APHA 1999).

7.5.2.4. Fósforo total, fósforo total disuelto y ortofosfatos: Método colorimétrico de ácido ascórbico: el molibdato de amonio y el tartrato de antimonio y potasio reaccionan en el medio ácido con el ortofosfato para formar un heteropoliácido fosfomolibdico, que es reducido a un azul intenso por el ácido ascórbico (APHA 1999).

7.5.2.5. Nitritos, nitratos y amonio: Nitritos fueron determinados por el método colorimétrico 4500.NO₂.B: la diazotación de la sulfanilamida en el medio ácido y su reacción con la N-(1 naftil)-etilendiamina dihidrocloruro produce un complejo coloreado púrpura, que está en relación directa con la cantidad de nitritos presentes en la muestra (APHA 1999).

Amonio fue determinado por el método de Nessler (APHA 1999). Nitratos fueron determinados por el método de reducción de cadmio (APHA 1999).

7.6. ESTUDIO DEL SEDIMENTO EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS.

7.6.1. Composición granulométrica:

La muestra de sedimento fue secada a temperatura ambiente y homogenizada; con cuidado fue pesada una fracción y depositada en un Baño de Maria a 85-90° C con el peróxido de hidrógeno para destruir la materia orgánica presente. Luego se añadió pirofosfato de sodio y se dejó reposar por 8 horas. Las fracciones separadas fueron las siguientes: 2-0.6 mm; 0.6-0.2 mm; 0.2-0.063 mm; respectivamente por medio del tamizado de las muestras del sedimento y las fracciones 0.063-0.02 mm; 0.02-0.006 mm, 0.006-0.002 mm y menor de 0.002 mm fueron separadas, utilizando la pipeta de Köhn. La contribución de cada fracción fue determinada mediante los métodos gravimétricos y expresada en porcentaje (Norma austriaca L-1061-88; López 1990).

7.6.2. Contenido de materia orgánica en los sedimentos:

En la determinación fue utilizado el método de materia orgánica oxidable, basado en la reacción con el ácido crómico (López 1990).

7.6.3. Estudio mineralógico:

Para el estudio mineralógico se utilizó un perfil transversal del sedimento tomado en la estación Frente a la ciudad de Bluefields en la Laguna de Bluefields. La muestra fue seccionada en tres, de 1 a 8 cm, de 9 a 16 cm, y de 17 a 24 cm. Se separó la fracción de arena y la parte arcillosa y limosa con la pipeta de Köhn. El resto de la solución fue evaporado a una temperatura próxima a los 110 grados centígrados y transferido a pequeños tubos de ensayo de teflón. Estudio mineralógico fue realizado de acuerdo a la técnica de difracción de rayos X (DRX) en uno de laboratorios de universidad de Palermo-C.F.T.A., Italia (Griffin 1971).

7.6.4. Técnica de ^{210}Pb :

Los análisis de ^{210}Pb para la datación de los perfiles de sedimentos se realizaron por espectrometría alfa en tres puntos de muestreo. Los perfiles de sedimento se seccionaron transversalmente a cada centímetro. Las muestras del sedimento fueron secadas a 65°C y tamizadas a través de luz de maya de 0.2 mm. Luego a cada muestra (2-3 gramos) se añadió el trazador de ^{209}Po , preparado el 05.10.1998 y con una actividad inicial de $0.7264 \pm 0.0069 \text{ Bq.ml}^{-1}$; se homogenizaron y dejaron en reposo durante 12 horas. Se añadió peróxido de hidrógeno para la destrucción de la materia orgánica y se calentaron con agitación durante 12 horas. Se añadió tres veces ácido clorhídrico concentrado hasta evaporar la muestra y luego ácido clorhídrico diluido (1 N).

Las muestras fueron filtradas con filtros Fisher Brand P5, tratadas con el ácido ascórbico para acomplejar el hierro. Posteriormente, se realizó una deposición radioquímica sobre los discos de plata con agitación magnética y con calentamiento a aproximadamente 70°C durante 8 horas.

La medición de partículas alfa se realizó en los discos de plata utilizando un espectrómetro alfa modelo 7404, acoplado a un Mixer Route, modelo 1520, de acuerdo con la técnica nuclear usando ^{210}Pb y para la datación se aplicó el Modelo CRS; Constant Rate Supply of ^{210}Pb (Appleby 1994; Krishnaswami & Lal 1978).

7.6.5. Plaguicidas (organoclorados) en sedimentos:

Para el estudio de la contaminación por plaguicidas organoclorados fueron escogidos cuatro puntos de muestreo, en tres de los cuales se tomaron sedimentos en cortes transversales en cantidad de 3 muestras por cada corte, dividiéndolos en partes iguales. 20 gramos del sedimento pesado, seco, macerado y tamizado a través de luz de maya de 0.6 mm fueron extraídos con solventes orgánicos primeramente con n-hexano y luego con diclorometano en un equipo Soxhlet.

El extracto fue fraccionado en una columna empacada con florisil. Las muestras concentradas se inyectaron a una columna capilar DB – 5 de un cromatógrafo de gases VARIAN 3400, equipado con el detector de captura de electrones con gas de arrastre Hidrógeno y columna capilar (Villeneuve 1995).

7.6.6. Hidrocarburos (HAP):

Para el estudio de la contaminación por hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) fueron escogidos cuatro puntos de muestreo, en tres de los cuales se realizaron cortes transversales en cantidad de 3 muestras por cada perfil de sedimento, dividiéndolos en partes iguales. 20 gramos de sedimento pesado, seco, macerado y tamizado a través de luz de maya de 0.6 mm fueron extraídos con solventes orgánicos, n-hexano: diclorometano en el equipo Soxhlet. El extracto fue concentrado y limpiado de residuos de azufre a través de una columna cromatográfica.

El residuo fue concentrado con acetonitrilo y llevado a un volumen de 1 ml. Los analitos del extracto fueron separados por HPLC en el equipo Merck – Hitachi modelo D-6500. Se utilizaron detectores de arreglo de Diodos y de Fluorescencia con el HPLC para la medición cuantitativa de los HAP (AIEA 1995).

7.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS:

7.7.1. Bacterioplancton: Método del conteo directo con el microscopio epi fluorescente (APHA 1999).

7.7.1.1. Coliformes totales y fecales: Los coliformes totales y fecales se determinaron por el método del número más probable (NMP) y filtración con membrana.

7.7.1.1.1. La técnica de filtración por membrana consiste en filtrar un volumen determinado de muestra a través de un filtro de membrana, que luego pasa a un medio de cultivo. Se cuenta la cantidad de colonias bacterianas, expresando los resultados en unidades formadoras de colonias por 100 ml de agua (Millipore corporation 1992).

7.7.1.1.2. En el método de los tubos múltiples o número más probable (NMP): Se inoculan volúmenes parciales de una muestra del agua en una serie de tubos de ensayo en un medio específico. La presencia de gas y cambio de color del medio indica una reacción positiva. La expresión de los resultados se realiza a través de las tablas estadísticas especialmente diseñadas (OMS, 1985).

Los valores indican la contaminación de origen antropogénico o la presencia de animales de sangre caliente, lo que corresponde a la ubicación de los asentamientos humanos cerca de la costa de lagunas y de los ríos (APHA 1999).

7.7.1.2. Salmonella, Shigella, Vibrio sp.: La presencia de bacterias de géneros *Vibrio sp.*, *Salmonella*, *Shigella* se determinaron de acuerdo al Método estándar de Investigaciones de aguas residuales y de consumo, (APHA 1992).

7.7.2. Fitoplancton:

7.7.2.1. Estudio cualitativo se realizó por el método de observación directa con el microscopio compuesto, las especies fueron identificadas utilizando las claves taxonómicas.

7.7.2.2. Estudio cuantitativo: la muestra se tiñó con Lugol, y después de un tiempo de sedimentación, en cámaras específicas, se realizó la identificación y conteo de las especies, utilizando el microscopio invertido (Zeiss IM 35). Los resultados fueron expresados por unidad de volumen (Utermoehl 1958).

7.7.2.3. La cantidad de *clorofila a* fue determinada en el sobrenadante, después de la filtración de la muestra cruda, su extracción con etanol y su centrifugación con ayuda de espectrofotometría UV-VIS, de acuerdo al método desarrollado por Nush & Palme (1975).

7.7.3. Bentos: las muestras fueron tomadas en cantidad de tres réplicas por cada uno de los 10 puntos de muestreo y preservadas con formalina al 4%. Pasadas a través de tamiz con la luz de maya de 0.2 mm, concentradas y preservadas con alcohol etílico al 70%.

7.7.3.1. Estudio cualitativo se realizó por el método de observación directa, utilizando el microscopio estereoscópico y el microscopio compuesto.

7.7.3.2. Estudio cuantitativo la cantidad de individuos se expresó por unidad de área. (APHA 1992).

CAPÍTULO 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

8.1. CARACTERIZACIÓN ESTACIONAL Y ESPACIAL DE ASPECTOS FÍSICO – QUÍMICOS DEL AGUA DE LA LAGUNA DE BLUEFIELDS.

8.1.1. Temperatura:

Los datos de temperatura para los años 2000 – 2001, fueron facilitados por el Centro de Investigaciones Acuáticas de la BICU (CIAB). Los datos recopilados indicaron, que la temperatura en la Laguna de Bluefields durante el tiempo de estudio varió desde 22.7° C hasta 29° C. La temperatura más baja fue registrada para el mes de diciembre del año 2001 y el mes más caliente fue el octubre del año 2000 (Fig. # 2). Los valores de temperatura dependieron de la hora de la determinación del parámetro.

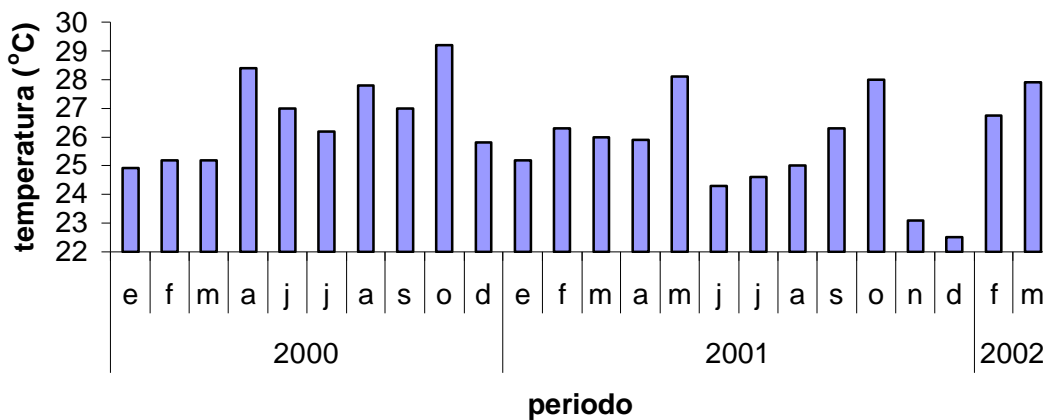


Fig. # 2. Promedios de temperatura del agua de la Laguna de Bluefields, período 2000 - 2002.

Para los años 2000 – 2002 las estaciones presentaron los valores de temperatura en promedio de 26° C.

La excepción fueron las estaciones donde se realizó menos muestreos, como por ejemplo la estación Canal de dragado (29.1° C), donde se realizaron solamente dos mediciones en el año 2002 (Dibujo # 7) y la temperatura más baja fue registrada en la estación Frente a Rama Cay (25.8° C) (Fig. # 3).

Resultados semejantes fueron obtenidos por CIMAB, 1996, confirmando, que las aguas de la Laguna de Bluefields se caracterizan por presentar temperaturas altas y uniformes en toda la columna del agua a lo largo del año, en correspondencia con la mayor o menor radiación solar incidente propia de los periodos secos y lluviosos.

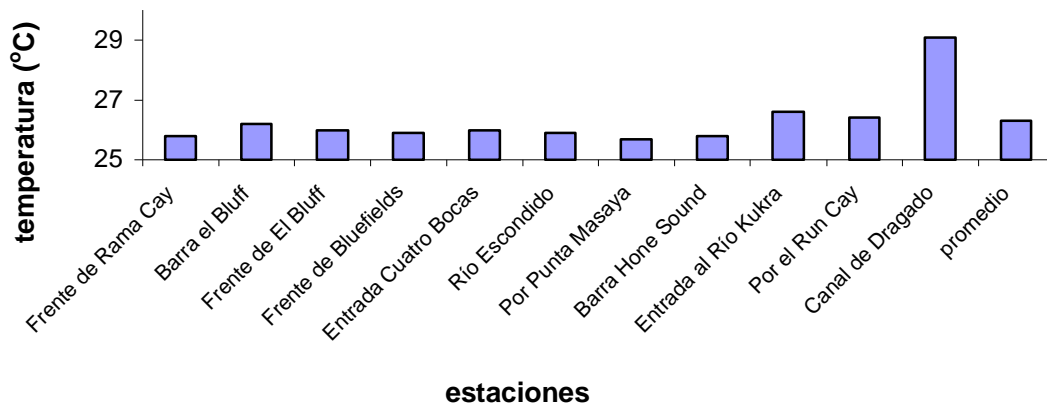


Fig. # 3. Promedios de temperatura en las estaciones, período 2000 – 2002.

*Las estaciones Canal de dragado, Entrada al Río Kukra y por el Run Cay los datos de muestreos febrero, mayo de 2002.

La oscilación media diaria de las temperaturas del agua en la Laguna es entre 1° C y 3° C, registrándose los valores mínimos hacia las 8:00 horas y máximos hacia las 16:00 horas, lo cual indica la distribución vertical y horizontal homogénea para toda la Laguna. Las variaciones estacionales de temperatura para los años 1994-1995 fueron entre los 26° C y 30° C a lo largo del año, con el mínimo para el mes de enero y máximo para el mes de septiembre. La región sur de la Bahía fue más cálida durante todo el año (CIMAB 1996).

Comparando con los datos recibidos en el año 1999-2000 en la Laguna de Perlas, ubicada al norte de la Laguna de Bluefields, las oscilaciones de temperatura fueron desde 22.9° C hasta 28° C. Se puede decir, que la Laguna de Perlas es la menos caliente, lo que posiblemente está atribuido a la mayor profundidad de este cuerpo de agua (Molina 2001).

8.1.2. Transparencia del agua y zona eufótica:

Los datos de transparencia del agua de los años 2000 – 2001 fueron facilitados por el Centro de Investigaciones Acuáticas de la BICU (CIAB). Los datos de tres años indican que las aguas más transparentes fueron durante el mes de mayo del 2001 (Fig. # 4). Las aguas de la Laguna menos transparentes fueron para el mes de febrero de los años 2000 y 2002, lo que coincide con la velocidad de los vientos del norte, que prevalecen en esta zona durante los meses de diciembre a febrero.

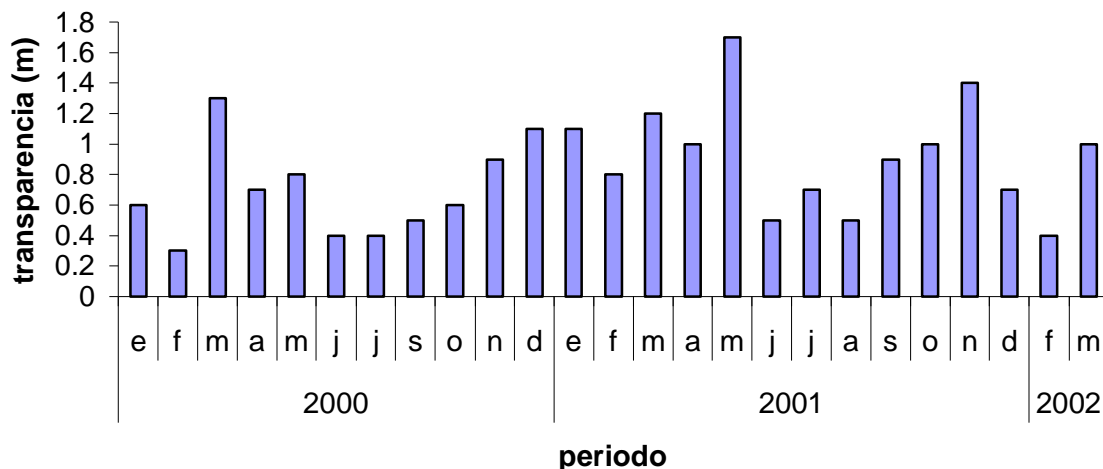


Fig. # 4. Promedios de transparencia de agua, período 2000 – 2002.

Los valores altos de transparencia del agua fueron registrados en la estación ubicada en la estación Barra El Bluff (Fig. # 5).

El promedio de la transparencia del agua para la Laguna durante el periodo de 2000 - 2002 fue de 0.8 m. Los datos de transparencia del agua del año 2002 están reflejados en el dibujo # 8.

Considerando que la profundidad de la Laguna es en promedio de 1 m y calculando la zona eufótica podemos determinar que toda la columna del agua en la Laguna es la zona eufótica.

Durante la época seca la Laguna de Bluefields presentó los valores de transparencia del agua más altos, que durante la época de lluvias, a excepción del mes de febrero, cuando existen condiciones de mezcla activa de aguas por la influencia de los vientos.

En época lluviosa la transparencia de las aguas es más baja, lo que se puede explicar por el aumento en la cantidad de sedimentos en suspensión de origen terrígeno en este somero cuerpo del agua. Esto es el resultado del aumento en la precipitación y de los vientos, que contribuyen a la resuspensión y mezcla de los sedimentos.

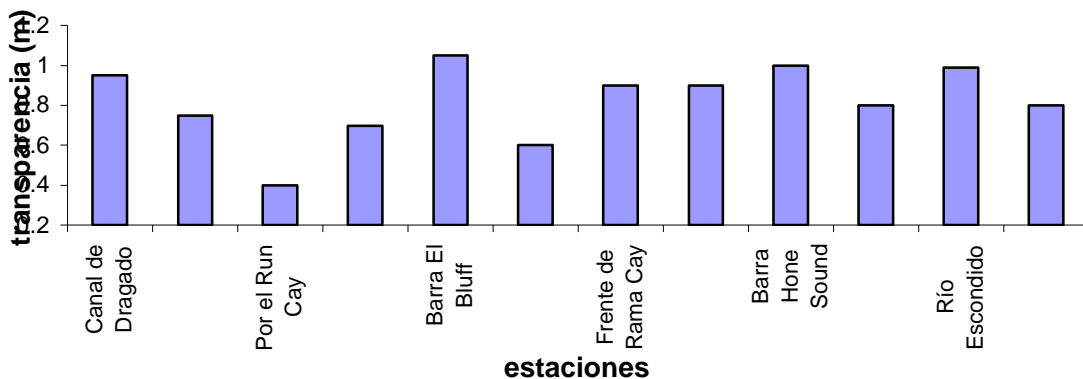


Fig. # 5. Promedios de transparencia de agua, período 2000 – 2002.

*Las estaciones Canal de dragado, Entrada al Río Kukra y por el Run Cay los datos de muestreos febrero, mayo de 2002.

8.1.3. pH:

Los datos de pH recibidos por el CIAB-BICU, durante el período 2000 – 2002 indican, que las fluctuaciones de pH son de 7 hasta 8.5, ya que el límite de detección del equipo fue hasta 8.5. Las aguas más alcalinas son las que están en la cercanía del mar (estaciones frente a El Bluff y Barra Hone Sound), y las aguas más ácidas se encuentran en la entrada de los ríos (Entrada a Cuatro Bocas). En general, los valores de pH tienden a ser más alcalinos durante la época seca y más ácidos en la temporada de lluvias, por la acidez del agua de lluvia y de los suelos de la zona (Cuadro # 6).

8.1.4. Salinidad:

Las marcadas variaciones de la salinidad hacen importante su influencia sobre la dinámica de la biota acuática. Durante un año las variaciones llegan a ser de 35 ‰. En tiempo de ausencia de precipitación el agua del mar entra a la Laguna con las mareas, provocando aumento en la salinidad, que alcanza los valores máximos para el mes de abril-mayo (Fig. # 6).

Durante la época de lluvias, las fuertes precipitaciones aumentan la velocidad de las corrientes y el caudal en los ríos. De esta manera, la salinidad baja notablemente desde las entradas a los ríos hasta la Barra de El Bluff y Hone Sound. Las fluctuaciones de la salinidad para el año 2002, están reflejadas en el dibujo # 9.

La entrada del agua de los ríos, de acuerdo a los datos proporcionados por Brenes & Hernández (2001), fluctúa desde $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para el río Torsuani hasta $625 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para el río Escondido.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

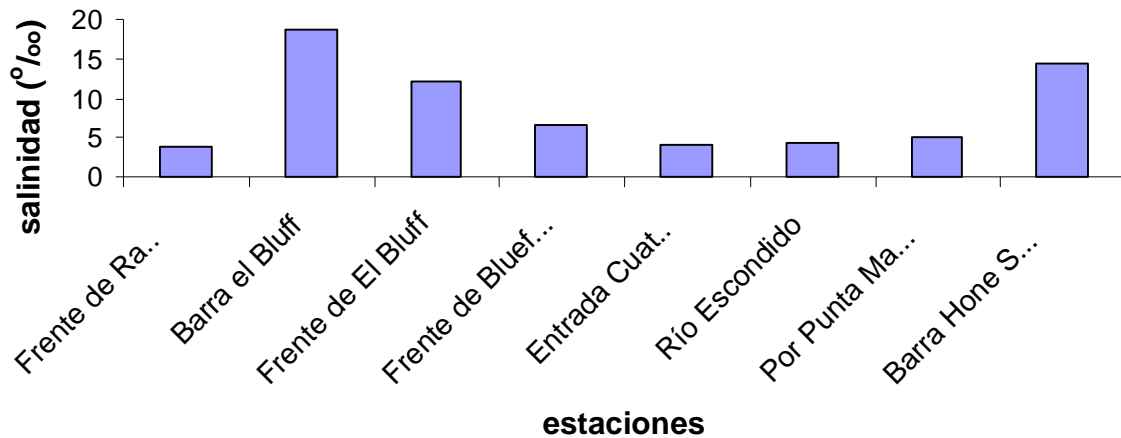


Fig. # 6. Promedios de salinidad en el agua de Laguna de Bluefields, período 2000 – 2001.

En la figura # 6 se observa claramente que las estaciones ubicadas más cerca de las entradas al mar (Barra El Bluff, Barra Hone Sound) tienen altas salinidades, mientras que, las que se ubican en la parte interna de la Laguna o cerca de los deltas de los ríos presentan salinidades bajas.

El rango de salinidad durante el periodo seco fue entre 15 ‰ y 35 ‰ (enero-mayo). A partir de junio por la influencia de la precipitación, los valores de la salinidad disminuyeron hasta 1 ‰ en la parte interna de la Laguna y en algunas ocasiones en las entradas al mar (Fig. # 7).

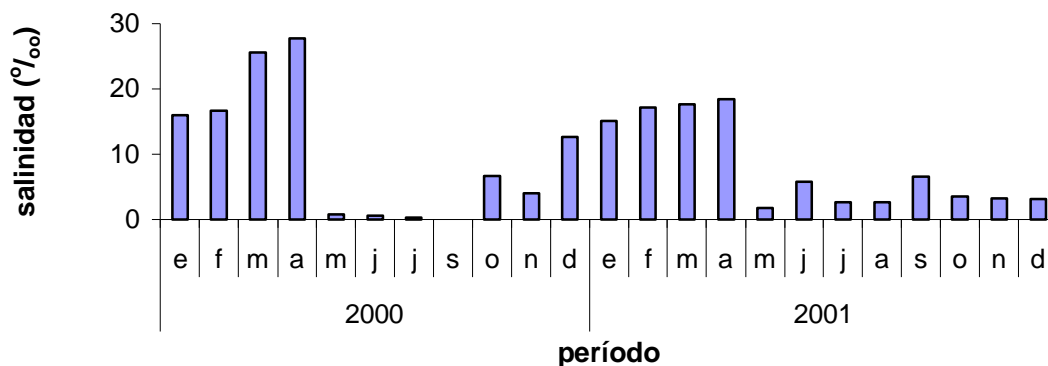


Fig. # 7. Cambios de la salinidad, período de 2000 – 2001.

Para el año 2000 la salinidad más alta se registró en los meses marzo y abril y la más baja para el mes de septiembre (Fig. # 7). Las mediciones mostraron que la salinidad en la Laguna de Bluefields puede variar en un periodo corto por 20 ‰ después del inicio de las lluvias, lo que coincide con los datos del tiempo de lavado de la Laguna (Brenes & Hernández 2001). El año 2001 no presentó fluctuaciones estacionales de la salinidad tan marcadas como el año 2000.

En general, para el tiempo de lluvias las aguas de esta Laguna son dulceacuícolas (meses julio – septiembre de 2000) o salobre oligohalinas (0.5 – 3 ‰). Para el periodo seco (marzo y abril del 2000) el agua es oligohalina (17 - 30 ‰), en casi toda la Laguna.

Comparando los datos obtenidos en los años 1999 - 2000 en la Laguna de Perlas que posee una conexión con el Mar Caribe, la Laguna de Bluefields, que tiene dos conexiones con el mar, presenta los cambios más rápidos en los valores de la salinidad durante el año.

8.1.5. Oxígeno disuelto:

La Laguna de Bluefields presenta valores de saturación de oxígeno desde 40% hasta 85% durante el período seco. En la época lluviosa los valores son más bajos. El aumento en los valores de oxígeno disuelto durante los meses secos coincide con los niveles bajos de turbidez. La aparición de la anoxia está controlada por procesos físicos como afluencia de agua dulce y crecientes entradas de nutrientes (Cornwell *et al.* 1996).

8.1.6. Nutrientes:

8.1.6.1. Nitrógeno:

Los datos de nutrientes del año 2001 fueron facilitados por el Centro de Investigaciones Acuáticas de la BICU (CIAB) (Cuadros # 13-15). En general, la cantidad de nutrientes en la columna del agua en la Laguna es poca. Los nitritos son mayores en la Entrada al Río Escondido, y las cantidades de amonio son mayores cerca de El Bluff (Fig. # 8).

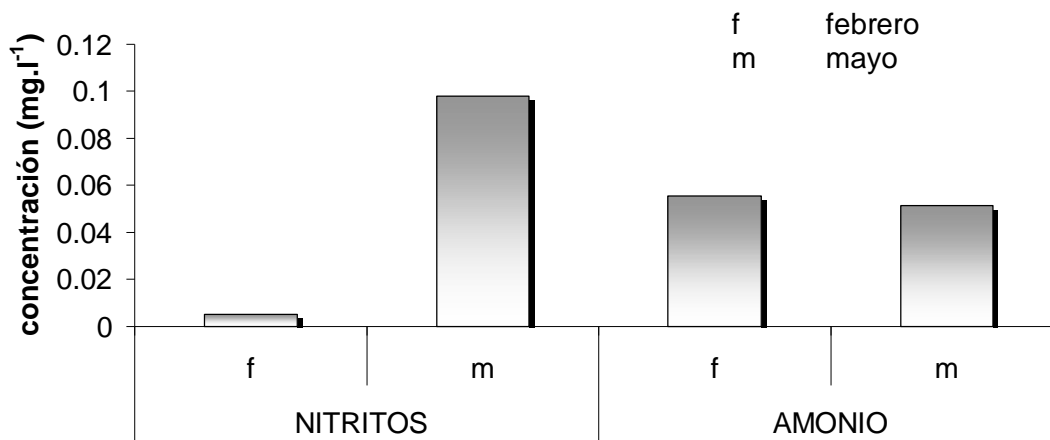


Fig. # 8. Promedios de nitritos NO₂ y amonio NH₄⁺ en el agua de la Laguna, año 2002.

La presencia excesiva de nitratos puede indicar la contaminación por fertilizantes y la alteración en la cantidad de nitritos indica activos procesos bacterianos. Durante el año 2001 la cantidad de nitratos fue en el rango desde <0.1mg.l⁻¹ hasta 2.2 mg.l⁻¹ y para nitritos la variación fue desde <0.01 hasta 0.03 mg.l⁻¹ en las aguas de la Laguna de Bluefields.

Para el año 2002 la cantidad de nitritos fue menor, que del amoniaco, lo que puede significar, que el nitrito fue transformado a nitrato. El intervalo promedio para las lagunas costeras de México es entre los 5 y los 10 µg.l⁻¹ (Contreras *et al.* 1995).

En general, se observó la tendencia de dilución de nutrientes hacia el mar y comparando los resultados con los de fitoplancton, se puede decir que los nutrientes que entran a la Laguna, son rápidamente asimilados y eliminados de la columna del agua.

8.1.6.2. Sílice:

Las cantidades de sílice indican, que este nutriente no es limitante para el desarrollo del fitoplancton. Los suelos de las zonas adyacentes son ricos en sílice y su cantidad en la Laguna aumenta con el aumento de la precipitación. La sílice es el nutriente importante para el ciclo vital de las diatomeas (Fig. # 9).

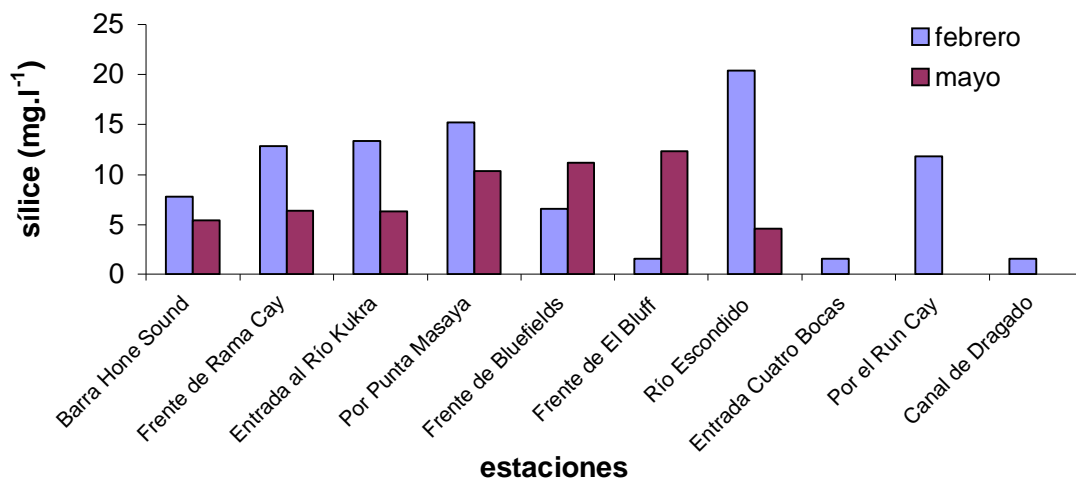


Fig. # 9. Datos de sílice en diferentes estaciones el agua de la Laguna, año 2002.

La variación de este nutriente para el mes de febrero fue desde 1.54 mg.l⁻¹ en la estación Canal de dragado, hasta 20.4 mg.l⁻¹ en la estación de la Entrada al Río Escondido. Se puede decir, que a través del río Escondido entra una cantidad significativa de sílice. Valores bajos de sílice se observan en las estaciones Entrada al Cuatro Bocas y Frente a El Bluff que son las estaciones ubicadas en la parte norte de la Laguna.

Los valores altos de sílice se presentan en la parte sur de la Laguna, lo que coincide con la dinámica de las corrientes principales de aguas. Para el mes de mayo el rango de variación de sílice fue entre 4.6 mg.l^{-1} en la Entrada al Río Escondido hasta 12.36 mg.l^{-1} frente a El Bluff. Se observa el aumento en la cantidad de sílice en las estaciones frente a la ciudad de Bluefields y Punta Lora.

8.1.6.3. Fósforo:

Los datos de fósforo y sus formas indican, que este nutriente podría ser el nutriente limitante para el desarrollo del fitoplancton. Las lagunas eutróficas presentan más de 0.1 mg.l^{-1} de fósforo, mientras que en las aguas de Laguna de Bluefields la cantidad de fósforo total es $<0.005 \text{ mg.l}^{-1}$, lo que es característico para las aguas oligotróficas. La baja cantidad de fósforo y sus formas puede explicarse por el consumo de éste por parte de los organismos fitoplanctónicos. No se pudo establecer que formas de fósforo predominan, ya que las cantidades presentes están por debajo de los límites de detección ($<0.005 \text{ mg.l}^{-1}$).

Para el año 2001 los datos recibidos por parte del CIAB indican que los rangos de variación de ortofosfatos fueron desde 0.03 mg.l^{-1} estación Frente a Rama Cay en el mes de mayo, hasta más que 2.5 mg.l^{-1} en las estaciones de Entrada al río Escondido, Barra de El Bluff y frente a El Bluff para el mes de enero, que podría indicar una contaminación puntual (Cuadro # 13).

En general para el tiempo de muestreo las aguas de la Laguna de Bluefields presentaron poca cantidad de nutrientes, aún que hay que realizar muestreos continuos para determinar el nivel trófico de la Laguna.

8.2. ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS:

8.2.1. Estudio granulométrico:

La Laguna posee dos conexiones naturales con el Mar Caribe y una tercera, que se abrió durante el huracán Juana en el año 1988. A través de estas conexiones a la Laguna de Bluefields con las mareas y, eventualmente, durante los huracanes entran las aguas y los sedimentos marinos.

La entrada de los sedimentos de origen terrestre se observa durante todo el año a través de las aguas de los ríos, que se desembocan en la Laguna. Las condiciones morfológicas de la cubeta lacustre y batimétrica de la Laguna de Bluefields permiten la dinámica de corrientes en la dirección del norte al sur, desde la Entrada del Río Escondido hasta la Barra Hone Sound.

Los estudios indican, que los sedimentos francos arenosos se ubican en la cercanía del mar en las estaciones de muestreo Barras de Hone Sound y Frente de El Bluff, Canal de dragado y Entrada al Río Escondido. Los sedimentos franco limosos se encuentran en las estaciones de muestreo frente a Rama Cay y por Punta Lora, que corresponden a la parte media de la Laguna. Los sedimentos franco-arcillosos se encuentran en las estaciones frente a Bluefields y Entrada a Cuatro Bocas, donde la arcilla tiene el origen terrígeno (Fig. # 10).

La calidad de los sedimentos en las estaciones Entrada al Río Kukra y Por Punta Masaya es de limo, fango/barro/arcilla plástica, que son una fracción intermedia entre los sedimentos que contienen limos y arcillas y aparecen como el resultado de la interacción de éstos a lo largo del lecho de la Laguna.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

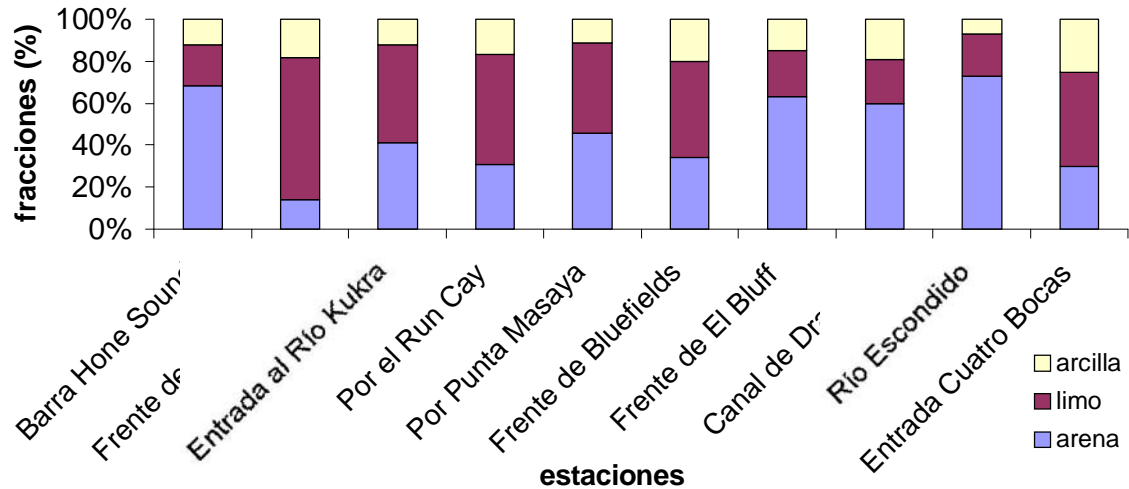


Fig. # 10. Composición granulométrica de los sedimentos en la Laguna de Bluefields, año 2002.

En general se pueden distinguir tres zonas principales:

- predominio de arenas en las entradas al mar y el río Escondido, que es la parte norte de la Laguna;
- arcillas cerca de la ciudad de Bluefields,
- limos en la parte sur de la Bahía e intermedios.

Durante su recorrido, los sedimentos experimentan procesos de transporte, de la deposición y de la reactivación. Estos procesos dependen de los índices de la descarga del agua y del sedimento en el sistema del río, los regímenes físico-oceanográficos, tamaños de las partículas, y la geometría de los estuarios y las superficies sobre los cuales se depositan los sedimentos (Wright & Nittrouer 1995).

En la Laguna de Bluefields la distribución de los sedimentos por el tamaño de sus partículas va desde la entrada al mar hasta la parte interna de la Laguna y del norte al sur, coincidiendo con los movimientos principales de las mareas y de las corrientes, de tal manera, que los sedimentos en la parte noroeste presentan más arena (estación Entrada al Río Escondido), y en la parte sureste el sedimento es limoso (estación Entrada al Río Kukra) (Dibujo # 10).

La sedimentación posiblemente se asocia con la contribución de las mareas, tormentas y velocidades de los vientos, que causan la movilización y transporte del sedimento en toda la Laguna, limitando su deposición por la disponibilidad del sedimento suspendido y la oportunidad de su transporte (Reed 1989).

Las partículas más grandes y pesadas se sedimentan primero y las más livianas recorren un camino más largo. Así, en el sistema del Amazona la acumulación de sedimentos ocurre a más de 100 kilómetros de sus bocas, lo que está atribuido a las corrientes enérgicas y las ondas que sostienen los sedimentos en la suspensión hasta que alcanzan el agua relativamente profunda (Wright & Nittrouer 1995).

La formación y el movimiento del fango fluido en el estante interno es un factor crítico en la determinación y acumulación del sedimento (Kineke y Sternberg, citado por Wright & Nittrouer 1995). En la Laguna de Bluefields las partículas más livianas se acumulan cerca de delta del río Kukra, formando un sitio pantanoso, poco profundo.

Las características del fango rico en materia orgánica afectan la estructura béntica de la comunidad, la calidad química de los sedimentos, y la calidad del agua del estuario. Sus movimientos en respuesta a las actividades naturales y antropogénicos, afectan la turbidez del agua, y actúan como un almacén y fuente para diversos componentes químicos, liberándolos en la columna del agua, aunque sus funciones en la dinámica física y química de ecosistemas de estuario no está completamente determinada (Stanley *et al.* 1996).

La disminución rápida del contenido de arena de los litorales a los mínimos dentro del centro del estuario demuestra que esta arena se está derivando de la erosión de los sedimentos provenientes de las orillas de los litorales adyacentes (Stanley *et al.* 1996), como es el caso de la Laguna de Bluefields.

8.2.2. Contenido de materia orgánica:

Los estudios superficiales de los sedimentos indicaron la presencia de materia orgánica en el rango desde 1.03% hasta 9.59%, con un valor promedio de (3.29%±2.7), en toda la laguna. Además, en tres estaciones se efectuó muestreo del contenido de materia orgánica en los sedimentos seccionados transversalmente. En condiciones ideales de deposición de los sedimentos y en ausencia de mezcla de éstos, el porcentaje de materia orgánica disminuye con la profundidad. La comparación del contenido de materia orgánica con la granulometría, o tipo de sustrato, nos indica que existe una relación entre estas variables (Dibujo # 11).

En los sedimentos de las zonas litorales, predominan las partículas de arena, presentando menor contenido de materia orgánica (La Barra de Hone Sound, Frente a El Bluff y Canal de dragado), que los sedimentos conteniendo limo (Frente de Rama Cay, Por Run Cay). Los sedimentos cercanos a la ciudad de Bluefields, ricos en arcillas, presentan altas concentraciones de contenido de materia orgánica (Frente a Bluefields y Entrada a Cuatro Bocas). La mayor cantidad de materia orgánica se observó en la estación de la Entrada al Río Kukra, donde el sedimento fue colectado en una zona pantanosa (Fig. # 11).

El comportamiento del contenido de materia orgánica en los perfiles de sedimentos captados, está sujeto a condiciones de terreno y características granulométricas de éstos. Los valores máximos de materia orgánica se encuentran a diferentes profundidades, lo cual depende del tipo de sustrato y de las características granulométricas.

La textura del sedimento puede tener influencia en la concentración de la materia orgánica (Cornwell *et al.* 1996).

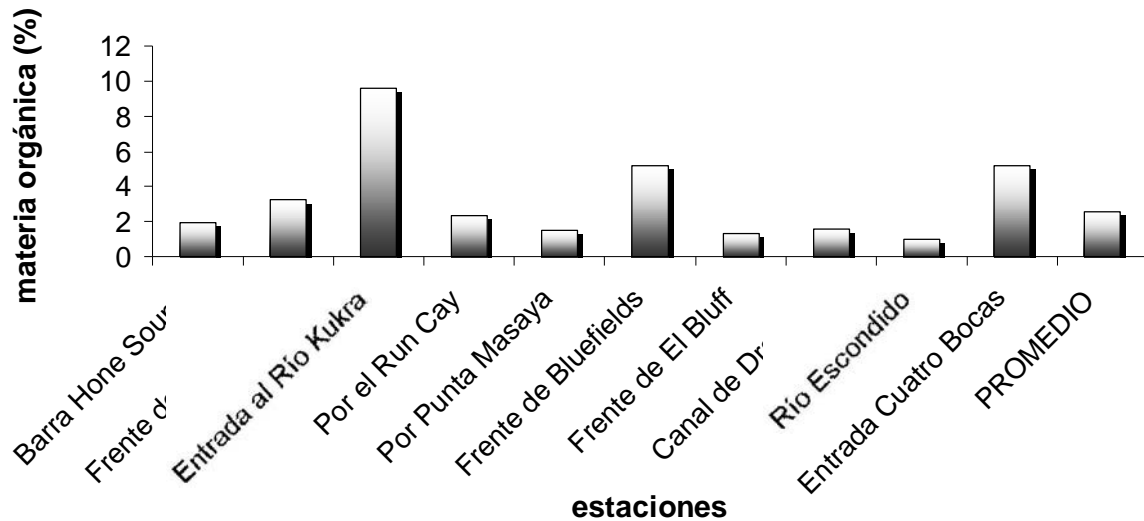


Fig. # 11. Contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Laguna de Bluefields, 2002.

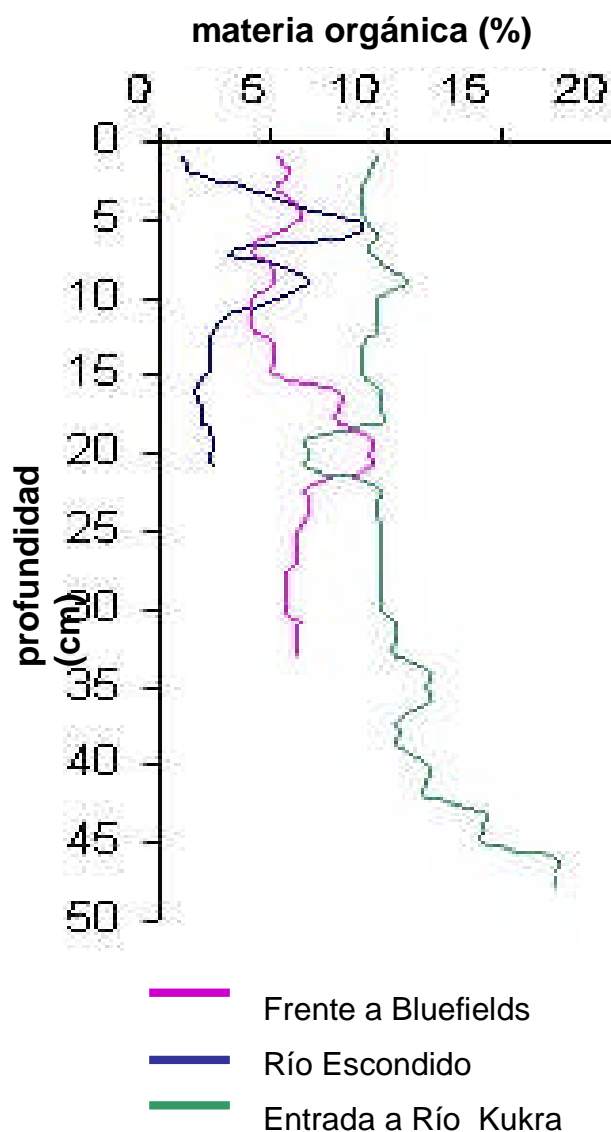
La materia orgánica proviene normalmente de los organismos muertos, restos de vegetación y residuos ricos en contaminantes orgánicos, que son vertidos por el hombre al medio ambiente. Se estima, que durante los últimos años los niveles del carbono total orgánico en los ríos han aumentado en un factor de 3-5 comparado con los niveles naturales (Hopkinson & Vallino 1995).

Al depositarse en el fondo, la materia orgánica sufre una serie de cambios bajo la influencia de los organismos bentónicos y bacterias, que la utilizan, como una fuente de energía, reduciéndola en especies inorgánicas simples. Las simulaciones indican que el equilibrio autotrófico-heterotrófico en los estuarios es más sensible a las variaciones de materia orgánica, que a la entrada de nutrientes inorgánicos (Hopkinson & Vallino 1995).

El corte transversal tomado en la estación Entrada al Río Escondido, donde los sedimentos se caracterizan por una alta cantidad de arena, el máximo contenido de materia orgánica se encuentra entre los 5 y 6 cm de profundidad, llegando a un valor de 8.67%.

En la estación Frente a Bluefields, con sedimentos franco arcillosos el aumento en el porcentaje de materia orgánica se encuentra a una profundidad entre los 19 y 21 cm, con un contenido de 9.2%.

Para la estación de la Entrada al Río Kukra con sedimentos de varios tipos: limo, fango, barro, arcilla plástica, muy fácilmente removible, que forma un pantano, se observó un aumento gradual del contenido de materia orgánica, llegando su valor máximo a una profundidad entre 46 y 48 cm, que fue la longitud del perfil del sedimento captado en ese punto,



sedimento captado en ese punto, con un valor de 17.29% de materia orgánica (Fig. # 12).

Fig. # 12. Contenido de materia orgánica en cortes transversales de sedimentos en la Laguna de Bluefields, 2002.

Posiblemente, esta distribución tiene una relación con las actividades antropogénicas o los fenómenos naturales que ocurrieron en la zona. Durante los huracanes o lluvias fuertes, las corrientes superficiales y profundas, y los vientos mezclan los sedimentos, distribuyendo uniformemente la materia orgánica. Por las condiciones de anoxia en las profundidades no ocurre un metabolismo rápido de ésta por parte de las bacterias u organismos bentónicos.

Las altas temperaturas anuales uniformes y la poca profundidad de la Laguna, así, como los factores biológicos ayudan a una mezcla continua de los sedimentos y al metabolismo rápido de la materia orgánica en la superficie.

8.2.3. Estudio mineralógico

De acuerdo a un estudio mineralógico realizado en el año 2002 existe una mezcla compleja de minerales en el perfil de sedimentos de la estación Frente a la ciudad de Bluefields (Dibujos # 14 -16).

En todas las muestras se observó la presencia de minerales arcillosos, caolinita, halita y cuarzo. El cuarzo aparece, a pesar del tratamiento que se dio a la muestra antes de su procesamiento. Las fracciones de la arena previamente fueron separadas de la muestra cruda y el análisis se realizó en la mezcla de fracciones de limo y arcilla.

La presencia de los componentes mencionados anteriormente, nos sugiere que durante años el sedimento se formó bajo la influencia marina y arrastres de sedimentos de las cuencas. No se puede responder con certeza a preguntas sobre que fuerzas trabajan más activamente en la deposición de los sedimentos: ¿los vientos, o los ríos? y que relacion existe entre el tipo de sedimento y los contaminantes.

8.3. CONTAMINANTES.

8.3.1. Contaminación por sedimentación en la Laguna de Bluefields:

Uno de los grandes problemas ambientales de la laguna es el proceso de sedimentación. Este cuerpo de agua está sometido a dos constantes presiones, que son: los sedimentos transportados por los ríos, producto de la erosión de las cuencas adyacentes y los sedimentos marinos. La mayor cantidad de los sedimentos entran a través del caudal del río Escondido. Las actividades antropogénicas, tales como el trabajo de construcción, dragado, y diversas clases de actividades de la reconstrucción, pueden alterar el cargamento del sedimento en áreas costeras bajas (Wulff *et al.* 1997).

La acumulación de sedimentos en el delta del río, implica por lo menos cuatro etapas, que dependen del régimen hidrológico del río y del ambiente costero del océano (Wright & Nittrouer 1995).

- suministro en forma de pluma;
- deposición inicial;
- resuspensión y transporte por procesos marinos;
- acumulación a largo plazo.

Los vientos fuertes controlan la trayectoria de la pluma de los sedimentos durante el invierno. Aunque las fluctuaciones estacionales del río tienen el control dominante sobre la descarga, la fase de marea también desempeña un papel importante (Wright & Nittrouer 1995).

El 40% de la fuente anual de los sedimentos son atrapados en la boca del río, el resto de los sedimentos escapan hacia el mar, formando un delta subacuático (Wright & Nittrouer 1995).

Entre los factores, que influyen sobre la acumulación de los sedimentos, según Wright & Nittrouer (1995) podemos mencionar: la fuerza de Coriolis, que está en dependencia de la latitud, la anchura del estante, que depende de la configuración tectónica y determina, si el sedimento escapa o se acumula; y el tamaño del río, que está en relación directa con su drenaje.

La densidad de la pluma está correlacionada con la salinidad, la temperatura y la concentración de los sólidos suspendidos, además del estado de la marea y agitación producida por las olas entre el río y el mar, y la velocidad del viento (Wright & Nittrouer 1995).

8.3.2. Datación de los perfiles de sedimentos:

Para conocer la correlación entre la velocidad de sedimentación y el tiempo, se utilizó la técnica nuclear, que emplea Plomo 210. La datación en sí se basa en la aplicación de un modelo denominado CRS; Constant Rate Supply of ²¹⁰Pb (Appleby 1994; Krishnaswami & Lal 1978) Los perfiles de sedimentos fueron captados en las estaciones: Entrada al Río Escondido, Frente a la ciudad de Bluefields y Entrada al Río Kukra.

Para la datación y recopilación históricas confiables, el material base no debe ser perturbado, preferiblemente de grano fino, y recogido en un área con un nivel relativamente rápido de sedimentación (Valette-Silver 1993).

Se asume, que los errores del muestreo por compactación, mezcla y resuspensión de los perfiles de sedimento originadas por el viento, oleajes, bio turbación y corrientes del fondo, y el transporte de muestras fueron mínimos. Las muestras fueron colgadas en tubos transparentes de PVC, que tienen un diámetro interno de 8.4 cm y transportadas con mucho cuidado en cada caso.

La interpretación de los datos es compleja por la compactación y mezcla de los sedimentos que se presentan en el medio costero por los fenómenos naturales y actividades antropogénicas. La compactación es más frecuente en los sedimentos con una densidad más baja, debido a un contenido orgánico más alto (Lynch *et al.* 1989), que fue el caso de la estación Entrada al Río Kukra.

En las áreas de acumulación más lenta de los sedimentos, los efectos de la remoción de éstos por los organismos acuáticos son significativos. Los organismos bentónicos ingieren partículas de sedimentos en las profundidades y

las excretan en la superficie; unas ciertas especies excretan el material fecal directamente en la columna. Otros organismos mueven las partículas lateralmente a través de mecanismos de locomoción y alimentación (Wright & Nittrouer 1995).

La máxima tasa de sedimentación ocurre durante los meses en que los vientos y las corrientes a lo largo del estuario son débiles (Wright & Nittrouer 1995). Los perfiles presentaron tendencias de la disminución en la tasa de sedimentación con el tiempo.

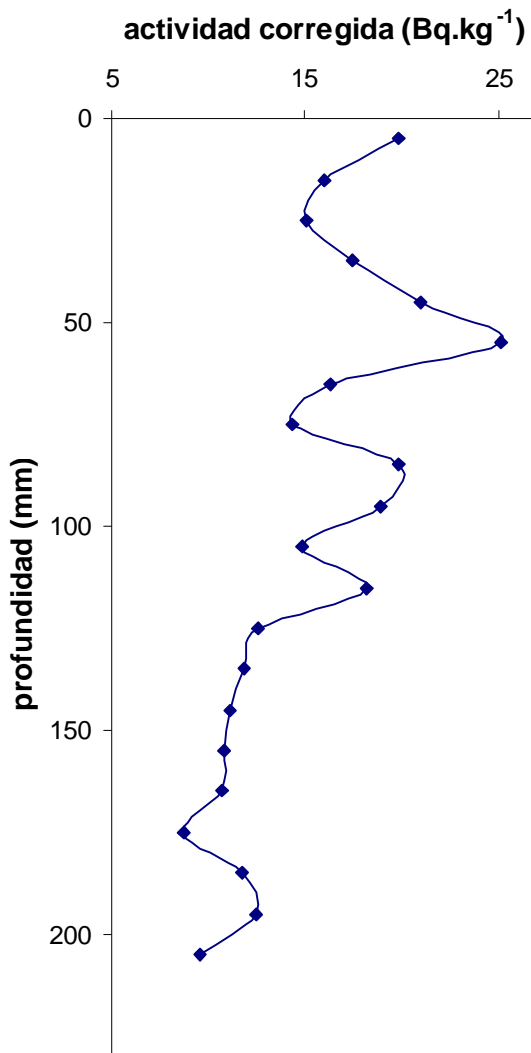


Fig. # 13. Actividad corregida de ²¹⁰Pb en el perfil de sedimento en delta del Río Escondido, datos febrero 2002.

8.3.2.1. Perfil de sedimentos de la estación Entrada al Río Escondido:

El perfil fue tomado en el delta del río Escondido, en el área, no perturbada por la intervención antropogénica. El perfil muestra una columna uniforme de arenisca fina, con partículas de color gris de 210 mm de longitud, con un canal horizontal pequeño entre los 5 y 6 cm. El porcentaje de humedad en todas las secciones indicó un promedio de $(41.79\% \pm 7.95)$, con un rango de variación entre 32.49% y 56.38%.

Las mediciones de la actividad específica de ^{210}Pb corregida, que está en relación directa con la cantidad presente de ^{210}Pb en el perfil de sedimento, se observa en la figura # 13. Es visible una gradual disminución de la actividad, con la profundidad. Al comparar la actividad de ^{210}Pb con el contenido del porcentaje de materia orgánica en el perfil se encontró una correlación lineal con el coeficiente de correlación $R = 0.84$ (Fig. #14), lo que significa que los sedimentos son la mayor cantidad de materia orgánica captan mayores concentraciones de plomo 210.

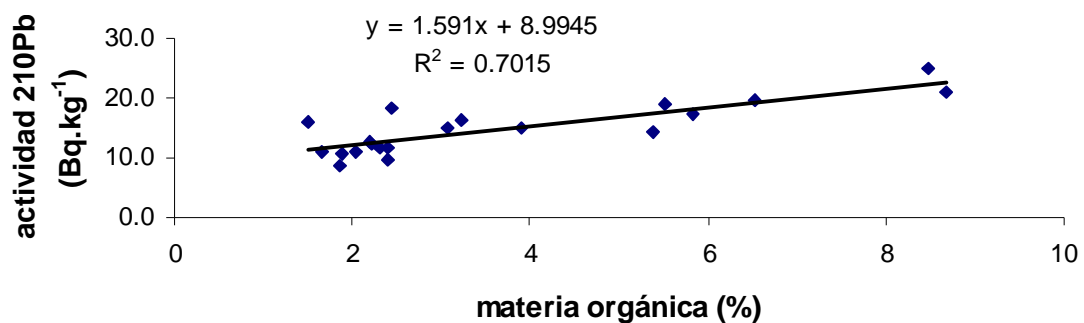


Fig. # 14. Correlación lineal entre el porcentaje de materia orgánica y la actividad de ^{210}Pb en el perfil de sedimento en el delta del Río Escondido, periodo cronológico de 255.7 ± 59.1 .

En la figura # 15 se puede apreciar, que la velocidad de la sedimentación y el flujo de masa seca tienen la misma tendencia con la profundidad. En las secciones cercanas a la superficie se observó un aumento de estos parámetros, lo que puede estar relacionado con el aumento de las actividades antropogénicas en la zona (deforestación, cambio en usos del suelo, aumento en el uso de sistemas acuáticos).

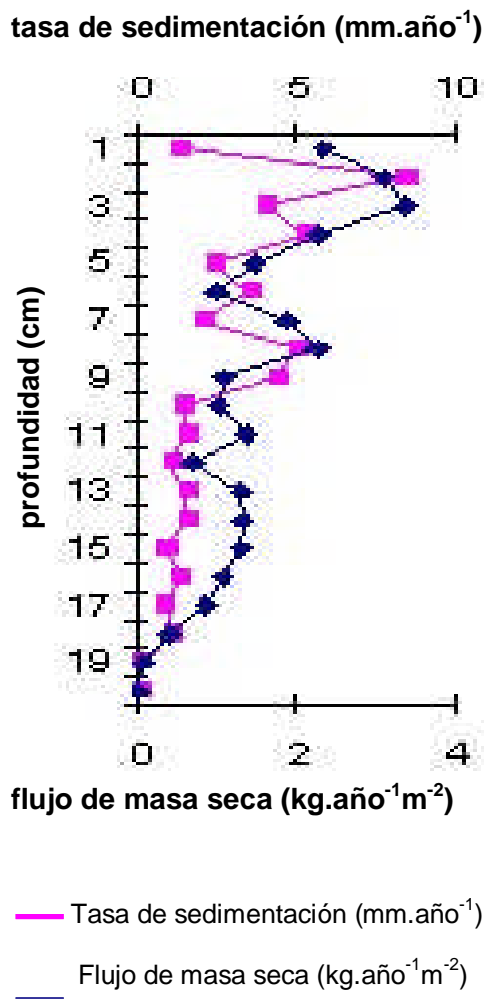


Fig. # 15. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad de perfil en el delta del Río Escondido, febrero 2002.

La datación del perfil de sedimento en el delta del Río Escondido determinó una longitud temporal de 255.7 ± 59.1 años (1746.8 ± 59.1). El flujo de masa seca en todo el perfil de sedimento es de $0.2683 \text{ kg.m}^{-2}\text{año}^{-1}$, y su tasa o velocidad de sedimentación es de $1.8232 \text{ mm.año}^{-1}$.

Entre el periodo cronológico correspondiente a 1746.8 ± 59.1 años hasta 1894.1 ± 11.6 años la tasa de sedimentación era cercana a cero (profundidad de captación de la sección entre 205-195 mm), y la influencia antropogénica fue casi nula (Fig. # 16). El bosque virgen del trópico

húmedo protegía eficientemente las tierras de la erosión.

A finales del siglo XIX, cuando comenzó la migración de los mestizos del Pacífico hacia el Atlántico, se observó un aumento en la tasa de sedimentación, (1894.1 ± 11.6 años hasta 1903.7 ± 9.7 años). Este periodo se caracteriza por una baja influencia antropogénica y con la tasa de sedimentación de 0.07 mm.año^{-1} .

Esta tasa de sedimentación corresponde a una profundidad de captación de las secciones entre 185 mm y 195 mm. Todo este periodo puede ser considerado como un indicador de la sedimentación natural en el perfil estudiado.

Desde el comienzo del siglo XX, hasta mediado de los años setenta, los rangos de la tasa de sedimentación en el delta del Río Escondido fluctuaban entre 0.82 mm.año⁻¹ hasta 1.49 mm.año⁻¹, la profundidad de la captación de la sección era entre 95 mm y 185 mm, lo que corresponde a una influencia antropogénica

mediana y se caracteriza por la intervención, explotación de riquezas forestales y comienzo del desarrollo de la ganadería extensiva en la cuenca del Río Escondido.

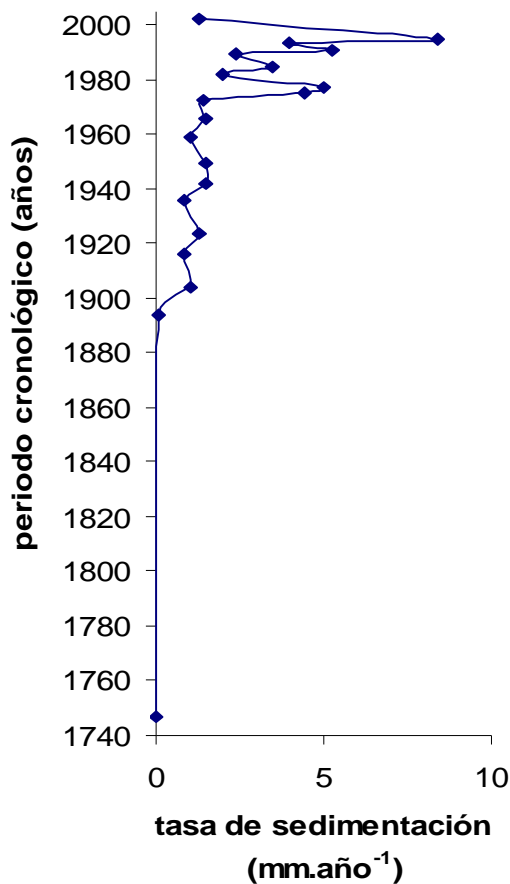


Fig. # 16. Velocidad de sedimentación en el delta del Río Escondido, periodo cronológico de 255.7±59.1.

Las alteraciones en la tasa de sedimentación se observaron principalmente en las últimas tres décadas. Estos años se caracterizaban por el desarrollo extensivo de la ganadería, avance de la frontera agrícola, desarrollo de la agricultura de subsistencia, deforestación, quemas “controladas” en la cuenca del río Escondido. La profundidad de la sección

es de 0 mm hasta los 85 mm. Los rangos en la tasa de sedimentación para este periodo son desde 1.31mm.año⁻¹ hasta 8.4 mm.año⁻¹.

Datos registrados en Norteamérica, señalan que la erosión del suelo puede aumentar en más de 10 veces después de la deforestación y cambio del uso del suelo para actividades agrícolas. Los factores principales que controlan los índices de la erosión del sedimento de las cuencas son el uso del suelo, la cubierta vegetal, la inclinación topográfica, el tipo del suelo, la intensidad y la duración de la precipitación, y prácticas agrícolas de conservación (Hopkinson & Vallino 1995).

En general, la tendencia del aumento en la tasa de sedimentación en el perfil en el delta del Río Escondido tiene una relación estrecha con actividades antropogénicas. El factor de la producción del sedimento, un parámetro importante en la ecuación universal de la pérdida del suelo, donde el coeficiente para los bosques de edad media es de 0.001, para las tierras con cultivos de pastos es de 0.05, y para la región agrícola sin actividades destinados a la conservación del suelo es de 0.3 (Hopkinson & Vallino 1995).

En la figura # 16, se observó alteraciones en la tasa de sedimentación, que corresponden a los años 1991.1 ± 3.5 y 1994.8 ± 3.4 . Comparando con los datos de los fenómenos naturales (huracanes e inundaciones), ocurridos en el territorio del país, (INETER 2001) consideramos, que el primero con una tasa de sedimentación de 5.26 mm.año^{-1} puede tener relación con el Huracán Juana, que azotó la Costa Atlántica en el año 1988 y fue causante de las pérdidas de la cobertura forestal (dibujo # 13), y el segundo pico con el valor de la tasa de sedimentación de 8.4 mm.año^{-1} puede tener relación con las inundaciones observadas en relación a la tormenta tropical Bret, agosto de 1993, que provocó las crecidas en el río Escondido y afectó con las fuertes lluvias en toda la Costa Atlántica; tormenta tropical Gert, que el día miércoles 15 de septiembre azotó el sector de Ciudad Rama, provocando desbordamiento en los ríos Siquia, Mico y Rama; Depresión Tropical Gordon, noviembre 1994 y Huracán Cesar, julio 1996, que ocasionó las inundaciones en El Rama y Nueva Guinea (INETER 2001).

8.3.2.2. Perfil frente a la ciudad de Bluefields:

Este perfil fue tomado en un área donde no se han realizado actividades de dragado, cerca de la desembocadura del Dead Man Creek, la longitud de la columna es de 320 mm, de color gris oscuro, textura arcillosa compacta, entre los

28 y 31 cm presencia de un canal horizontal. El contenido del porcentaje de humedad es de $(53.9\% \pm 4.32)$, con un rango de variación entre 41.97% y 61%.

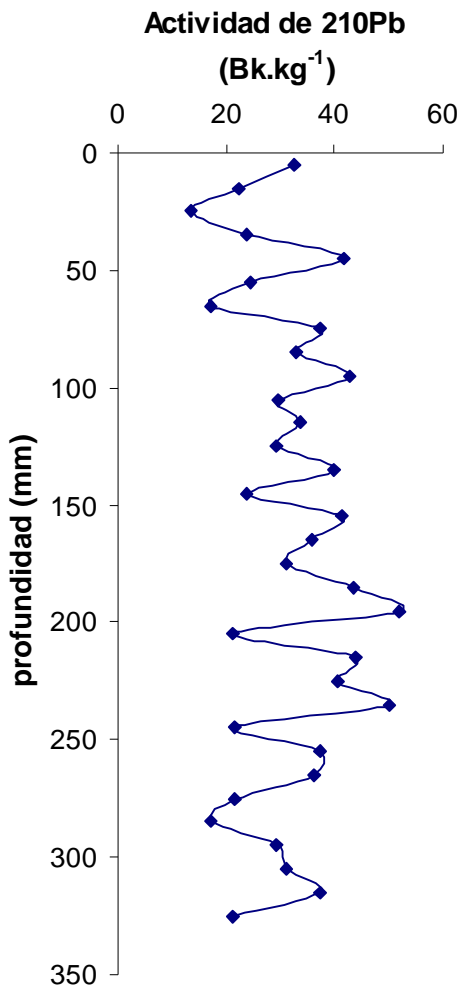
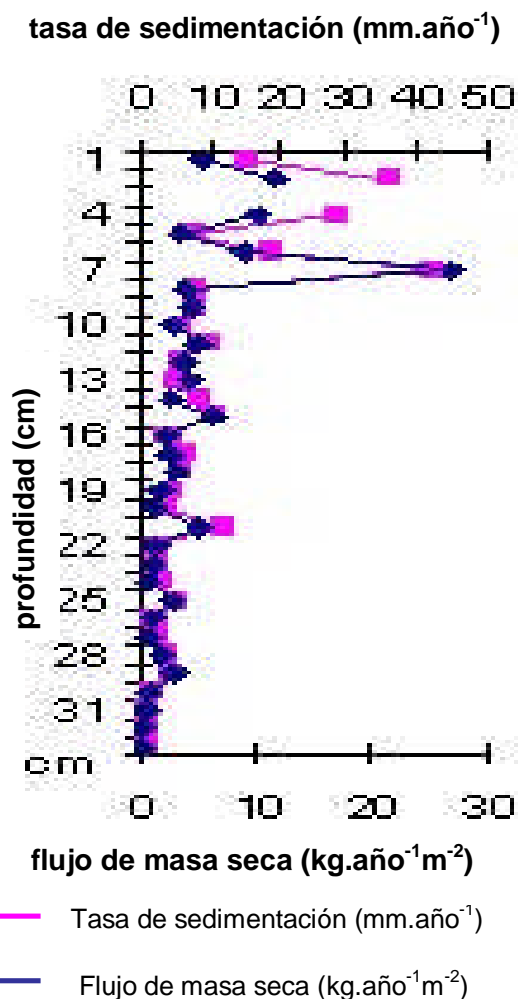
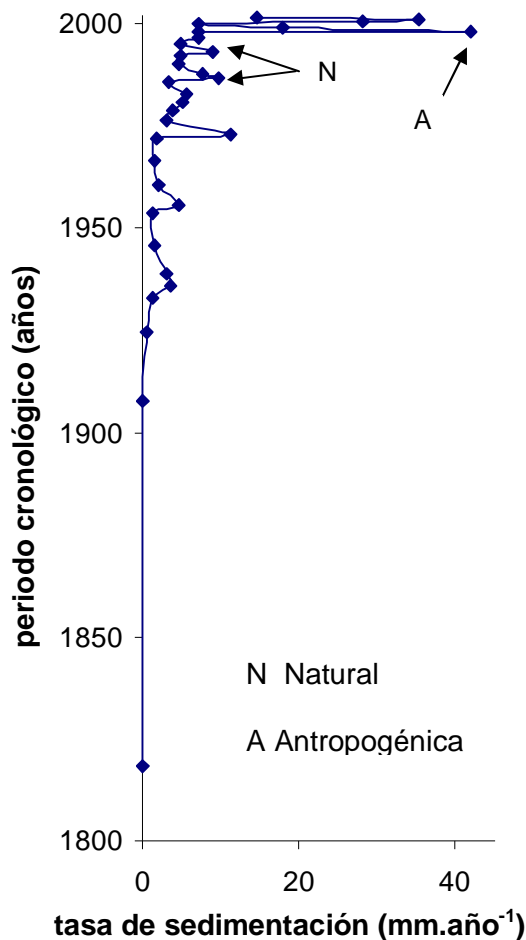


Fig. # 18. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad en la estación frente a la ciudad de Bluefields, febrero 2002.



De acuerdo a la figura # 17, se puede observar que la actividad de ^{210}Pb en los sedimentos tiene una irregularidad en el comportamiento con la profundidad. Esto puede estar atribuido a la mezcla de los sedimentos por causas naturales o antropogénicas.

En la figura # 18 se puede ver que existe una relación directa entre la tasa de sedimentación y el flujo de masa seca en este lugar de muestreo. Se observó una tendencia al aumento de los valores de estas variables cerca de la superficie, con las alteraciones en las profundidades de 75 mm y 35 mm.



La datación del perfil de sedimento resultó con una longitud temporal de 183.1 ± 8.9 años, hasta 1818.4 ± 8.9 años. El flujo de masa seca en todo el perfil es de $0.0987 \text{ kg.m}^{-2}.\text{año}^{-1}$, y la tasa o velocidad de sedimentación del perfil es de $2.4084 \text{ mm.año}^{-1}$. Se observó, que desde el año 1818.4 ± 8.9 hasta el año 1924.5 ± 4.8 (la sección está entre 325 – 305 mm), la tasa de la sedimentación en la Laguna de Bluefields fue de 0.08 mm.año^{-1} , lo que significa que aportes antropogénicas fueron mínimas (Fig. # 19).

Fig. # 19. Tasa de sedimentación durante el periodo cronológico de 183.1 ± 8.9 años en el perfil Frente a la ciudad de Bluefields.

Desde el año 1924.5 ± 4.8 hasta el año 1985.5 ± 2.0 (la sección está entre 305 – 115 mm) la variación en la tasa de sedimentación fue de 0.41 mm.año^{-1} hasta 5.13 mm.año^{-1} . Este periodo se caracteriza por una baja influencia antropogénica, pocos procesos de erosión y de sedimentación. Se observa un pico a una profundidad de 205 mm, que corresponde al año 1972.8 ± 2.4 con la tasa de sedimentación de $11.22 \text{ mm.año}^{-1}$. Posiblemente, esto está relacionado con un incendio que ocurrió en enero de 1970 en la ciudad de Bluefields, donde fue afectado el centro de la ciudad y, posteriormente, en septiembre de 1971 con el Huracán Irene (Dibujo # 13), que ocasionó daños a las viviendas y produjo la inundación en esta ciudad (INETER 2001). Además, desde el año 1963 hasta 1971 la ciudad de Bluefields duplicó su población incrementando también la tasa de sedimentación (Fig. #20).

Estas alteraciones en las tasas de sedimentación fue más notoria en las últimas tres décadas. En la figura # 19 se pueden ver dos picos abreviados indicadas con flechas y la letra "N", los cuales se ubican en una profundidad de 145 mm y 105 mm y corresponden a los años 1986.5 ± 2.0 y 1993.1 ± 1.9 , con las tasas de sedimentación de 9.81 mm.año^{-1} y 8.87 mm.año^{-1} respectivamente.

Se consideró que estos aumentos tienen origen natural, donde el primero está relacionado con el Huracán Joan, que el día 22 de octubre de 1988 destruyó el puerto de aguas profundas en construcción en El Bluff y 4000 casas en la ciudad de Bluefields, provocando inundaciones fuertes en todo el área.

El segundo pico, descrito anteriormente, posiblemente tiene una relación con los fenómenos naturales descritos anteriormente (ver pág. 72).

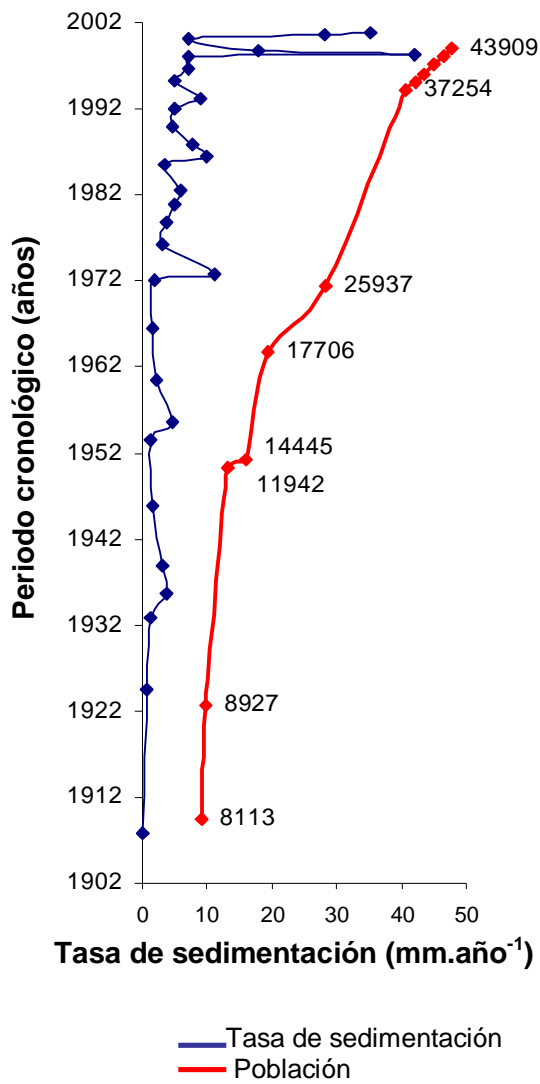


Fig. # 20. Relación entre la tasa de sedimentación en la estación Frente a la ciudad de Bluefields y la población de la ciudad de Bluefields (ver cuadro #22).

Los datos alarmantes del aumento en la tasa de sedimentación están reflejados en la figura # 20 con la flecha y letra "A", que corresponde a la profundidad de 0 mm hasta 65 mm y el periodo cronológico que comienza desde el año 1998.2±2.0 hasta el año 2001.5±0.0, con la tasa de sedimentación de hasta 41.88 mm.año⁻¹.

No podemos relacionar estas alteraciones con los fenómenos naturales, ya que durante este tiempo no se registró afectaciones directas en la ciudad de Bluefields, además el perfil tomado en el delta del Río

Escondido confirma una disminución en la tasa de sedimentación en la cuenca del Río Escondido en los últimos 8 años.

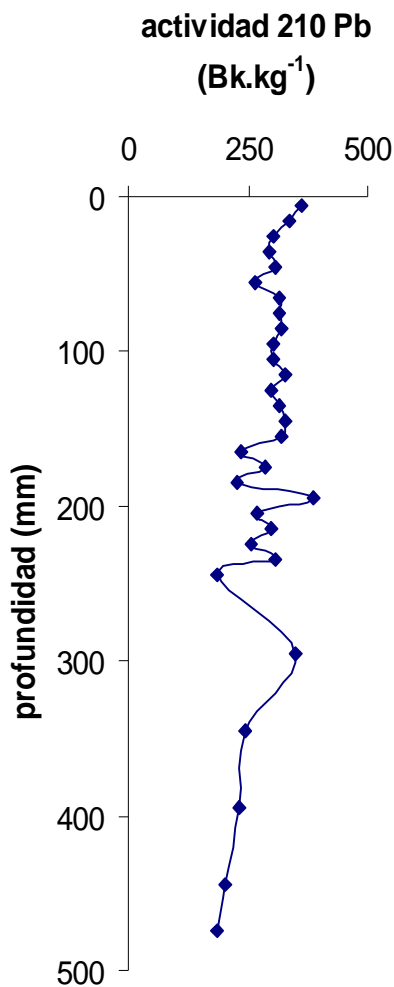
Se consideró que estos aumentos pueden tener origen antropogénico, comparando los datos de la tasa de sedimentación y el crecimiento de la población en la ciudad de Bluefields durante el periodo 1906-2000, se pudo encontrar una coherencia entre estas variables (Fig. # 20).

La atención especial se debe poner en las actividades del dragado que se efectúan en la parte norte de la Laguna. Para el año 1997 se realizó el dragado del canal cerca de la ciudad de Bluefields, formando 5 islas artificiales. En el año 1998 – 1999 una de las islas desapareció y la otra está desapareciendo actualmente. Ya que las principales corrientes son hacia el sur de la Laguna posiblemente una parte del sedimento se traslada durante estas actividades dispersándose por toda la Laguna, cambiando las propiedades granulométricas de los sedimentos naturales y aumentando la tasa de sedimentación en la estación Frente a la ciudad de Bluefields y posiblemente en toda el área sur. Se encontró una relación directa entre la fecha del comienzo del proyecto, y de las actividades realizadas en los últimos años con el aumento de la tasa de sedimentación observada en el perfil de sedimentos Frente a la ciudad de Bluefields, que comenzó entre los años 1998.2 ± 2.0 y 2001.5 ± 0.0 .

No se conoce realmente la magnitud de la afectación de la Laguna por los dragados, pero se sabe que el trabajo de construcción, dragado, pesca, extracción de arena, y las varias actividades de recreación, pueden alterar el cargamento del sedimento (Wulff *et al.* 1997).

El aumento en la tasa de sedimentación en general se debe a las causas antropogénicas, relacionadas con el desarrollo de la ciudad de Bluefields; el aumento en la población por causas naturales y por la inmigración de otras zonas del país; con el aumento del volumen de descargas líquidas, domésticas e industriales, que en ausencia del alcantarillado, arrastra los sedimentos hacia la Laguna; el aumento en la construcción de las viviendas, que induce al tráfico de arena de las playas de la costa cerca de El Bluff a través de la Laguna; urbanización de nuevas áreas que se relaciona con la eliminación de la vegetación y que se ubican en zonas de riesgo y no aptas para el crecimiento urbano; uso de carreteras sin revestimiento; destrucción de manglares; deforestación e influencia de los fenómenos naturales.

8.3.2.3. Perfil del sedimento de la estación Entrada al Río Kukra:



Este perfil fue tomado en un área pantanosa, donde no se han realizado actividades de dragado, cerca del delta del Río Kukra. La longitud de la columna es de 480 mm, de color gris oscuro, textura arcillosa, poco compacta, en todo el perfil presencia de raíces. El contenido del porcentaje de humedad es de $(64.3\% \pm 2.44)$, con un rango de variación entre 59.51% y 69.84%.

Fig. # 21. Actividad corregida de ^{210}Pb en el perfil de sedimento tomado en el delta del Río Kukra, datos febrero 2002.

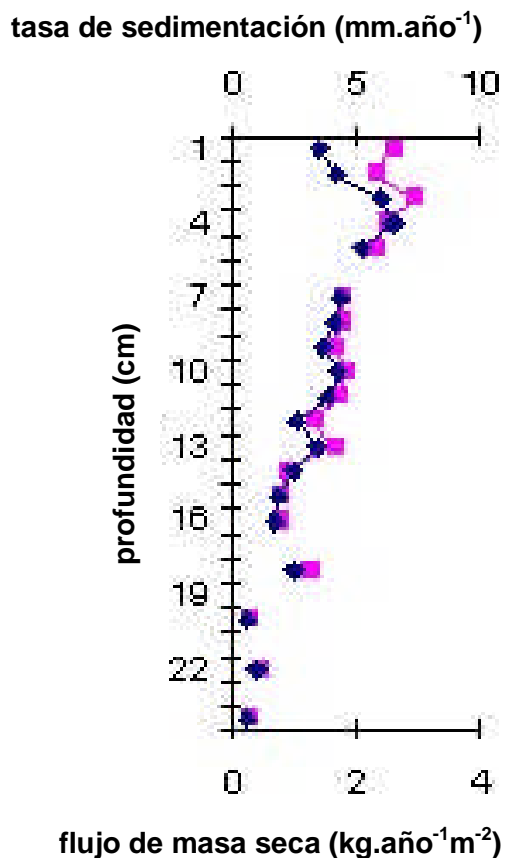
De acuerdo a la figura # 21, se puede observar que la actividad de ^{210}Pb en los sedimentos permanece constante con la profundidad. Esto coincide con las propiedades granulométricas del sedimento.

En la figura # 22 está reflejado la relación entre la tasa de sedimentación y el flujo de masa seca en el delta del Río Kukra. Los valores de estas dos variables son coherentes entre si, y se relacionan inversamente con la profundidad.

La datación del perfil de sedimento determinó una longitud temporal de 85.3 ± 13.4 años, hasta el año 1916.2 ± 13.4 . El flujo de masa seca en todo perfil es de $0.0990 \text{ kg.m}^{-2}\text{año}^{-1}$, y la tasa o velocidad de sedimentación del perfil es de $3.3412 \text{ mm.año}^{-1}$.

Se observa, que desde el año 1916.2 ± 13.4 hasta el año 1957.8 ± 6.1 (profundidad de captación de la sección entre 295 – 195 mm), la tasa de la sedimentación fluctuó entre 0 mm.año^{-1} y 1.07 mm.año^{-1} , lo que significa que la influencia antropogénica fue casi nula (Fig. # 23). Esto coincide con los datos del desarrollo socio – económico de la zona.

Fig. # 22. Relación entre la velocidad o tasa de sedimentación y el flujo de masa seca con la profundidad en el delta del Río Kukra, 2002.



Desde el año 1961.0 ± 5.7 hasta el año 1976.4 ± 4.7 (lo que corresponde a la profundidad de captación entre 175 y 135 mm), la variación en la tasa de sedimentación fue entre 1.84 mm.año^{-1} y 3.05 mm.año^{-1} . Este periodo se caracteriza por el comienzo de la invasión de los campesinos al área, deforestación y cambios del uso de suelo que llevaron a un aumento del proceso de erosión y de sedimentación. Se observó un aumento en la profundidad de 175 mm, año 1961.0 ± 5.7 , con el valor de 3.05 mm.año^{-1} . De acuerdo a los datos de INETER (2001), sobre fenómenos naturales, en junio del año 1966 el Huracán Alma afectó la parte sur de la Laguna de

Bluefields.

Después del año 1976, en la figura # 23 se puede observar un aumento en la tasa de sedimentación que tiene una rápida alteración en la última década. Estos datos son muy preocupantes, ya que demuestra un avance rápido de la frontera agrícola en en área de la cuenca hidrográfica Entre el Río Escondido y Río Punta Gorda y/o, que las actividades antropogénicas realizadas en la parte norte de la Laguna están aumentando las tasas de sedimentación en toda el área de la Laguna.

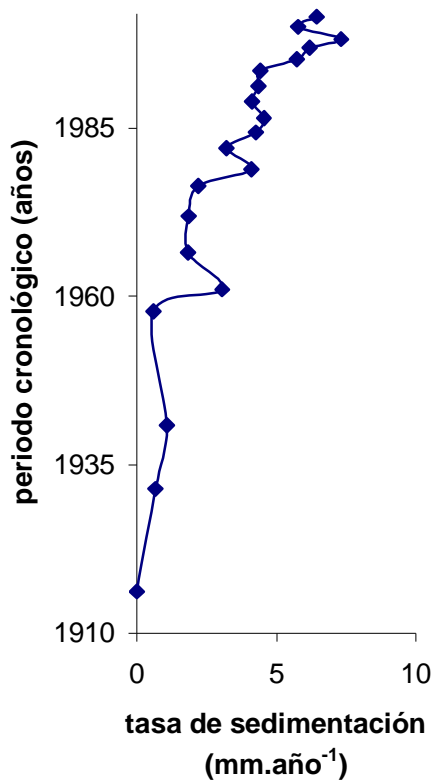


Fig. # 23. Velocidad de sedimentación durante el periodo cronológico de 183.1 ± 8.9 años en el perfil en el delta del Río Kukra, datos febrero 2002.

Comparando con otros dos perfiles no se encontró una respuesta o alteración directa a los fenómenos naturales (huracanes o tormentas tropicales), que ocurrieron entre los años 1988 y 1994.

No se conoce realmente la magnitud actual de la afectación antropogénica en la cuenca Entre el Río Escondido y Río Punta Gorda, ni en la sub cuenca del Río Kukra, no hay registros sobre las pérdidas forestales ocasionados por las quemas realizadas por los campesinos anualmente, o cual es el cambio actual en el uso del suelo, pero las

tasas de sedimentación encontradas en el delta del Río Kukra son superiores a las encontradas en el delta del Río Escondido.

Se debe tomar en cuenta que los sedimentos que trae el Río Escondido o removidos en la parte norte de la Laguna por las actividades de los dragados se depositan en toda la Laguna, llegando a formar pantano en la parte sur de la Laguna en la cercanía del delta del Río Kukra y posiblemente incrementando las las tasas de sedimentación.

Las mayores tasas de sedimentación están presentes en la estación Frente a la ciudad de Bluefields, llegando en los últimos años a cifras alarmantes. Comparando con la contribución de las cuencas la ciudad cabecera de la RAAS y las actividades antropogénicas realizadas en la Laguna se convirtieron en una amenaza para este ecosistema acuático. Se puede decir que la ciudad de Bluefields está influyendo negativamente en toda el área sur de la Laguna (Fig. # 24).

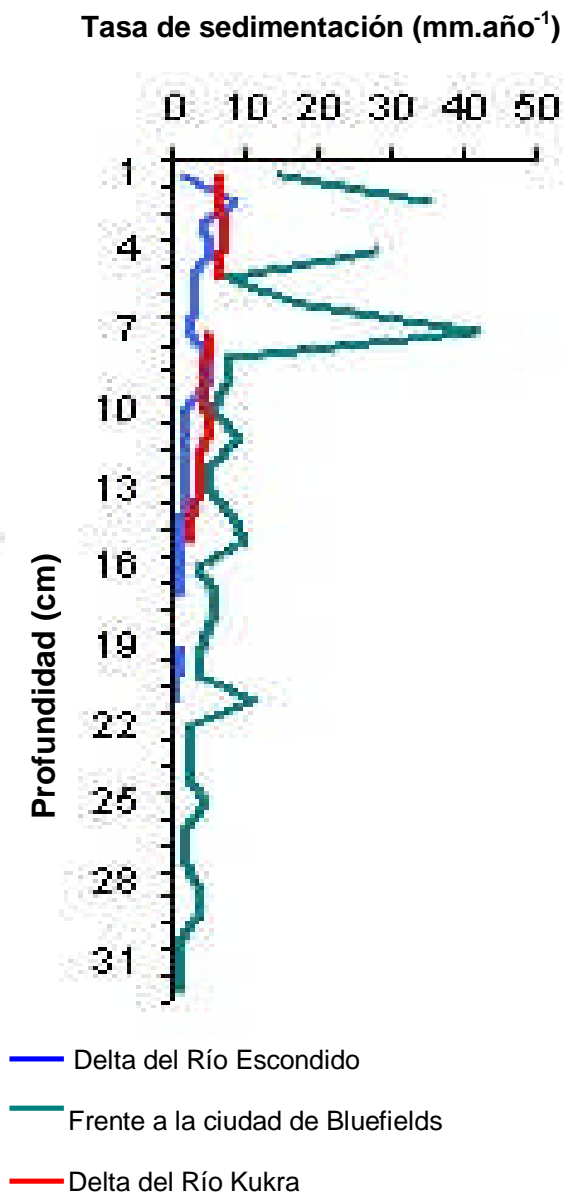


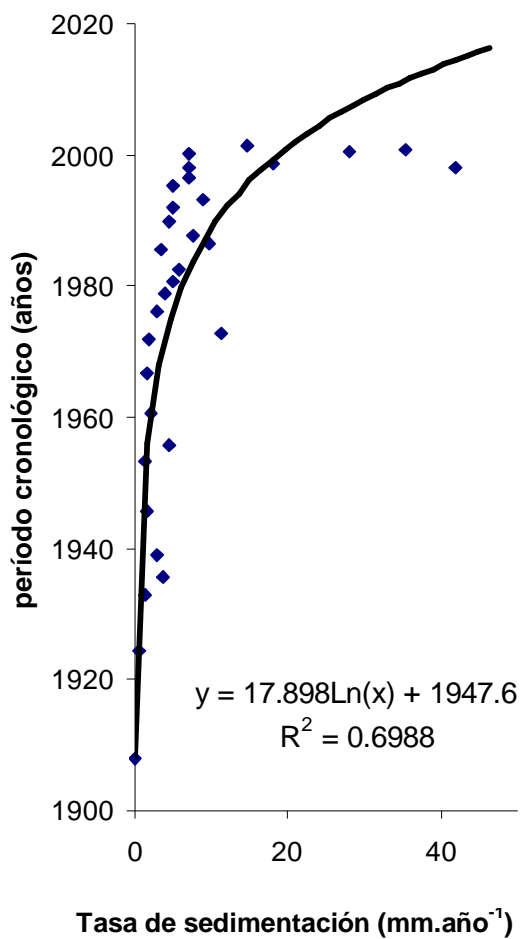
Fig. # 24. Relación entre las tasas de sedimentación en las tres estaciones de muestreo, 2002.

8.3.2.4. Tendencias de la Laguna de Bluefields con respecto de la sedimentación.

Para extrapolar los datos y ver las tendencias de la Laguna de Bluefields para el futuro realizamos los cálculos con los datos recibidos en las tres estaciones.

Para el perfil Frente a la ciudad de Bluefields se programó las tendencias hasta el año 2020. Se utilizó la línea de tendencia logarítmica, la que presentó el mejor ajuste a los datos recibidos ($R^2= 0.6988$, $R= 0.84$).

Debido al despale y las altas tasas de sedimentación, y continuando las actividades de dragado de manera igual, sin un plan de manejo de esta zona costera implementado antes del año 2020, tomando en cuenta que la profundidad promedio de la Laguna es de 1 metro y extrapolando los datos, se determinó que



probablemente para el año 2020 la sedimentación frente a la ciudad de Bluefields se aproximará a los 50 mm.año^{-1} , y entonces el tiempo de “relleno” de la Laguna será de aproximadamente 20 - 25 años (Fig. # 25).

Fig. # 25. Extrapolación de las tasas de sedimentación con la proyección hasta el año 2020 estación Frente de la Ciudad de Bluefields.

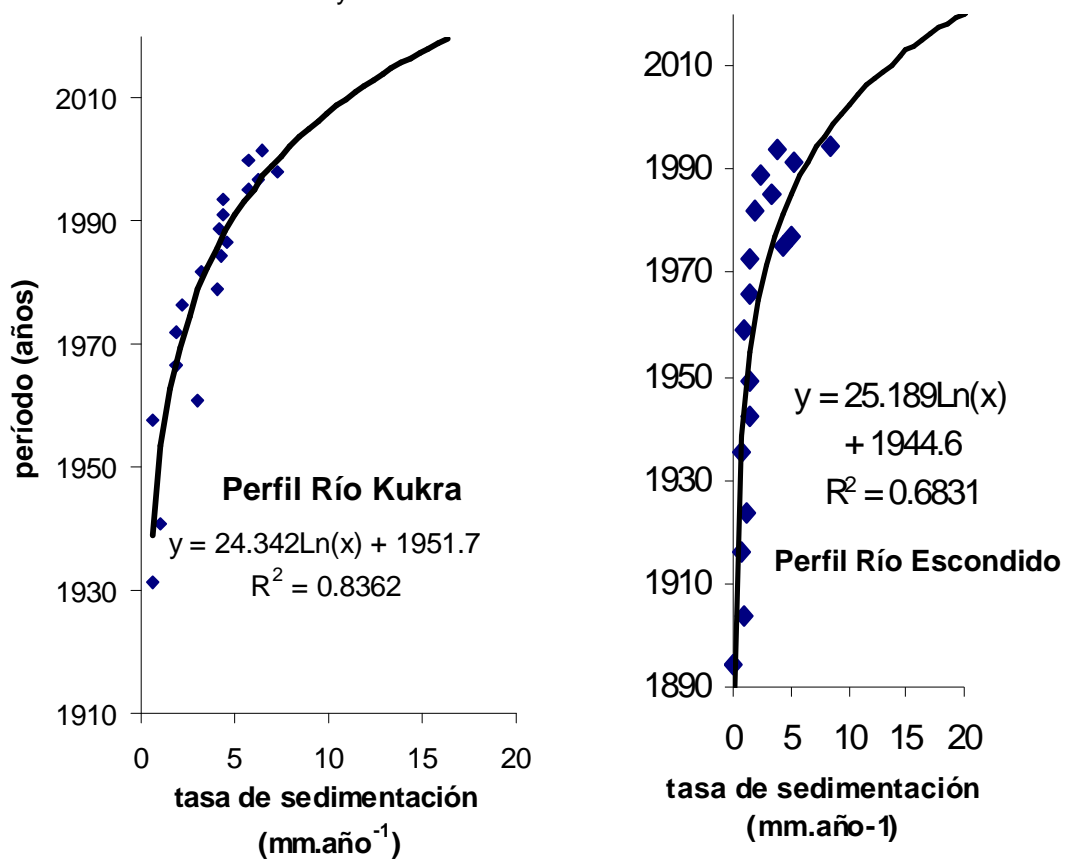
La extrapolación de los datos hasta el año 2020, en los perfiles de sedimentos de las estaciones de Río Escondido y Río Kukra indica que las tasas de sedimentación se aproximarán a 15-20 mm.año^{-1} . Esta tasa de sedimentación significa un “relleno” de Laguna con sedimentos

en los próximos 67-50 años (Fig. # 26). Los coeficientes de correlación para el perfil del Río Escondido es de $R^2=0.6831$ y $R=0.83$ y para el perfil del Río Kukra es de $R^2=0.8362$ y $R=0.91$.

Si no se toman medidas drásticas, probablemente, en un futuro cercano la sedimentación podrá disminuir peligrosamente el volumen local o total de la Laguna, amenazando de esta manera la vida normal de la biota acuática y actividades antropogénicas desarrolladas en la zona, principalmente de pesca, transporte, actividades recreativas y estéticas.

Las extrapolaciones utilizadas fueron hechas basándose en las condiciones actuales existentes en la Laguna, sin tomar en cuenta los cambios en las tasas de sedimentación en el futuro por la influencia de los fenómenos naturales o las medidas de mitigación, que pueden reducir notablemente estas tasas. Los posibles cambios en las propiedades batimétricas de la Laguna, y en la dinámica de las corrientes, pueden influir notablemente a estos cálculos. Pero sí se puede ver las tendencias en general de este cuerpo de agua.

Fig. # 26. Extrapolación de las tasas de sedimentación con la proyección hasta el año 2020 en las deltas de los ríos Escondido y Kukra.



8.3.2.5. Actividades de dragado en la Laguna de Bluefields:

De acuerdo a los datos recibidos de parte del Ing. Humberto Aragón Díaz (Ingeniero residente de los proyectos de dragado en la RAAS, Bahía de Bluefields y canales de acceso), el proyecto de dragado en la Laguna de Bluefields fue comenzado en el año 1996. El propósito del dragado fue: aumentar la profundidad de la laguna desde la ciudad de Bluefields y la Barra del puerto El Bluff hasta la Pesca Nica, formando dos canales con una profundidad de 4.3 metros, lo que significa extraer una capa de sedimentos de 0.9 m, para garantizar la seguridad a las embarcaciones de cabotaje nacionales e internacionales.

La primera y la más costosa propuesta fue llevar el sedimento extraído al mar abierto, lo que podría causar el impacto en las especies marinas y contaminación adicional de la costa. Para mitigar los daños causados por el dragado, fue propuesto desechar el sedimento, en la orilla de la Laguna de Bluefields, extendiendo así la litoral. Bajo las circunstancias de carácter técnico, la propuesta se transformó en la decisión de formar las islas artificiales con el sedimento dragado, y ubicarlas en línea paralela al canal de dragado a una distancia de 100 metros. Para garantizar la estabilidad de los sedimentos en las islas, se realizó la reforestación de estas, con especies de mangles. De esta manera las islas además de su valor estético, se convirtieron en rompeolas, sitio de crianza para las especies acuáticas y un lugar de anidación para las aves marinas.

Primeramente en el año 1997 fue abierto el canal entre la ciudad de Bluefields y Pesca Nica con una draga de succión. Como resultado, el sedimento fue estabilizado en 5 islas artificiales de 60000 m³, las que se ubicaron paralelamente al canal. La primera desapareció en el año 1999, por lo que el volumen del sedimento no fue adecuado y las plantas no pudieron crecer satisfactoriamente.

Actualmente existen 4 islas, de las cuales tres están en buenas condiciones y una, la más cercana a la ciudad de Bluefields está desapareciendo poco a poco. El canal está en buenas condiciones y todavía no se ha realizado otro dragado.

Actualmente se está realizando el dragado del canal de 6.5 km de longitud entre El Bluff y Pesca Nica. En el año 1995 fue proyectada la extracción de 350000 metros cúbicos de sedimentos. La capacidad actual del proyecto es de 80000 metros cúbicos de sedimentos por año, que se efectúa por sectores de 1.6 km cada uno, que son los puntos críticos para el transporte acuático. En esta actividad primeramente fueron formadas tres islas artificiales sin reforestación, las cuales se perdieron en el año 2000 bajo influencias de los vientos y corrientes del agua. Actualmente se preparan otras tres islas artificiales de 16000 metros cúbicos cada una y está programada la reforestación adicional. Para prevenir dragados continuos, se propone realizar dragados a largo plazo cada 5-6 años.

Utilización de presas: En otras partes del mundo las presas son reguladores extremadamente eficaces del flujo del agua. El río de Colorado es uno de los ríos donde el agua es salvada para el consumo humano, irrigación y generación de potencia. En el río de Volta la variación anual en el flujo alto y bajo excedió un factor de 3, antes de la construcción de la presa de Akosombo; sin embargo, ahora se regula en una descarga constante de $1150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Petr 1986).

La interceptación de sedimentos detrás de las presas se acerca a la eficacia 100%. Antes de la construcción de la presa alta de Aswan en Egipto, toneladas de sedimentos fueron depositadas anualmente en llanos de la inundación a lo largo del río del Nilo y el 93% restante fueron transportados al delta del Nilo. Después del encierro de la presa, los 98% de sedimentos se conservaron dentro del depósito (Hopkinson & Vallino 1995).

Para esta zona las represas posiblemente no son indicadas para resolver los problemas de sedimentación existentes, ya que las fuentes principales de la sedimentación se ubican en los costados de la Laguna. Las presas perjudicarían al movimiento del transporte acuático y posiblemente cambiarían el régimen del flujo del agua, e influirían negativamente sobre la dinámica de la biota acuática.

8.3.3. Hidrocarburos:

La zona se caracteriza por el uso activo del transporte acuático, lo que conlleva a una contaminación continua del agua y de los sedimentos con los hidrocarburos. Tomando en cuenta que el intercambio del agua en la Laguna es muy rápido y que las fuentes de contaminación no son puntuales decidimos realizar un estudio de los hidrocarburos en los sedimentos.

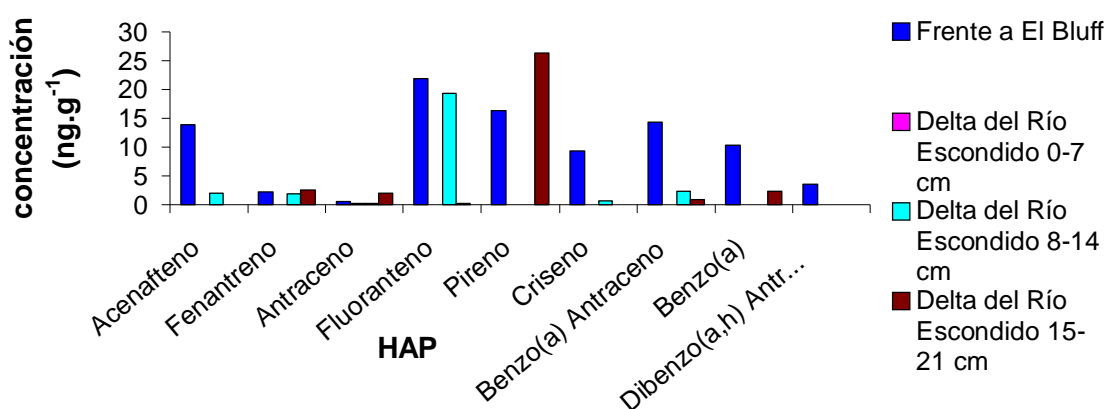


Fig. # 27. Contaminación por HAP en los sedimentos de estaciones El Bluff y Entrada al Río Escondido en la Laguna de Bluefields, año 2002.

En la estación de la Entrada al Río Escondido la muestra fue tomada hasta la profundidad de 21 cm, indicando la presencia de fluoranteno con una concentración de 19.29 ng.g^{-1} . Naftaleno no se observó en ninguna muestra (Fig. # 27).

En la estación a unos 500 metros del puerto El Bluff la muestra del sedimento fue tomado de la superficie con ayuda de una draga. Los resultados indican la presencia de fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a)antraceno, benso(a)pireno y dibenso(a,h)antraceno. Al comparar estos valores (cuadro # 14) se encontró, que los valores recibidos no superan las normas para el parámetro “suelo para el uso recreativo”, considerando que la isla El Bluff tiene un valor recreativo para la población.

En la estación Entrada al Río Kukra (Fig. # 28) se observó, que los parámetros fluoranteno y benzo(a)pireno se encontraron en la profundidad de 30 cm. Aunque dicha estación está ubicada lejos de las principales vías acuáticas y existe poco transporte en esta zona, debido al transporte atmosférico (Valette-Silver 1993) y la circulación del agua y transporte de material suspendido el contaminante se esparce por toda la Laguna, llegando a acumularse en los sedimentos y como es una zona pantanosa, el movimiento del contaminante es más activo hacia la profundidad.

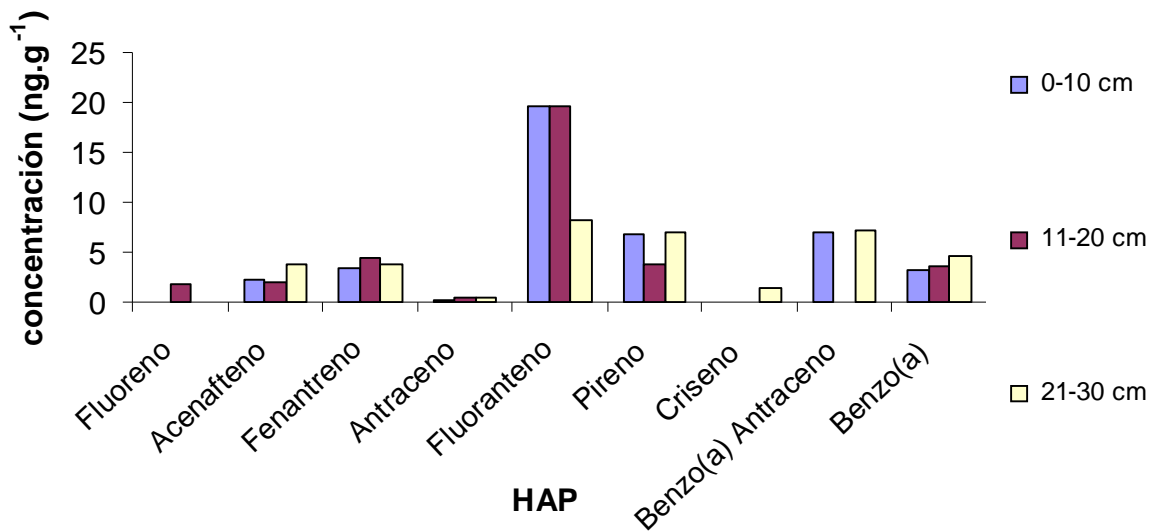


Fig. # 28. Contaminación por HAP en los sedimentos de estación Entrada al Río Kukra en la Laguna de Bluefields, año 2002.

En la Estación Frente a la ciudad de Bluefields, casi todos los HAP, se encontraron presentes en los sedimentos. Claramente se observa la tendencia del aumento en la cantidad de contaminantes con la profundidad. Los valores de estos no superan las normas para los Países Bajos y Canadá (Fig. # 29).

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

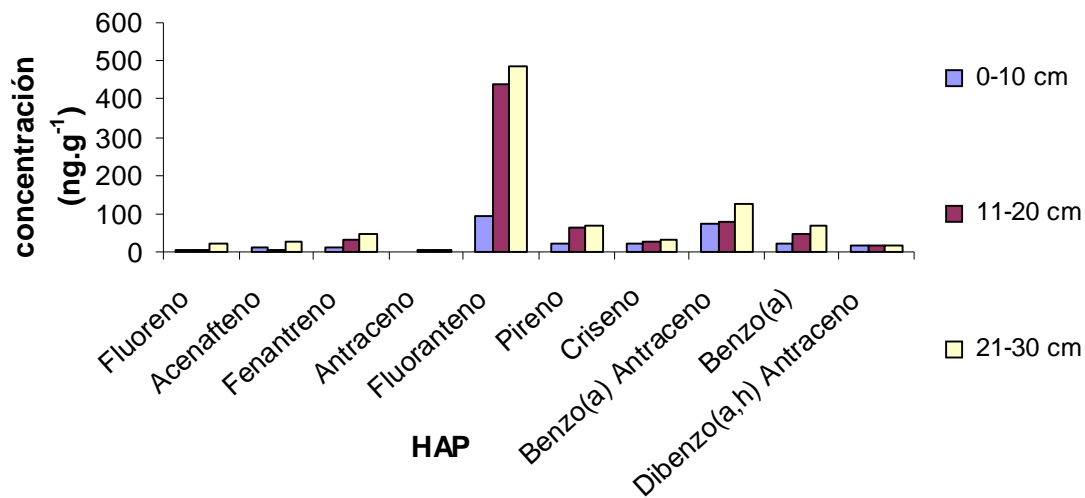


Fig. # 29. Contaminación por HAP en los sedimentos de estaciones frente de Bluefields en la Laguna de Bluefields, 2002.

En ambientes de estuario y por costeros, existe mayor oportunidad de la mezcla de los sedimentos por la actividad biológica o fenómenos naturales (Anisfeld, Tobin & Benoit 1999; Valette-Silver 1993) durante los cuales ocurre liberación del contaminante lo que ayuda al auto depuración de la Laguna; pero, puede contribuir a la acumulación de contaminantes en los organismos acuáticos, destinados al consumo humano e influir negativamente en la calidad de agua.

Entre los principales contaminantes por hidrocarburos los pobladores de la ciudad de Bluefields indican los botes con el motor interno que ocupan diesel, mal manejo y almacenamiento de hidrocarburos, y la planta de ENEL, que funcionó en la ciudad de Bluefields desde mediados de los años sesenta hasta mediados de los años noventa.

Algunos testigos indican que en algunas ocasiones hubo derrames de diesel sobre la Laguna de Bluefields, contribuyendo de esta manera a la contaminación de ésta por hidrocarburos. Se puede pensar, que los dragados, que continuamente se realizan en la Laguna, especialmente en las zonas con el posible alto contenido de contaminantes pueden contribuir en la liberación y redistribución de éstos y ayudan a su transformación química y biológica.

No podemos afirmar hasta que profundidad se encuentra la contaminación por hidrocarburos, ni existe un riesgo de movimiento de estos hacia los acuíferos, pero la ciudad de Bluefields, el puerto El Bluff y los canales por los cuales se realiza el movimiento de los barcos pueden ser en el futuro una amenaza para la Laguna, por lo que a pesar del corto tiempo de residencia del agua en la Laguna, los sedimentos acumulan el contaminante.

Los resultados del estudio realizado en 1996 por CIMAB, indicaron la mayor contaminación del lóbulo norte de la Laguna, principalmente alrededor de la ciudad de Bluefields y comparando hubo una ligera contaminación en el lóbulo sur.

Para el año 2003 se encontró que en los sedimentos de la Laguna de Bluefields la contaminación por los HAP es ligera.

El estudio de los HAP en los perfiles da una idea general de la evolución de la contaminación en los sedimentos de estuarios. Comparado con las concentraciones del fondo natural de HAP, los sedimentos actuales muestran un factor a menudo mayor de 40 del enriquecimiento (Valette-Silver 1993).

No se pudo encontrar una coherencia en la reconstitución histórica de la contaminación de este cuerpo acuático por hidrocarburos en relación con la datación de los sedimentos, ya que estos fueron sujetos a mezclas en el medio ambiente natural por actividades antropogénicas y fenómenos naturales.

8.3.4. Plaguicidas organoclorados:

Los plaguicidas organoclorados fueron evaluados en el año 1996, por los especialistas del CIMAB, entre los resultados apareció que más del 60 % de las estaciones indicaron la presencia del pp-DDE en agua, metabolito de pp-DDT (dicloro difenil tricloroetano), demostrando que la contaminación no es reciente.

El presente estudio fue enfocado en la determinación de un grupo de 15 compuestos de plaguicidas organoclorados en los sedimentos, que son: alfa - BHC, beta - BHC, Lindano, delta - BHC, heptacloro, aldrín, heptacloro - epóxido, alfa - endosulfano, beta - endosulfano, dieldrín, endrín, pp - DDT, pp - DDD, pp - DDE y toxafeno.

Los resultados obtenidos en los sedimentos indican la presencia de pp - DDT y sus metabolitos en varias muestras procesadas. No se detectó la presencia de otros compuestos de organoclorados, posiblemente debido a poca actividad agrícola en esta zona. Durante los años posteriores los organoclorados fueron degradados química y biológicamente, y después de su prohibición el uso de estos plaguicidas disminuyó masivamente. En los últimos años en el mercado aparecieron los plaguicidas de otro tipo, como carbamatos u órgano fosforados, y la agricultura no se ha desarrollad tan extensivamente, ya que la ganadería es la principal actividad en esta zona.

En los sedimentos en la Entrada al Río Kukra se observó la presencia de pp - DDE en diferentes profundidades. En la profundidad de 0 a 10 cm se observó la concentración de 121.41 ng.g⁻¹ de pp – DDE. Desde 11 a 20 cm la concentración fue de 114.42 ng.g⁻¹ y desde 21 a 30 cm la concentración fue de 132.22 ng.g⁻¹. Esto puede estar ligado a la persistencia y poca biodegradabilidad de este compuesto. Ya que el pp - DDE es el metabolito de pp - DDT, la contaminación no es reciente.

En la estación Entrada al Río Escondido no se encontró residuos de organoclorados, lo que coincide con los resultados de los análisis de granulometría y de materia orgánica, donde el tipo de sedimento es franco arenoso, o sea, fácil de lavar, quiere decir que no presenta muchas partículas finas, ni suficiente materia orgánica a la cual pueda adherirse el contaminante.

En los deltas, donde la sedimentación es alta y bajo influencias de mareas, los contaminantes se diluyen por el constante intercambio con las partículas no contaminadas, dando resultados en las muestras con bajas concentraciones o ausentes de la contaminación (Trefry & Presley 1976; Valette-Silver 1993).

El carácter físico y químico de los sedimentos en los sistemas acuáticos contaminados es muy importante con respecto a las consecuencias potenciales y el impacto a largo plazo del contaminante en el ecosistema. Los sedimentos de arena químicamente inerte del cuarzo se relacionan muy diferentes con los contaminantes, comparado a un fango rico en materia orgánica (Riggs *et al.* 1989, Stanley *et al.* 1996).

En la estación Entrada Cuatro Bocas en la muestra de sedimento captada de la superficie se observó la presencia de pp – DDE con la concentración de 172.61 ng.g^{-1} , lo que confirma que esta contaminación no es reciente.

En la Estación frente de Bluefields se observó alteración en la cantidad de pp – DDT y sus metabolitos. La mayor cantidad de contaminantes fue detectada entre los 11 y 20 cm, llegando los valores para pp-DDT hasta 7.33 ng.g^{-1} . El mismo comportamiento se observa para pp – DDD, con el valor de 6.67 ng.g^{-1} . Esto indica, que a pesar de prohibiciones del uso de pp – DDT, la contaminación por está sustancia es alta en los sedimentos. La contribución de plaguicidas organoclorados a la problemática ambiental en la Laguna es significativa (Fig. # 30).

Desde que un compuesto xenobiótico es fabricado y utilizado en cantidades grandes, su concentración en los sedimentos de los sistemas acuáticos aumenta rápidamente. Después de que termina su aplicación, es posible que no se observe una reducción en la concentración durante varios años. Esto se debe al reciclaje de las partículas del sedimento, para los compuestos orgánicos, resistentes a la degradación como, por ejemplo, el DDT (Valette-Silver 1993).

Se observa una disminución de pp – DDT y pp – DDD en la profundidad entre 21 y 30 cm, pero para pp – DDE se observa un relativo aumento, lo que coincide con la estructura química y persistencia del contaminante. En los sedimentos superficiales se observa la mayor cantidad de los tres contaminantes, siendo la participación de pp - DDD la más importante; las cantidades de pp – DDT y de pp – DDE son casi iguales.

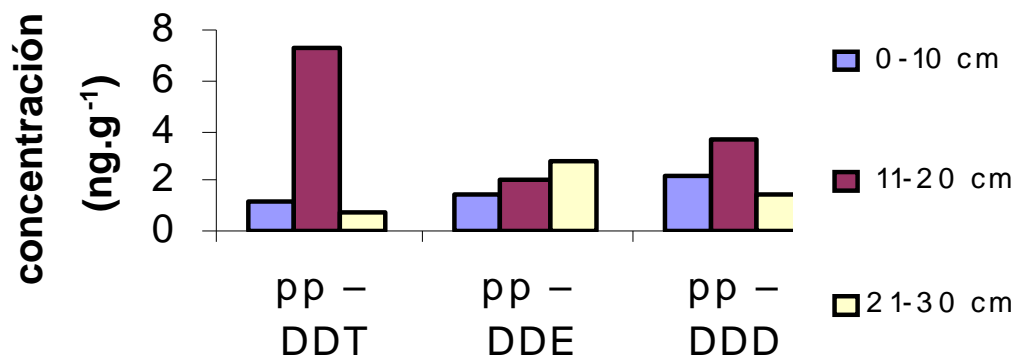


Fig. # 30. Contaminación por DDT y sus metabolitos en los sedimentos de estaciones frente de Bluefields en la Laguna de Bluefields, año 2002.

De acuerdo a la entrevista realizada con Leonardo Law Chow (trabajador de SNEM - Servicio Nacional de la Erradicación de la Malaria desde 1962 hasta 1982) y otros trabajadores del MINSA, las primeras fumigaciones con insecticidas para controlar la incidencia de malaria se realizaron en los años 50, primeramente con dieldrín, pero por sus efectos negativos sobre animales domésticos y por su poca persistencia, fue cambiado por DDT.

Desde mediados de los años 50 este fue el principal insecticida que se usó en la lucha contra la malaria durante tres décadas. En la Costa Atlántica no se usaron los aviones para dispersión de este insecticida. Los trabajadores del SNEM usaron las bombas espesoras, marca Hodgson, para realizar fumigación de todas las casas existentes. Durante un año cada casa recibía por lo menos dos fumigaciones.

Se utilizaba DDT a 75 y 100%, rociando las paredes de las casas hasta dejar las blancas con los insecticidas. En este tiempo el SNEM fue separado del MINSA, con su oficina principal ubicada cerca de la Laguna de Bluefields por la Iglesia Morava. Debido a que este insecticida no producía intoxicaciones agudas, los trabajadores del SNEM no utilizaban ninguna protección y se aconsejaba a la población esperar media hora después de la fumigación.

La bodega principal del programa se ubicaba en el Muelle Municipal. En un cuarto aparte se almacenaban los insecticidas en barriles de cartón. Las cantidades fueron calculadas de una libra por casa, contemplando las necesidades de toda la RAAS. A veces estaban hasta 100 barriles de 156 libras cada uno, con el total de 15600 libras por cada 6 meses o menos. Los barriles vacíos se quemaban en la orilla de la Laguna.

No caben dudas, que por las condiciones climáticas en la zona, muy influida por los ciclones tropicales y por la cercanía a la Laguna los químicos ocasionalmente contaminaban ésta. La culminación del uso de este insecticida fue entre mediados de los años 60 y hasta el año 1979. A mediados de los años ochenta el uso del DDT fue prohibido y los restos de insecticida almacenado fueron vendidos a la población, terminando así todas las cantidades existentes.

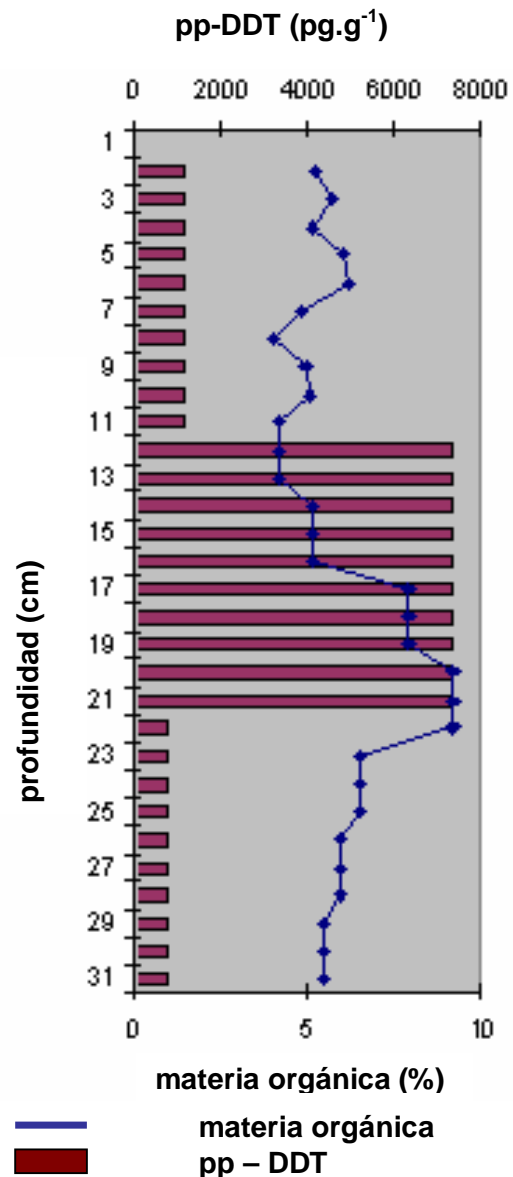
Los trabajadores del MINSA afirman, que para el año 1988, cuando ocurrió el huracán Juana, en las bodegas del programa, el DDT no se encontraba en existencia. Las principales empresas de venta de agroquímicos como ECOEPA y PROAGRO en los años 80, tenían sus bodegas a la orilla de la Laguna.

El huracán Juana terminó con los almacenes, contaminando directamente el agua y los sedimentos. Actualmente, para la fumigación se ocupan los químicos cuya acción es eficiente y los daños sobre el medio ambiente son menores. Actualmente los campesinos adquieren los principales productos químicos para la agricultura en las ciudades de Managua y de El Rama.

Todo esto indica que la ciudad de Bluefields fue durante tres décadas una fuente potencial de contaminación por plaguicidas organoclorados. A pesar de que en la zona no existe agricultura desarrollada, la contaminación por plaguicidas es una amenaza vital para la población que consume productos pesqueros extraídos de la Laguna de Bluefields, principalmente los ostiones, que son los organismos filtradores.

Wyrick (1993) y Moore (1994) demostraron que la mayoría de los sedimentos absorben trazas de los contaminantes en relación a la materia orgánica, una proporción de estos contaminantes están disponibles para los organismos filtradores y los que se alimentan en el fondo (Stanley *et al.* 1996).

Figura # 31. Relación entre la cantidad de materia orgánica y pp – DDT en el perfil de sedimentos tomado en la estación Frente de Bluefields, febrero 2002.



Si comparamos los datos de la datación de los perfiles de sedimentos con la medición de las concentraciones de pp – DDT y sus metabolitos, se puede decir que la sección entre 21-30 cm corresponde a los años entre 1910 hasta 1973, la sección entre 11 – 20 cm corresponde a los años entre 1973-1993 y la sección hasta la profundidad de 10 cm corresponde a la edad de datación desde 1993 hasta el año 2002. Se observa claramente que hasta 1973 la contribución de los plaguicidas fue grande, pero su máximo fue entre los años 1973-1993.

Consideramos, que esta distribución de DDT en los sedimentos fue atribuido a fenómenos naturales y biológicos. Posiblemente durante el huracán Juana (1988) u otros fenómenos, ocurrió la mezcla y redistribución del contaminante en los sedimentos.

En la figura # 31 se observa la relación directa entre la cantidad de materia orgánica en los sedimentos y la cantidad de pp – DDT detectado. La mayor cantidad de plaguicida coincide con el mayor porcentaje de la cantidad de materia orgánica en los sedimentos. Las concentraciones del contaminante en los sedimentos muestran generalmente una correlación inversa con el tamaño de las partículas (Grant & Middleton 1998).

Es probable que las actividades de dragado realizados al norte de la estación de muestreo Frente a la ciudad de Bluefields removieron el sedimento que almacenaba el contaminante y lo redistribuyeron en todo el área de la Laguna, alterando de esta manera las cantidades de pp-DDT en las capas cercanas a la superficie.

En casos de la capa de la mezcla de sedimentos gruesa y la tasa de sedimentación baja, los perfiles no pueden ser utilizados para establecer una cronología válida de la contaminación, pero pueden ser utilizadas para estimar el inventario total de agentes contaminadores (Valette-Silver 1993).

La alta cantidad de contaminante puede atribuirse a las propiedades granulométricas de los sedimentos, ya que en esta zona es alto el contenido de arcillas y de materia orgánica, lo que facilita la retención adsorción de las partículas del contaminante y en las profundidades en condiciones anóxicas no permite un rápido metabolismo de estos contaminantes.

Siendo el DDT un plaguicida organoclorado persistente, no biodegradable y bioacumulable el problema de contaminación vuelve a ser crítica en la zona cercana a la ciudad.

Los sedimentos almacenan cantidades grandes de contaminantes que pueden ser reintegrados a la columna del agua por la resuspensión y por mezcla física y biológica, por ejemplo, en California las cantidades grandes de DDT fueron vertidas hace algunas décadas y todavía están presentando una amenaza al ambiente (Niedoroda *et al.* 1992).

El uso del DDT es reciente y su concentración máxima en los sedimentos alcanza los últimos 50 años y a mediados de los años setentas. Después de su prohibición, no se observó disminución general de las concentraciones en los sedimentos (Valette-Silver 1993).

Considerando estos resultados es importante destacar, que la contribución en la contaminación por hidrocarburos y plaguicidas de las cuencas adyacentes es menor, que la ciudad de Bluefields.

8.4. BIOTA ACUÁTICA EN LA LAGUNA DE BLUEFIELDS.

Se procuró examinar información sobre la influencia de los factores abióticos sobre algunos componentes de la biota acuática de la Laguna, como el bacterioplancton, un grupo de bacterias que pueden revelar el estado sanitario de la laguna, los coliformes, el fitoplancton y su biomasa medida como clorofila a y finalmente el macrozoobentos del fondo.

8.4.1. Bacterioplancton:

La determinación de bacterias totales indican que para el mes de febrero se encontró (4.5×10^6 células bacterianas por ml), los rangos fueron entre 3.9×10^6 hasta 5.83×10^6 cél.ml⁻¹. Para el mes de mayo la cantidad de bacterioplancton se estimó de 7.6×10^6 células, en el rango de 5.06×10^6 hasta 9.88×10^6 de cél.ml⁻¹.

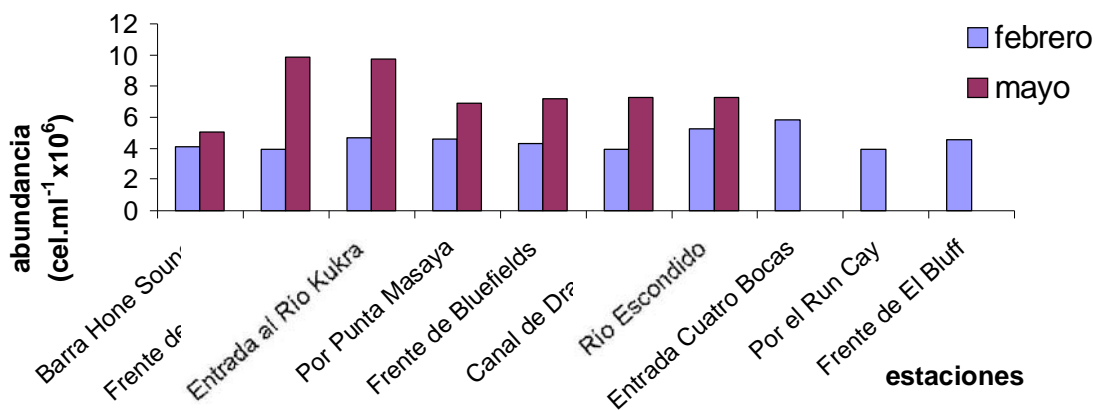


Fig. # 32. Variación de bacterioplancton en la Laguna de Bluefields, 2002.

Los conteos de células totales bacterianas para sistemas dulces oligotróficos varían entre 3×10^5 y 9×10^5 cél.ml⁻¹, y para los sistemas mesotróficos contenidos entre 1.4×10^6 y 7.0×10^6 cél.ml⁻¹ (Glockner *et al.* 1999). Para los sistemas dulces eutróficos templados los rangos son entre 1×10^6 hasta 13×10^6 cél.ml⁻¹. En los sistemas acuáticos poco profundos el bacterioplancton puede ser enriquecido por la resuspensión de las bacterias del sedimento. (Lewis *et al.* 1986).

El rango de los resultados de conteo de bacterioplancton de la Laguna coincide con lo establecido para de los sistemas acuáticos mesotróficos y eutróficos, aunque su dinámica está determinada por los cambios principalmente de la salinidad.

Es importante considerar que la Laguna presenta fluctuaciones cíclicas anuales de salinidad. No podemos afirmar categóricamente, que no hubo resuspensión de las bacterias de los sedimentos, que influyera en los resultados.

En general, las bacterias en un cuerpo de agua se encuentran en forma libre o adherida a sólidos. La mayoría de las bacterias están asociadas a las partículas finas, que corresponde a la fracción de arcilla y de limo en la composición granulométrica de sedimentos. La presencia de contaminantes orgánicos influye sobre la abundancia y el potencial de la población de las bacterias libres (Harvey *et al.* 1984).

El número de bacterias libres, en aguas contaminadas declina con el aumento de la distancia de la fuente del contaminante (Harvey *et al.* 1984). Para la Laguna de Bluefields no se observó la relación directa entre la cantidad de bacterias totales y las fuentes de contaminación antropogénica, ya que las técnicas utilizadas para el conteo total de bacterioplancton no nos permiten determinar el porcentaje de bacterias libres o adheridas.

Se observó las tendencias para el mes de febrero de incremento del bacterioplancton en la parte norte de la Laguna (estaciones de Entrada del Río Escondido y Entrada a Cuatro Bocas) y para el mes de mayo en la parte sur de la Laguna (estaciones Frente a Rama Cay y Río Kukra) (Fig. # 32), que coincide con la dinámica de aguas y de precipitación en la Laguna.

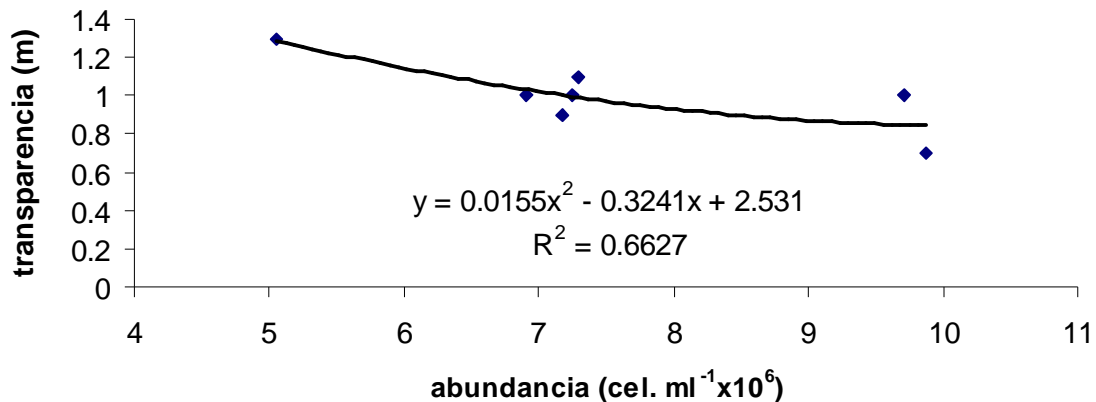


Fig. # 33. Correlación entre bacterioplancton y transparencia de agua en la Laguna de Bluefields, mayo 2002.

Para el mes de mayo se observó la correlación polinomial entre el bacterioplancton y la transparencia, con el coeficiente de correlación de $R=0.814$, lo que indica una relación entre la cantidad de sólidos suspendidos y la cantidad de bacterioplancton (Fig. # 33).

Los procesos de la salida de agua dulce y circulación residual, controlan la cantidad de bacterias libres, mientras que la resuspensión del sedimento causado por el viento y a las corrientes de aguas del fondo, pueden ser importantes en el control de las bacterias adheridas (Painchaud *et al.* 1995).

Las bacterias utilizan las partículas de diferentes formas: absorbiendo la materia orgánica adherida o utilizando los residuos de algas o de excretas del zooplancton, que sirven como alimento para éstas. Con las partículas las bacterias se transportan más rápido en la columna de agua, que las bacterias libres, aunque la sedimentación de las bacterias adheridas es más rápida, y ellas preferiblemente son consumidas por el zooplancton (Pedros-Alió & Brock 1983).

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

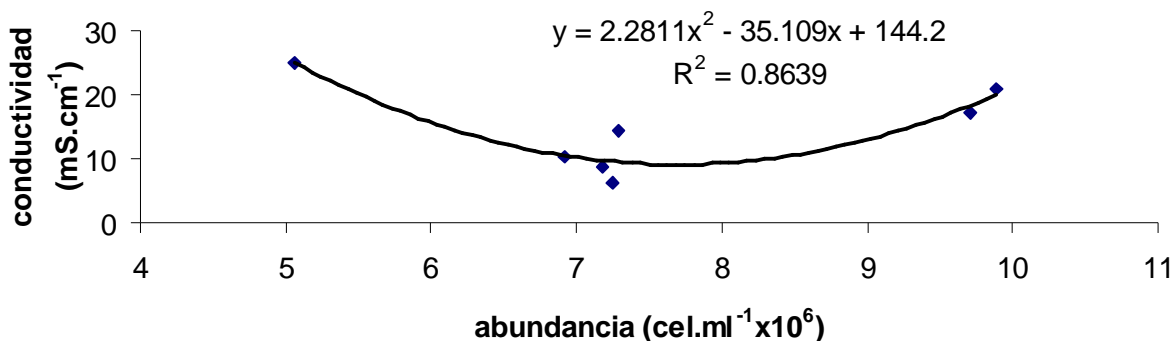


Fig. # 34. Correlación entre abundancia de bacterioplancton y conductividad en la Laguna de Bluefields, mayo 2002.

Las bacterias libres y adheridas presentan diversos modelos en la distribución espacial y variabilidad temporal. Las bacterias adheridas tienen concentraciones más altas en salinidades bajas. La cantidad de bacterias libres se reduce exponencialmente con relación a la salinidad (Painchaud *et al.* 1995).

En nuestro caso para el mes de mayo, se encontró una correlación polinomial entre la abundancia de bacterioplancton y la conductividad con un coeficiente de correlación R= 0.929 (Fig. # 34).

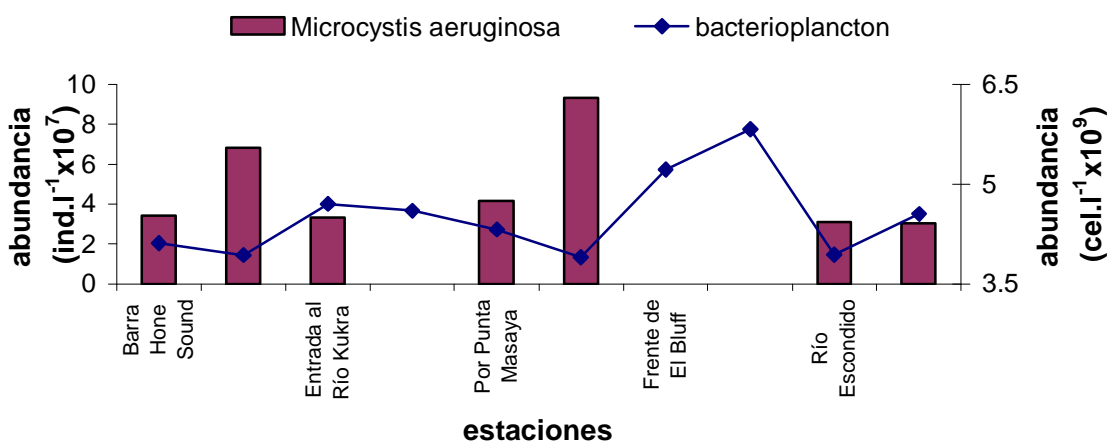


Fig. # 35. Relación entre bacterioplancton (cél.l⁻¹x10⁹) y Microcystis aeruginosa (ind.l⁻¹x10⁷) en la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

En la figura # 35, se observó para el mes de febrero, una relación entre el desarrollo de *Microcystis aeruginosa* y bacterioplancton, donde la mayor cantidad de bacterioplancton se encontró en las estaciones, que presentaron ausencia de esta cianofita. Aunque no existe una correlación matemática entre estas dos variables.

Una explicación posible de la baja densidad bacteriana en general en las capas superiores es la presencia de las sustancias de efecto bacteriostático, excretadas por algunas algas y que se relacionan con el abundante crecimiento de las algas (Lewis *et al.* 1986).

Para el mes de mayo se observó un aumento en la cantidad del bacterioplancton, y poca presencia de *Microcystis aeruginosa* en las aguas de la Laguna.

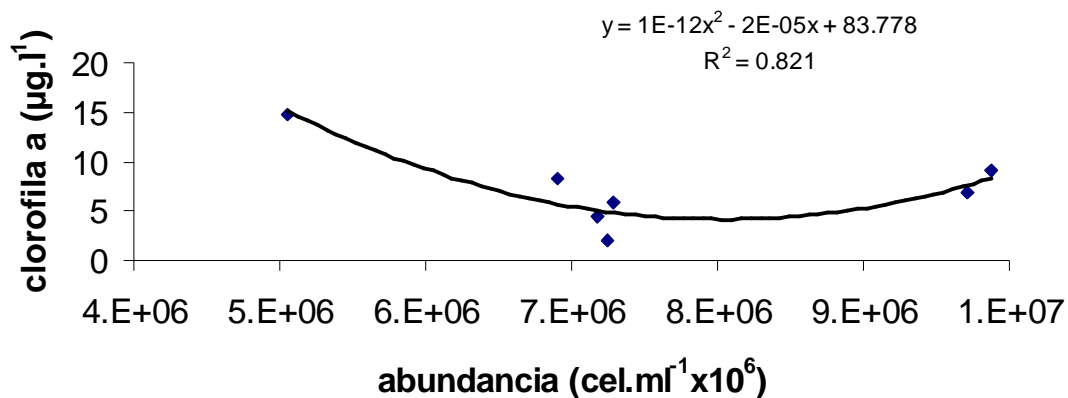


Fig. # 36. Correlación polinomial entre la cantidad de bacterioplancton y clorofila a en agua de la Laguna de Bluefields, mayo 2002.

Para el mes de mayo se encontró una correlación polinomial entre el bacterioplancton y la cantidad de clorofila a, con un coeficiente de correlación de $R=0.906$ (Fig. # 36). La relación entre el bacterioplancton y el fitoplancton se observa durante las floraciones manifestadas por altos coeficientes de su correlación en las capas superficiales (Krstulovic *et al.* 2000).

Las bacterias son la fuente principal de alimento para los protozoos heterotróficos. Los protozoos pueden convertir el 20-90% del fósforo contenido en la biomasa bacteriana a formas solubles inorgánicas y una parte de fósforo orgánico (Benitez-Nelson 2000). En nuestro estudio no se revelan las relaciones ecológicas entre las comunidades del bacterioplancton y protozoos ni con el zooplancton. No se entró en detalles de la taxonomía del bacterioplancton, ni la contribución de biomasa de los autótrofos y heterótrofos a esta comunidad.

No existe correlación entre la calidad granulométrica de los sedimentos y la cantidad de bacterioplancton, tampoco entre el porcentaje de materia orgánica en los sedimentos y el bacterioplancton.

8.4.1.1. Bacterias coliformes (Totales y fecales):

Los patrones de comportamiento de los coliformes totales y fecales claramente indican la presencia de dos focos sanitarios internos de contaminación en la Laguna de Bluefields (Ciudad de Bluefields y Rama Cay), que están activos constantemente e influyen sobre la calidad del agua en este sistema acuático.

El foco más grande de contaminación es la ciudad de Bluefields, que no posee un sistema separado de las aguas pluviales y aguas negras y por ende, aporta a la Laguna constantemente una enorme cantidad de aguas residuales, formando una zona cerca de la ciudad con niveles altos de contaminación (Fig. # 37 y 39).

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

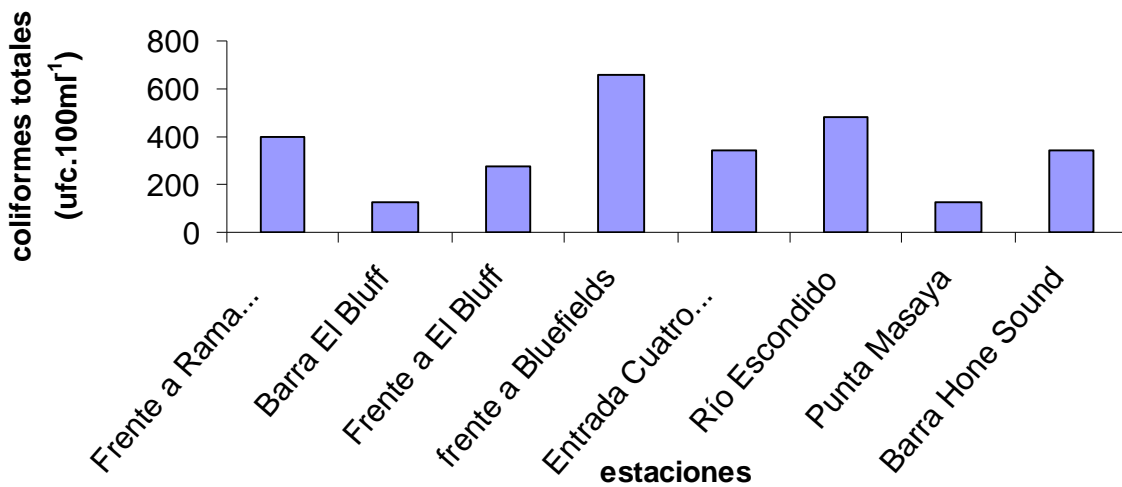


Fig. # 37. Coliformes totales en el agua de la Laguna, años 2000 – 2002.

En la ciudad existían 7 riachuelos que fueron convertidos en receptores de aguas grises, mediante la conexión de los tanques sépticos. Durante el invierno el aumento de la pluviosidad provoca desbordes de las letrinas y tanques sépticos y facilita la entrada de las aguas negras al sistema pluvial y luego a la Laguna.

Durante el verano la contaminación proveniente de la ciudad de Bluefields es menor, que en el invierno, por la reducción del caudal de descarga de aguas residuales y las cualidades bacteriostáticas del agua salobre, que inhibe la sobrevivencia de coliformes totales y fecales a salinidades mayores a 15-20‰ (Fig. # 38 y 40).

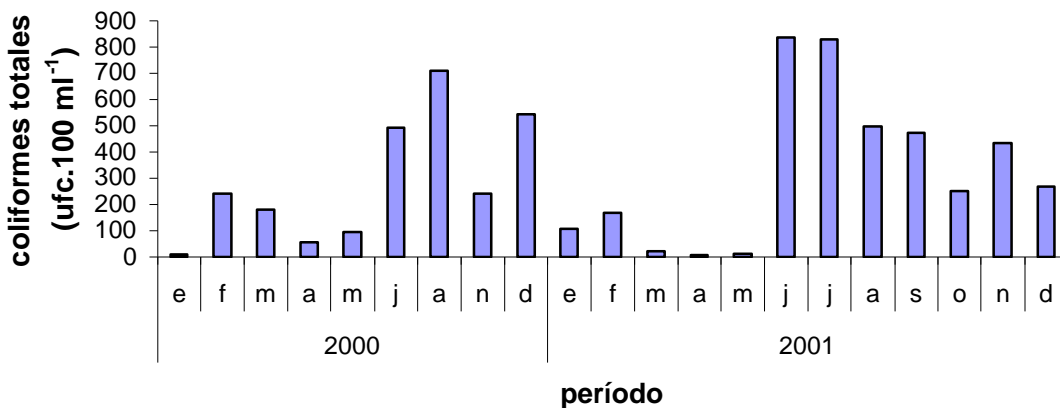


Fig. # 38. Coliformes totales en la Laguna de Bluefields, periodo 2000 – 2001.

Por las influencias de las corrientes (Dibujo #4), que provienen del norte de la Laguna, a una distancia determinada de la ciudad de Bluefields, se produce la dilución de coliformes y su desviación hacia el sur. Por lo tanto, la parte cercana a El Bluff no está afectada fuertemente por la contaminación urbanística proveniente de la ciudad de Bluefields.

Cerca del puerto El Bluff, durante el periodo de muestreo no se observó las cantidades excedentes de coliformes, lo que puede ser explicado por la cercanía del mar y cortos tiempos de lavado de la Laguna.

Otro foco de contaminación con un comportamiento interesante es Rama Cay. Nuestro lugar de muestreo fue ubicado en la parte oriental de la isla, a una distancia de 150 metros de la orilla.

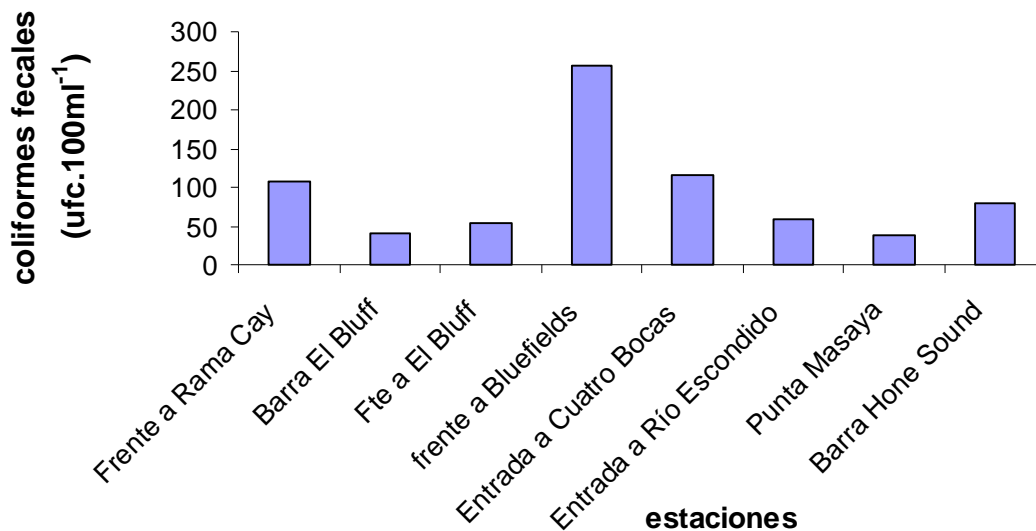


Fig. # 39. Coliformes fecales en la Laguna de Bluefields, período 2000 – 2001.

En el verano, es notable la influencia de las mareas, y de las corrientes que se dirigen hacia la Laguna y los ríos, no se pudo determinar la presencia de contaminación de origen antropogénica.

Durante el periodo lluvioso las corrientes se orientan hacia el mar y la cantidad de coliformes crece notablemente en el lugar de muestreo, sobrepasando las normas establecidas para el cultivo de mariscos, menos de 43 coliformes por 100 ml de agua (OMS, 1985). Esto se explica porque en la isla Rama Cay, no existe un alcantarillado sanitario, ni plantas de tratamiento para los desechos líquidos.

Los datos de coliformes totales y fecales indican que las variaciones de salinidad están en relación inversa con la cantidad de bacterias en el agua, disminuyendo la población bacteriana en los meses de marzo y abril, con el aumento de la salinidad.

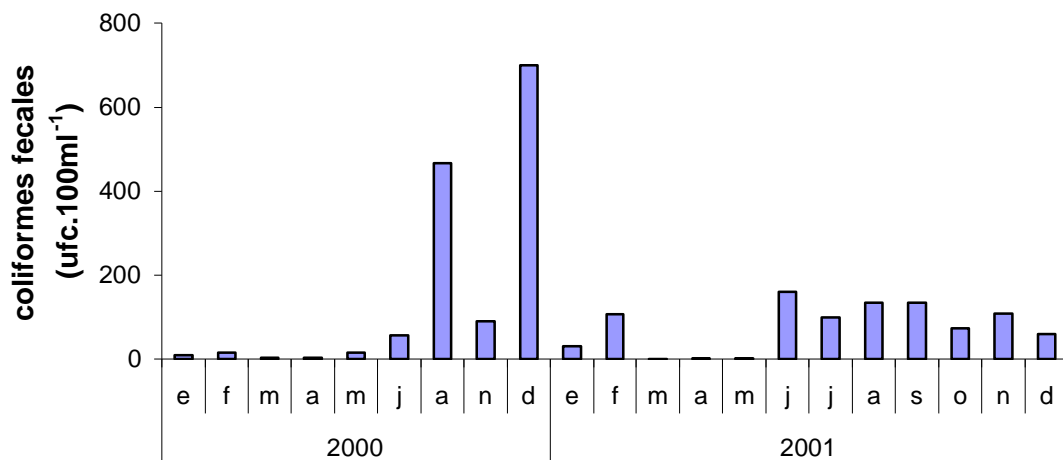


Fig. # 40. Coliformes fecales en la Laguna de Bluefields, período 2000 – 2001.

Solamente en los meses de marzo y abril las aguas de la Laguna de Bluefields presentaron condiciones bacteriológicas aceptables para la acuicultura.

Durante el tiempo de muestreo no se aislaron colonias de *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* y *Vibrio sp.* lo que no establece su ausencia en esta zona.

8.4.2. Fitoplancton:

8.4.2.1. Estudio de clorofila a:

Durante el año 2002 se estimó la concentración de *clorofila a* en las aguas de la Laguna de Bluefields. La concentración media de *clorofila a* para el mes de febrero fue de $10.09 \cdot \text{g.l}^{-1} \pm 4.25$, y los valores oscilan entre $4.56 \cdot \text{g.l}^{-1}$ y $16.93 \cdot \text{g.l}^{-1}$, mientras que para el mes de mayo hubo una disminución de $6.33 \cdot \text{g.l}^{-1} \pm 4.05$, con la oscilación de valores entre $2 \cdot \text{g.l}^{-1}$ y $14.8 \cdot \text{g.l}^{-1}$.

En el muestreo realizado en febrero los valores menores fueron encontrados en las estaciones de la Barra Hone Sound, Frente a El Bluff y Entrada al Río Escondido, que corresponden a los lugares cercanos al mar. Mientras que los valores más altos se encuentran en los sitios cerca de los ríos (Entrada al Río Kubra), o de asentamientos humanos (frente a Rama Cay, frente a la ciudad de Bluefields y entrada a Cuatro Bocas) (Fig. # 41).

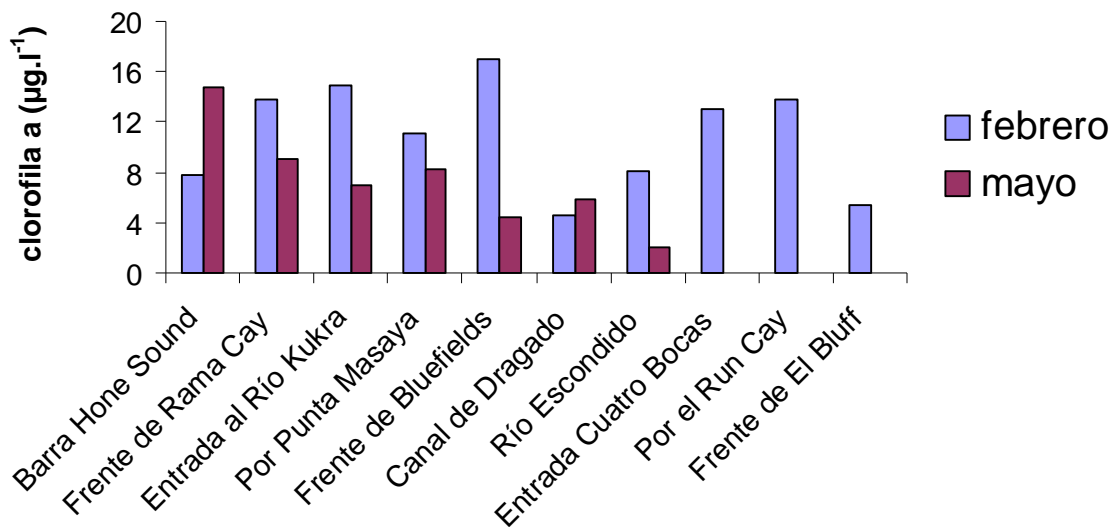
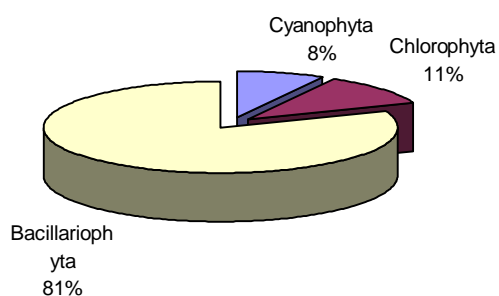


Fig. # 41. Resultados de clorofila a en la columna del agua en la Laguna de Bluefields, 2002.

En el mes de mayo del año 2002, que corresponde al comienzo de la época lluviosa, los resultados de clorofila a disminuyeron en el interior de la Laguna en comparación con el mes de febrero, pero, se observó un leve aumento de los valores en la cercanía al mar en las estaciones de la Barra Hone Sound, y el Canal de dragado, lo que se explica por la dilución y transporte del fitoplancton con las aguas de lluvias. Posiblemente, la distribución de nutrientes esta relacionada con las actividades de dragado, que se están realizando en la parte norte de la Laguna. Los sedimentos removidos liberan más fácilmente los nutrientes, los cuales por las corrientes son transportados hacia el sur de la Laguna, influyendo de esta manera al aumento del fitoplancton. En la figura # 44 se puede observar que mayores cantidades de clorofila a se observan en la parte sur de la Laguna (estaciones Barra Hone Sound, Frente a Rama Cay y Entrada al Río Kukra).

8.4.2.2. Estudio cualitativo de fitoplancton:

La comunidad fitoplanctónica en las aguas de la Laguna de Bluefields indicó una

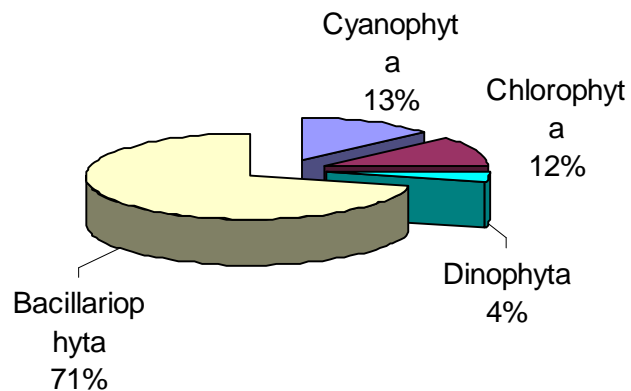


variedad de especies, pertenecientes a tres divisiones principales. Para el mes de febrero (Fig. # 42) fueron encontrados los siguientes representantes de fitoplancton: Cyanophyta con 5 especies, Chlorophyta con 7 especies y Bacillariophyta con 51 especies (81%). En total son 63 especies pertenecientes a 39 géneros.

Fig. # 42. Contribución de divisiones en la biodiversidad fitoplanctónica de las aguas de la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

En el muestreo del mes de mayo (Fig. # 43), la composición de la comunidad fitoplanctónica fue la siguiente: división Cyanophyta con 7 especies, Chlorophyta con 6 especies, Dinophyta con 2 especies, y Bacillariophyta con 37 especies. En total 52 especies, agrupadas en 37 géneros. El grupo predominante fue Bacillariophyta (71%).

Fig. # 43. Contribución de divisiones en la biodiversidad fitoplanctónica de las aguas de la Laguna de Bluefields, mayo 2002.



Comparando con el estudio realizado por Molina (2001) en Laguna de Perlas, se observó

resultados similares, donde se identificaron 72 taxa de fitoplancton, con predominancia del grupo Bacillariophyta en la mayoría de los casos. Las diatomeas son propias de aguas salobres y saladas, que es excelente alimento para los organismos acuáticos.

Para el mes de febrero se observó 5 especies de Cyanophyta en las estaciones ubicadas en la parte sur de la Laguna. Para el mes de mayo fueron determinadas 7 especies de Cyanophyta distribuidos uniformemente en la Laguna, y las especies *Chroococcus sp.* y *Merismopedia minima* fueron detectados en casi todas las estaciones. Este aumento relativo posiblemente esté relacionado con el flujo activo de las aguas de los ríos, que suministran los nutrientes, producto de la erosión de los suelos y el escurrimiento superficial.

CIMAB (1996), reportó la presencia de un género de cianobacteria: *Chroococcus*. Lo que representa, un aumento en la cantidad de las especies de la división de Cyanophyta en relación con las reportadas en el año 1996.

8.4.2.3. Estudio cuantitativo (densidad poblacional):

En total para el mes de febrero del año 2002, en la Laguna de Bluefields se presentó 2.03×10^8 Ind.l⁻¹ de células fitoplanctónicas. La abundancia numérica estuvo representada en su mayoría por individuos pertenecientes al grupo Cyanophyta con 1.99×10^8 ind.l⁻¹ (90%), las Bacillariophyta con 1.9×10^7 ind.l⁻¹ (9%), seguidos por las Chlorophyta 1.54×10^6 ind.l⁻¹ (1%) y la menor contribución fue del grupo Dinophyta con 3452 ind.l⁻¹ (Fig. # 44).

Para el mes de mayo (Fig. # 45) en la Laguna se observó en total 2.25×10^7 Ind.l⁻¹ de células fitoplanctónicas, de las cuales las Cyanophyta fueron representadas por 9.64×10^6 Ind.l⁻¹ (43%), las Bacillariophyta con 9.53×10^6 Ind.l⁻¹ (42%), Chlorophyta con 3.34×10^6 Ind.l⁻¹ (15%) y Dinophyta con 6.9×10^3 Ind.l⁻¹ (menos que 1%).

En general, la disminución de las células fitoplanctónicas en el mes de mayo está relacionado con la sustitución de especies tolerantes a salinidad por especies de agua dulce, la dilución y desplazamiento de las especies fitoplanctónicas hacia el mar, provocados por el aumento de la precipitación, y la entrada de las aguas de los ríos, cambios en la cantidad de nutrientes, reducción en los valores de la salinidad y cambios en la composición de las especies.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

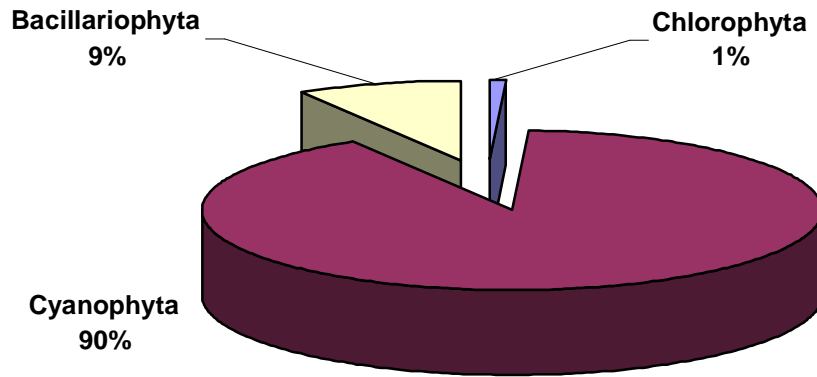


Fig. # 44. Contribución de divisiones a la densidad poblacional fitoplanctónica, febrero 2002.

En las figuras # 44 y 45 se puede observar la variación en la composición del fitoplancton en la Laguna de Bluefields. Para el mes de febrero que es el periodo de transición entre la época lluviosa y seca las Cyanophyta contribuyeron con 90% de la densidad total, mientras que para el mes de mayo, que es el periodo de transición de seco a lluvioso, las contribuciones de Cyanophyta y Bacillariophyta fueron casi iguales. La contribución de Chlorophyta en los dos casos fue poca.

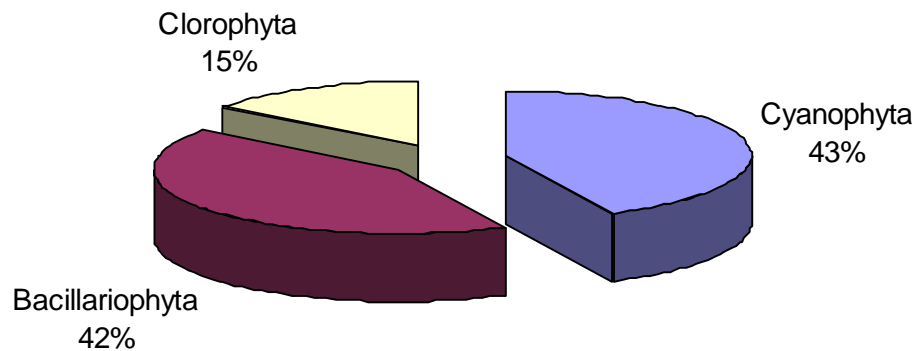


Fig. # 45. Contribución de divisiones a la densidad poblacional fitoplanctónica, mayo 2002.

8.4.2.3.1. Cyanophyta: La mayor concentración de Cyanophyta se observó en la estación La Barra de Hone Sound y Frente de Rama Cay, con 5.99×10^7 y 7.29×10^7 de ind.l⁻¹ respectivamente. En la estación por Run Cay no se observó la presencia de Cyanophyta (Fig. # 46).

En general para el mes de febrero se observa la tendencia de aumento de las Cyanophyta en la parte sur y norte, en las entradas de los ríos (Entrada Cuatro Bocas). Probablemente esto tiene relación con las entradas de nutrientes y las propiedades de corrientes en la Laguna (corrientes principales tienen dirección norte – sur).

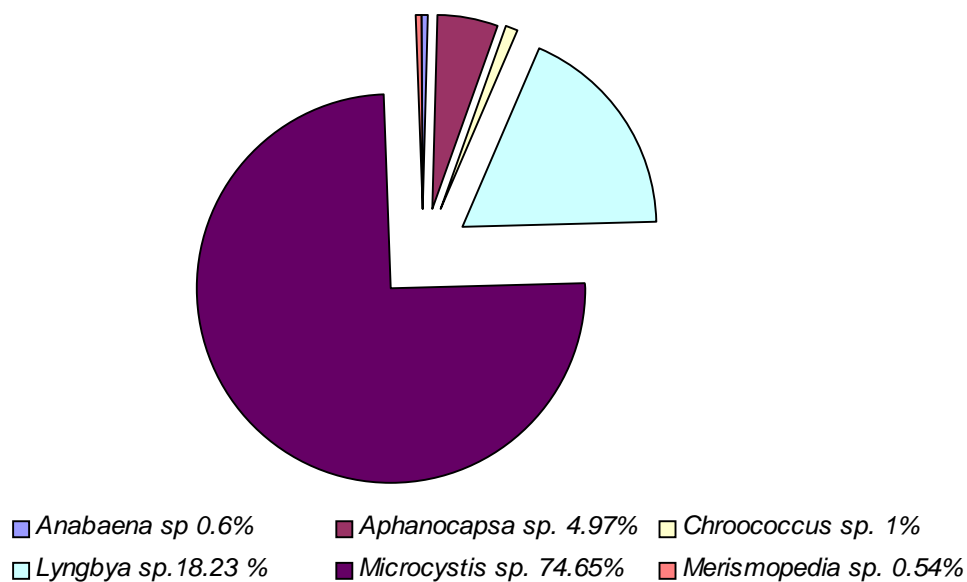


Fig. # 46. Contribución de géneros de Cyanophyta a la abundancia fitoplanctónica, febrero 2002.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

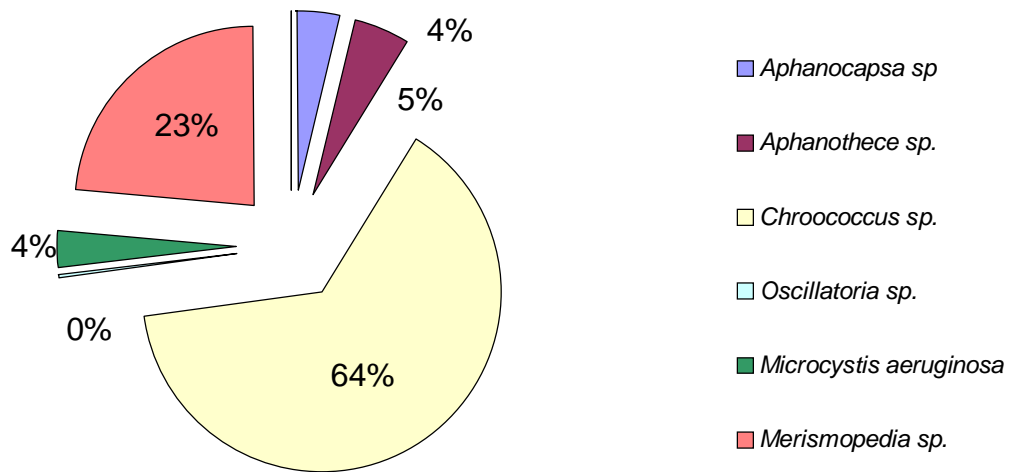


Fig. # 47. Contribución de géneros de Cyanophyta a la abundancia fitoplanctónica, mayo 2002.

Para el mes de febrero las especies comunes, que se encuentran en toda la Laguna son: *Microcystis aeruginosa* (74.65 %), *Lyngbya limnetica*, *Chroococcus sp.* (Fig. # 46).

Para el mes de mayo (Fig. # 47) el género predominante fue *Chroococcus sp.*, que aportó 64% de la densidad poblacional, seguido por *Merismopedia sp.*, *Aphanothece sp.*, y *Aphanocapsa sp.*

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

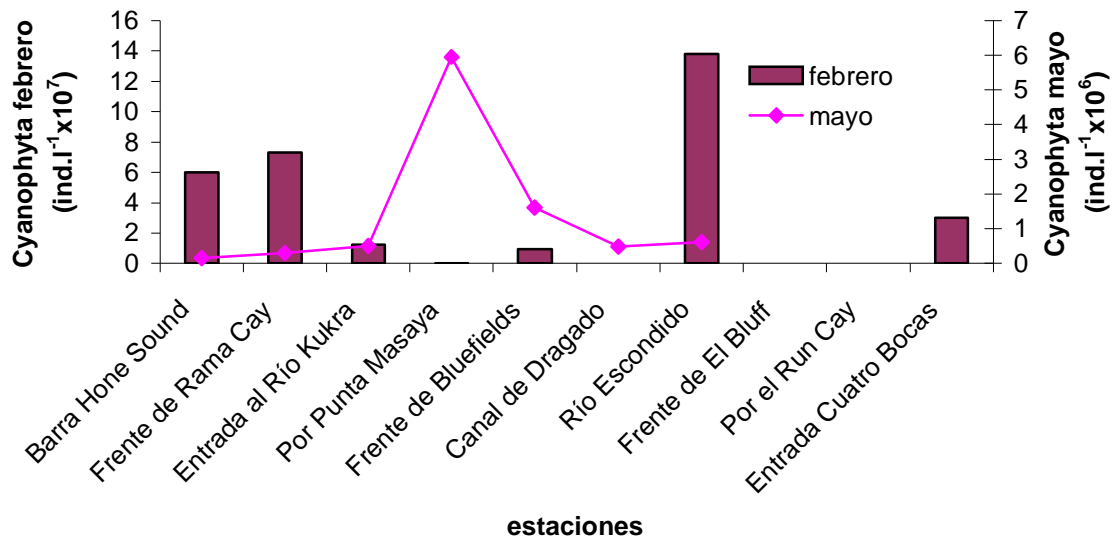


Fig. # 48. Abundancia de Cyanophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002.

La abundancia de Cyanophyta para el mes de febrero es mayor que para el mes de mayo. Para el mes de febrero las estaciones con mayor cantidad de cianofitas se ubican cerca de las entradas de los ríos Kukra, Escondido y Caño Negro, que son fuentes de nutrientes. Bajos valores de la abundancia de Cyanophyta se observó en las estaciones Punta Masaya, Frente de El Bluff y Entre El Bluff y Río Escondido, que se ubican a cierta distancia de fuentes de nutrientes.

8.4.2.3.2. Bacillariophyta: En todas las estaciones se observó la presencia de diatomeas. Para el mes de febrero la mayor concentración de células se observó en la estación Entrada Cuatro Bocas y para el mes de mayo la mayor cantidad de Bacillariophyta se encontró en la estación Barra Hone Sound (Fig. # 49).

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

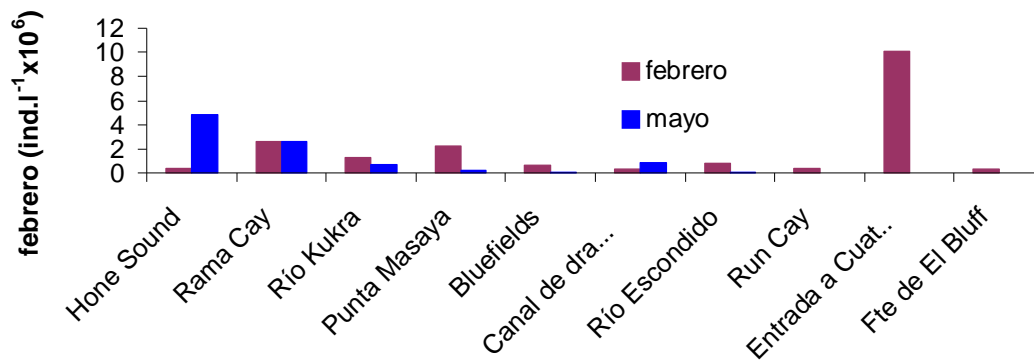


Fig. # 49. Abundancia de Bacillariophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002.

Este grupo es más diversificado y se presenta con varios géneros, entre los cuales para el mes de febrero la mayor contribución la tiene el género de *Ciclotella*, seguida por *Skeletonema* y *Nitzschia*. Los representantes de otros géneros se encontraron en bajas cantidades. Para el mes de mayo dominó el género *Chaetoceros*, seguido por *Skeletonema*, *Asterionella*, *Hemiaulus* y *Nitzschia*.

La presencia de diatomeas es un indicador de que estas algas sirven de excelente alimento para los crustáceos y específicamente para camarones. Este grupo domina en los ambientes costeros por su tolerancia a cambios de salinidad.

Los requerimientos nutricionales las sitúan entre los organismos seleccionados en ambientes con concentraciones de fósforo y sílice media a alta, debido a la dependencia metabólica de la relación de este nutriente con la sílice para la formación de su pared celular (Sommer, 1988). Su presencia está comúnmente asociada a condiciones de mesotrofia y eutrofia (Reynolds, 1997).

8.4.2.3.3. Chlorophyta: En aguas de la Laguna de Bluefields se observó la presencia de géneros de la división Chlorophyta

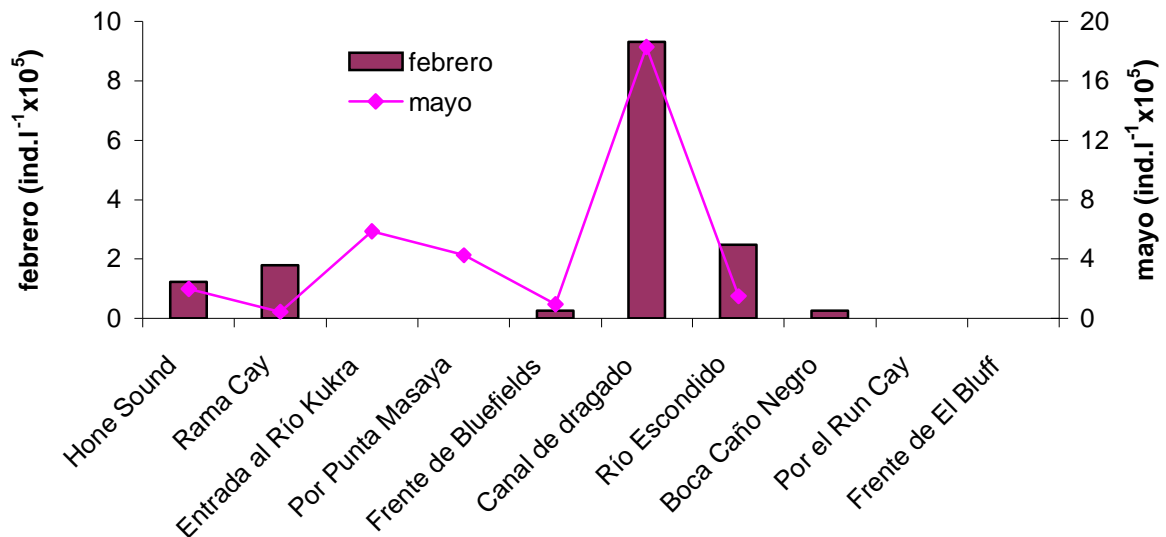


Fig. # 50. Abundancia del grupo de Chlorophyta en diferentes estaciones de la Laguna de Bluefields, año 2002.

Para los meses de febrero y mayo se observó un aumento de Chlorophyta en las estaciones cerca del canal de dragado, que está en la dirección de las corrientes del río Escondido hacia el Mar Caribe. Frente a la ciudad de Bluefields y frente a Rama Cay la cantidad de Chlorophyta fue reducida. Se observó poca contribución de este grupo a la abundancia fitoplanctónica de la Laguna de Bluefields (Fig. # 50).

Para el mes de febrero (Fig. # 51), se observa claramente predominio de géneros *Chlorolobion sp.* y *Oocystis sp.* Los representantes de otros géneros se encuentran en cantidades pequeñas.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

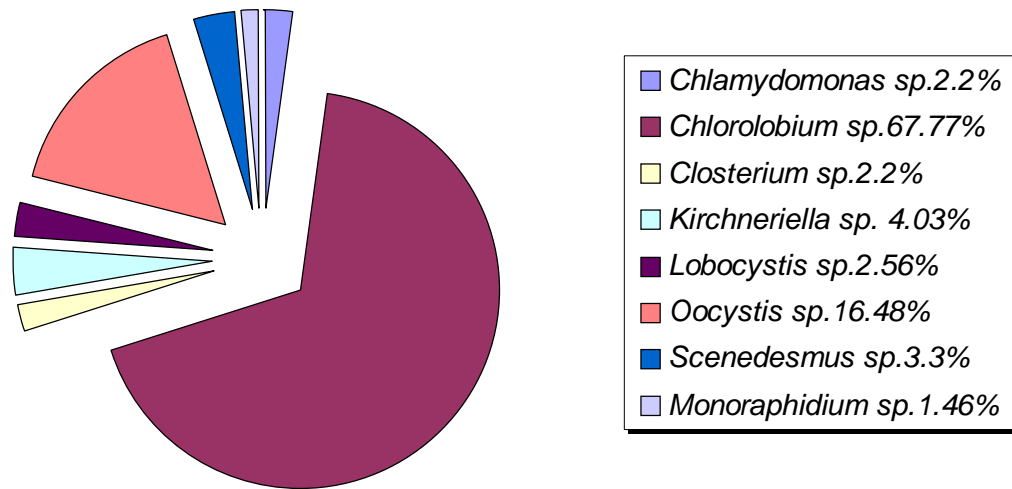


Fig. # 51. Contribución de especies de Chlorophyta a abundancia fitoplanctónica, febrero 2002

Para el mes de mayo predominó el género *Chlamydomonas*, que aportó con 95% de la densidad poblacional (Fig. # 52).

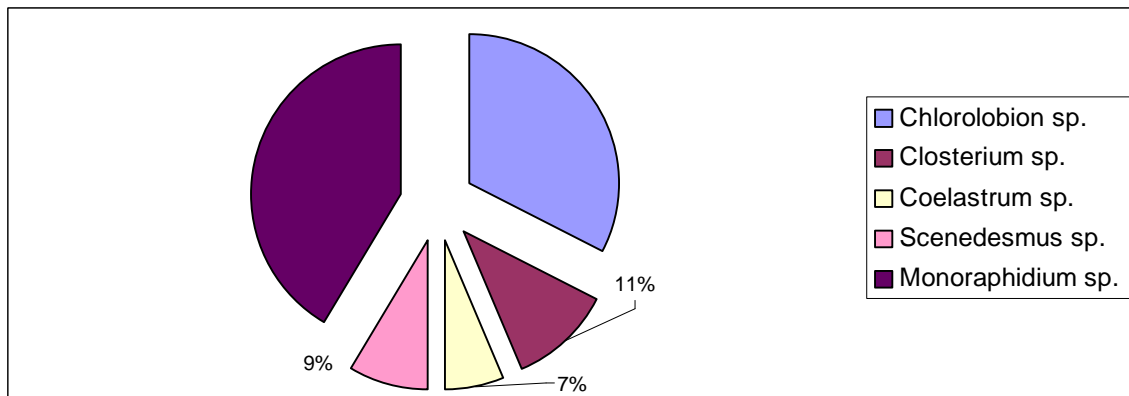


Fig. # 52. Contribución de especies de Chlorophyta a abundancia fitoplanctónica, mayo 2002

8.4.2.3.4. Dinophyta: En febrero del 2002, se observó la presencia de algas del género, *Gymnodinium* en la estación Frente a El Bluff. Para el mes de febrero se observó la presencia de dos géneros *Ceratium* y *Gymnodinium* en las estaciones Frente a Rama Cay y Frente a la ciudad de Bluefields respectivamente.

8.4.2.4. Dinámica de la comunidad fitoplanctónica:

En el cuadro # 11 (ver anexo), se pueden observar los cambios en las especies del fitoplancton durante los muestreos. La presencia de la mayoría de especies se relaciona con uno de los dos muestreos realizados, y pocas especies están presentes en ambos muestreos, lo que indica que la composición de la comunidad fitoplanctónica es muy dinámica y cambia en relación con el tiempo y con factores externos. El tiempo de lavado de la Laguna de Bluefields no sobrepasa los 5 días para el periodo seco y 2 días para el periodo lluvioso (Brenes C., Hernández A., 2001), lo que hace suponer, que existe un aporte sustancial del agua y continua transferencia de las especies hacia el mar.

Para la división Cyanophyta las especies de *Anabaena sp.*, *Eucapsis alpina*, *Lyngbya sp.*, estaban presentes en la Laguna en el mes de febrero del año 2002.

Las especies *Apanocapsa sp.*, *Aphanothece sp.*, *Chroococcus limneticus*, *Merismopedia minima* y *Oscillatoria sp.*, se observaron durante el muestreo del mes de mayo. Los géneros *Chroococcus*, *Microcystis*, estaban presentes en ambos muestreos. En la división de Chlorophyta, las especies presentes para el mes de febrero son: *Lobocystis planctonica*, *Dictyosphaerium sp.*, *Gonium sp.*, *Oocystis sp.* y para el mes de mayo: *Chlamydomonas sp.*, *Chlorolobion sp.*, *Coelastrum sp.* En ambos muestreos aparecieron los siguientes géneros: *Closterium*, *Scenedesmus*, *Monoraphidium*. Los géneros *Ceratium* y *Gimnodinium*, de la división Dinophyta fueron observados para el mes de mayo.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

En la división Bacillariophyta los datos se representan en el cuadro # 3.

Cuadro # 3. Dinámica de las especies de división Bacillariophyta en la Laguna de Bluefields.

| | |
|--|--|
| Especies observadas en el mes de febrero | <i>Amphora ovalis</i> , <i>Amphiprora angustata</i> , <i>Amphiprora sp.</i> , <i>Cerataulus sp.</i> , <i>Chaetoceros affinis</i> , <i>Cocconeis sp.</i> , <i>Cyclotella sp.</i> , <i>Cymbella sp.</i> , <i>Diploneis oblongella</i> , <i>Entomoneis sp.</i> , <i>Frustulia sp.</i> , <i>Fragilaria ulna</i> , <i>Gyrosigma hippocampus</i> , <i>Melosira moniliformes</i> , <i>Melosira sp.</i> , <i>Lytodesmium sp.</i> , <i>Navicula ovalis</i> , <i>Nitzschia dissipata</i> , <i>Nitzschia granulata</i> , <i>Nitzschia flexiodes</i> , <i>Nitzschia tybionella</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Rhizosolenia delicatula</i> , <i>Rhopalodia gibba</i> , <i>Rhopalodia sp.</i> , <i>Terpsinoe musica</i> , <i>Thalassionema nitzschioides</i> , <i>Thalassiotrix</i> |
| Especies observadas en el mes de mayo | <i>Amphora alata</i> , <i>Bacteriastrium hialinum</i> , <i>Chaetoceros compressus</i> , <i>Coscinodiscus granii</i> , <i>Coscinodiscus centrales</i> , <i>Ditylum brightwelli</i> , <i>Hemiaulus sinensis</i> , <i>Leptocylindrus minima</i> , <i>Navicula pigmea</i> , <i>Nitzschia amphibia</i> , <i>Nitzschia delicatissima</i> , <i>Nitzschia pacifica</i> , <i>Pleurosigma sp.</i> , <i>Rhizosolenia calcar</i> , <i>Rhizosolenia japonica</i> , <i>Tropidioneis sp.</i> |
| Especies observadas en ambos muestreos | <i>Amphora sp.</i> , <i>Asterionella formosa</i> , <i>Asterionella japonica</i> , <i>Aulacoseira sp.</i> , <i>Chaetoceros sp.</i> , <i>Coscinodiscus sp.</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Cyclotella pseudostelligera</i> , <i>Fragilaria sp.</i> , <i>Gyrosigma sp.</i> , <i>Navicula cryptocephala</i> , <i>Navicula sp.</i> , <i>Nitzschia acicularis</i> , <i>Nitzschia longissima</i> , <i>Nitzschia sigma</i> , <i>Nitzschia sigmoidea</i> , <i>Nitzschia sp.</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Surirella sp.</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Thalassiosira nordenskioldii</i> , <i>Thalassiotrix frauenfeldii</i> |

El fitoplancton también tiene influencia sobre ciertos aspectos no biológicos de la calidad del agua, tales como pH, color, gusto y olor, que son parte de la calidad del agua. Debido a su naturaleza transitoria y la distribución no definida, el uso del fitoplancton como indicador de la calidad del agua puede ser limitado (APHA, 1992).

Se puede mencionar con preocupación, que en la Laguna de Bluefields se han encontrado especies de Cyanophyta potencialmente tóxicas y asociadas a ambientes eutróficos con alta concentración de nutrientes: *Microcystis sp.* y *Anabaena sp.* (Reynolds, 1997). Para el mes de febrero *Microcystis aeruginosa* contribuyó con 74.65% y *Anabaena sp.* con 0.6% en la abundancia de fitoplancton.

Se ha comprobado, que estas especies producen toxinas que son dañinas para la salud humana y como consecuencia, provocan envenenamiento, gastroenteritis y neumonías. El desarrollo excesivo de *Microcystis aeruginosa* para el mes de febrero, posiblemente fue debido a los aportes de materia orgánica en la zona y prolongado tiempo de residencia del agua (Devercelli & Emiliani, 2002).

En la figura # 53, se puede observar la densidad poblacional de *Microcystis aeruginosa* para el mes de febrero, el límite recomendable para fines recreativos de las células por unidad de volumen es reflejado en forma de línea color rosa. Es preocupante, que en varias estaciones de muestreo Barra Hone Sound, Frente a Rama Cay y Entrada a Cuatro Bocas los valores superan los límites recomendables (2×10^7 ind.l⁻¹).

Si consideramos la tendencia opuesta entre la toxicidad y la densidad de cianobacterias, nos indica que es posible encontrar altas concentraciones de toxinas en poblaciones de cianobacterias con densidades moderadas (Gorga, et al., 2001), se puede decir, que las concentraciones peligrosas de toxinas pueden encontrarse en otras áreas de la Laguna.

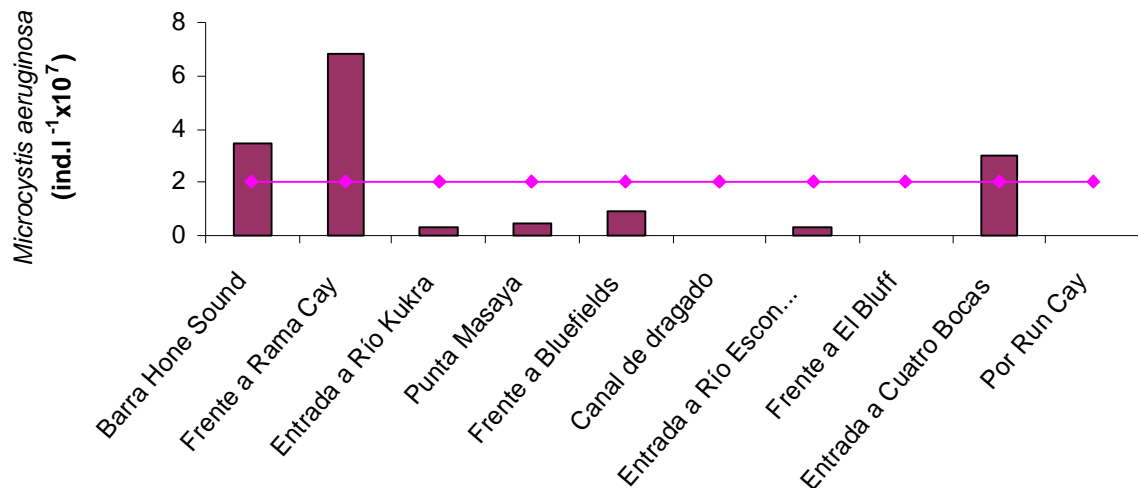


Fig. # 53. Abundancia de *Microcystis aeruginosa*, febrero 2002.

Para el mes de mayo posiblemente la reducción del tiempo de residencia del agua e inestabilidad de la columna de agua actuó negativamente sobre el desarrollo de *Microcystis aeruginosa* (Devercelli & Emiliani, 2002).

Como existen proyectos del uso del agua de la Laguna de Bluefields para fines potables, es importante realizar campañas de monitoreo y vigilancia periódica de la calidad del agua y dinámica de la comunidad fitoplanctónica en conjunto con otros parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Para el mes de febrero no se encontró relación directa entre la concentración de clorofila *a* y la abundancia de la comunidad fitoplanctónica. La máxima concentración de este pigmento no coincidió con el máximo de abundancia fitoplanctónica, lo que fue mencionado anteriormente por algunos autores (Gorga, et al., 2001). Para el mes de mayo los resultados de la correlación potencial de estas dos variables está representada en la figura # 54, $R = 0.8528$.

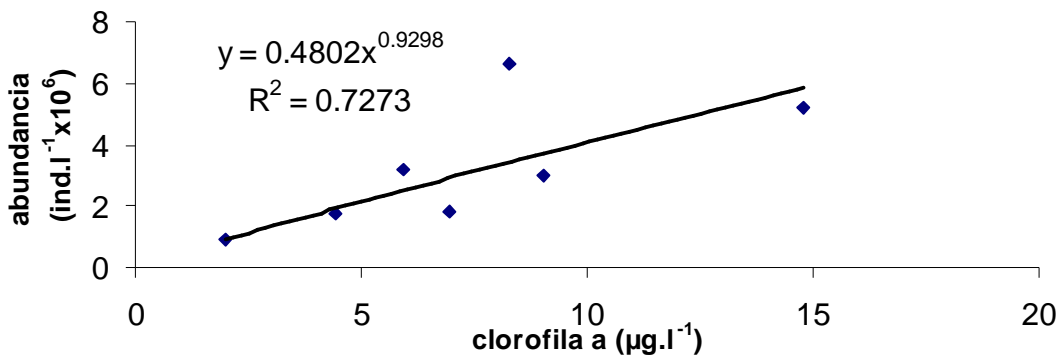


Fig. # 54. Correlación entre clorofila *a* y abundancia de la comunidad fitoplanctónica (ind.l^{-1}), mayo 2002.

8.4.2.5. Influencia de parámetros físico - químicos sobre la dinámica de la comunidad fitoplanctónica:

Para determinar la influencia de los parámetros físico – químicos sobre la dinámica de la comunidad fitoplanctónica, se consideró, que en todas las estaciones se encuentra igual presión por parte de los depredadores sobre la comunidad fitoplanctónica. No se tomó en cuenta la concurrencia de las especies de fitoplancton y se considera como una entidad autónoma, que depende de los parámetros físicos – químicos de la columna del agua y de la calidad de los sedimentos.

Los factores físico - químicos del agua y de los sedimentos, junto con la interacción de componentes nombrados anteriormente hacen, que algunas especies de la biota acuática están más favorecidas, que las otras. El cambio de estos factores, provoca como consecuencia los cambios en la composición de las especies de biota del estuario, alterando de esta manera la abundancia de la comunidad en sí.

Las aguas de la Laguna de Bluefields se caracterizan por la distribución de temperatura vertical y horizontal homogénea. La influencia de la temperatura es insignificante sobre la comunidad fitoplanctónica ya que los cambios diarios de temperatura a veces son mayores, que los cambios durante el año (CIMAB, 1996).

No se encontró correlación entre la transparencia del agua y la clorofila a o la abundancia de la comunidad fitoplanctónica. Aunque se conoce que las aguas muy turbias reducen significativamente la profundidad de la zona eufótica, e influyen negativamente de esta manera en el desarrollo de fitoplancton.

Esto puede ser explicado ya que la profundidad de la Laguna es de 1 metro en promedio, y la transparencia promedio es de 0.8 metros, lo que hace que toda la columna del agua sea la zona eufótica. De esta manera los cambios de transparencia del agua no influyen en el desarrollo del fitoplancton.

Como posibles excepciones de la influencia directa de la transparencia del agua al desarrollo del fitoplancton podemos mencionar influencias negativas locales en el caso de dragados, que se efectúan en la parte norte de la Laguna o aumentos en la turbidez durante eventos naturales, pero, no se ha realizado un estudio de impacto de dragados sobre la biota acuática y precisamente a la comunidad fitoplanctónica.

No se encontró una relación directa entre la tasa de sedimentación y la concentración de clorofila a o la abundancia de fitoplancton, pero se observó valores altos de clorofila a para el mes de febrero en la estación Frente a la ciudad de Bluefields, lo que puede indicar, que el corto tiempo de residencia de las aguas en la Laguna y la poca profundidad favorecen al desarrollo de la comunidad fitoplanctónica, aunque se conoce que la cantidad de sedimento suspendido reduce la producción primaria y la producción del carbono orgánico en las cuencas se correlaciona con la producción del sedimento (Hopkinson Ch., Vallino J., 1995).

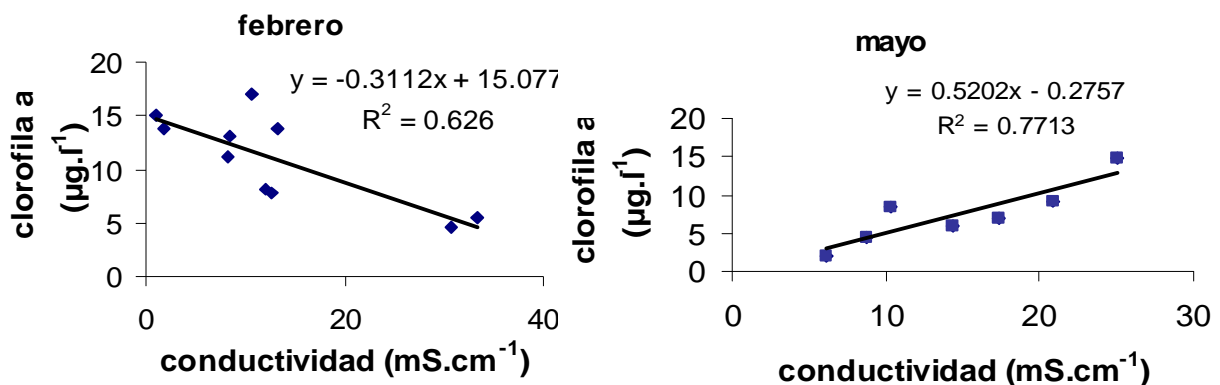


Fig. # 55. Correlación entre clorofila a y conductividad en la Laguna de Bluefields, 2002.

En nuestro estudio no se encontró correlación directa entre el pH, y la clorofila a, y/o la densidad poblacional de la comunidad fitoplanctónica, aunque en un estuario se observan los cambios significativos del pH, ya que la zona cercana al mar posee aguas más alcalinas, comparando con la parte interna de la Laguna.

Posiblemente, el pH influye indirectamente sobre la abundancia y la composición de las especies de fitoplancton a través de la disponibilidad de nutrientes u otras sustancias químicas.

Las variaciones de salinidad hacen, que la densidad fitoplanctónica sufra cambios bruscos en la composición de especies tolerantes a determinados rangos de salinidad. De esta manera, en el periodo de transición entre el periodo lluvioso a seco se determinó una correlación inversa entre la clorofila a y la conductividad, ya que en este periodo la salinidad aumento gradualmente y ocurrió la sustitución de especies sensibles a altos valores de salinidad por las especies marinas, tolerantes a salinidades altas.

Mientras en el mes de mayo, inicio del periodo lluvioso, se observó una correlación directa entre los valores de la conductividad y la clorofila a, lo que significa, que ocurrió un cambio de las especies marinas, tolerantes a altos valores de la salinidad por las especies de agua dulce (Fig. # 55).

Para el mes de febrero el coeficiente de correlación fue de $R=-0.7912$ y para el mes de mayo $R=0.8782$.

Tres factores controlan el equilibrio autotrófico-heterotrófico en un ecosistema de estuario que son: nitrógeno inorgánico disuelto y su relación entre DIN:DOM, la descomposición de la materia orgánica alóctona, y el tiempo de residencia del agua en el estuario (Hopkinson Ch., Vallino J., 1995).

El presente estudio indica que el nitrógeno, como los otros nutrientes no es limitante para el fitoplancton, ya que no se encontró la correlación inversa entre estos parámetros.

Tampoco hay correlación entre el porcentaje de la materia orgánica en los sedimentos y la clorofila a o la abundancia de fitoplancton. Los sedimentos de la Laguna poseen cantidades de materia orgánica dentro de rangos normales para los estuarios, a excepción de sitios pantanosos o cerca de asentamientos humanos.

Los aumentos en la deposición de la materia orgánica se han asociado a las entradas de las aguas residuales, que aumentan las concentraciones particularmente para nitrógeno y para el carbono orgánico (Stull et al. 1986, Finney y de Huh 1989 citado por Cornwell J., et al., 1996).

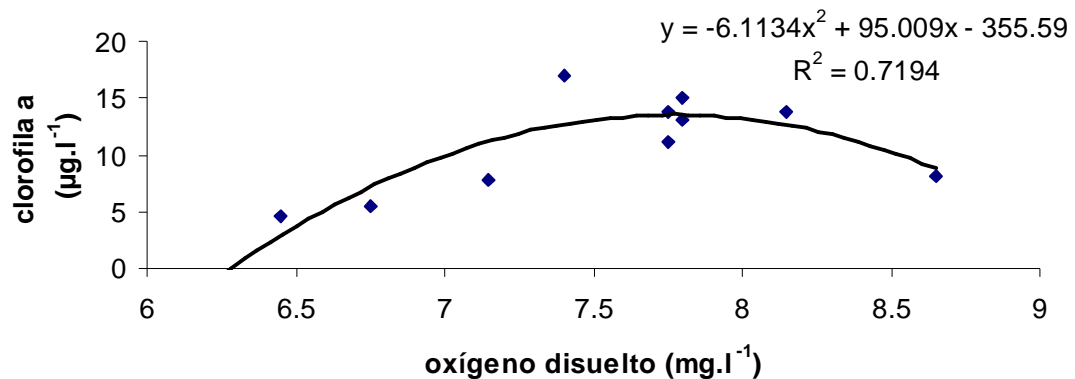


Fig. # 56. Correlación entre clorofila a y oxígeno disuelto en la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

El tiempo de residencia del agua en la Laguna es corto (DIPAL, 1999), lo que hace, que la comunidad fitoplanctónica no pueda establecerse por mucho tiempo y está sujeta a cambios en la densidad y composición de especies de acuerdo a las condiciones ambientales. Posiblemente existe una relación directa entre estos parámetros, pero no existe un estudio que puede revelar esta situación.

En la figura # 56, se observó una correlación polinomial entre la cantidad de clorofila a y la cantidad de oxígeno disuelto en la Laguna de Bluefields para el mes de febrero. Esta correlación nos indica que no toda la cantidad de oxígeno disuelto en la columna del agua se origina mediante el proceso de la fotosíntesis.

Posiblemente, para esta época, una parte de oxígeno entra al agua a través de la mezcla de la columna del agua bajo influencia de los vientos fuertes, que predominan para este tiempo en la zona o por el aporte en la fotosíntesis por parte de fitobentos. El coeficiente de correlación poli nominal fue $R = 0.8482$.

8.4.3. Bentos:

El estudio del bentos en la Laguna de Bluefields indicó que los puntos de muestreo tienen notables diferencias, que dependen del tipo de sustrato, del porcentaje de materia orgánica, tamaño de partículas, cantidad de oxígeno disuelto u otras características físico - químicas del ambiente. Para el mes de febrero fueron registrados 28815 ind.m⁻² y para el mes de mayo 77164 ind.m⁻², pertenecientes a la comunidad bentónica, los cuales fueron distribuidos en la Laguna de la siguiente manera (Fig. # 57).

Para el mes de febrero la mayor presencia de individuos se observó en el sitio de La Barra de Hone Sound, que los sedimentos contenían excesiva cantidad de hojarasca, proveniente del bosque de manglar. Otro sitio con gran cantidad de individuos encontrados fue ubicado Frente a El Bluff (Cuadro # 20).

En general, la mayor cantidad de individuos se observó en las estaciones donde los sedimentos contienen la mayor cantidad de arena o muy cerca del mar. Para el mes de febrero se observó la reducción de los individuos hacia las entradas de los ríos o asentamientos humanos.

Para el mes de mayo se observó un aumento en la cantidad de organismos bentónicos cerca de la ciudad de Bluefields, Canal de dragado y Entrada al Río Escondido, que son las estaciones ubicadas en la parte norte. Esto podría tener relación con las tasas de sedimentación, las propiedades granulométricas y calidad físico – química de los sedimentos.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

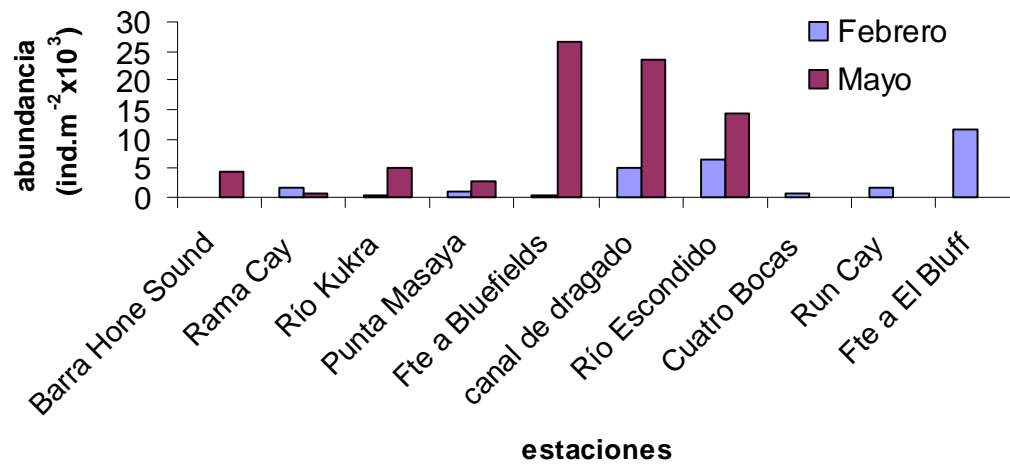


Fig. # 57. Cantidad de individuos de bentos (Ind.m⁻²) en los puntos de muestreo de la Laguna de Bluefields, febrero, mayo 2002.

Entre los resultados cualitativos se puede expresar que todos los individuos encontrados, pertenecen a tres grandes Phylla: Nematoda, Annelida y Arthropoda. Se observó, que en el muestreo del mes de febrero el phylum Arthropoda fue representado por los Amphipodos en la estación La Barra del Hone Sound (Cuadro # 20). Phylum Annelida se encontró en menores cantidades. Las cantidades grandes de Nematoda se observó en las estaciones frente a El Bluff, Canal de dragado, Entrada al Río Escondido y Barra Hone Sound (Fig. # 58).

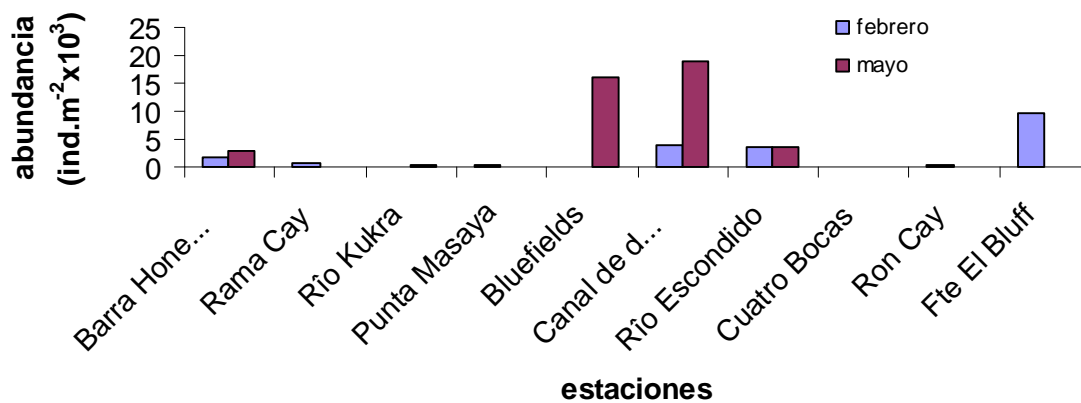


Fig. # 58. Cantidad de individuos de phylum Nematoda (ind.m^{-2}) en los puntos de muestreo de la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

El phylum Nemertea fue observado para el mes de mayo en la estación Punta Lora con una densidad de 130 ind.m^{-2} . En la figura # 59 se presenta la abundancia de representantes de los phylla Annelida y Arthropoda.

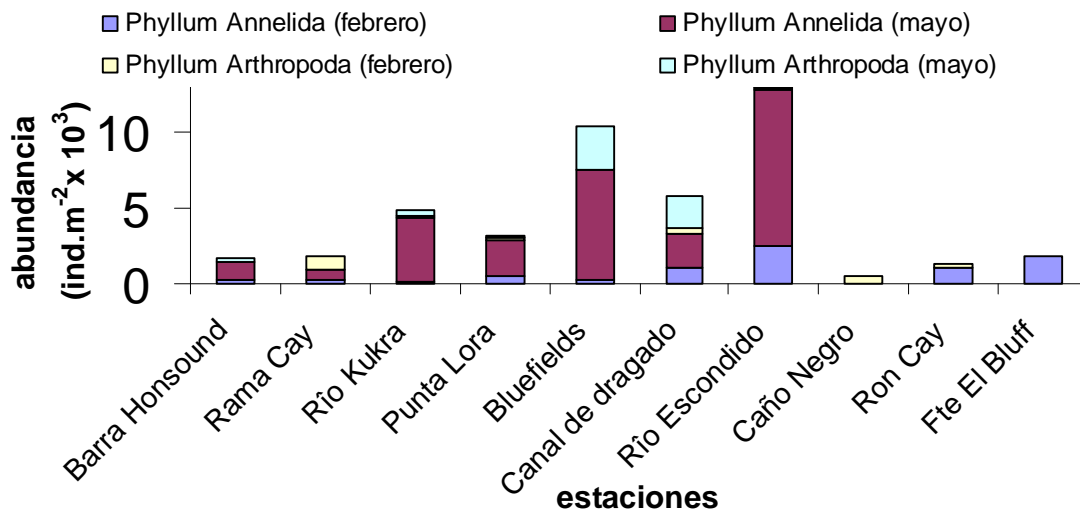


Fig. # 59. Cantidad de individuos de los phylla Arthropoda y Annelida en diferentes puntos de muestreo en la Laguna de Bluefields, febrero, mayo 2002.

En la figura # 59, se observa un incremento en la abundancia del bentos durante el mes de mayo. Esto posiblemente está ligado con la invasión y dominancia de las especies marinas tolerantes a la alta salinidad (Montagna P., Kalke R. 1992). Datos similares fueron obtenidos por la Lic. Mairena I., 2001, en la Laguna de Perlas.

Reducida cantidad de representantes del bentos se observó para el mes de febrero en los puntos: frente a la ciudad de Bluefields y en la entrada al Río Kukra. Estos lugares se caracterizan por la presencia de grandes cantidades de materia orgánica en los sedimentos. Además en el punto frente de Bluefields existe una influencia directa de aguas residuales, que provienen de la ciudad de Bluefields.

Para el mes de mayo la abundancia del bentos aumentó en las estaciones de muestreo cercanas a las entradas a los ríos y la ciudad de Bluefields. En este periodo se redujo las precipitaciones, la tasa de sedimentación y las descargas de las aguas residuales.

La estación ubicada en la desembocadura del río Kukra presentó un tipo de sedimento no apto para el desarrollo de los organismos bentónicos, ya que el sustrato es muy fácilmente removible, es una zona pantanosa y no permite el desarrollo de ciertas especies, que necesitan un sustrato más estable. En el mes de mayo se observó un aumento en la abundancia del Phylum Annelida en esta estación (Fig. # 59).

Los Annelida aumentaron en cantidad de individuos en el mes de mayo (Cuadro # 20) en las desembocaduras a los ríos Escondido y Kukra. La abundancia y biomasa de la fauna pueden aumentar, dependiendo de la entrada de nutrientes con los ríos (Montagna y Yoon 1991, citado por Montagna P., Kalke R. 1992)

En la figura # 60 se observó la contribución de diferentes grupos de la comunidad bentónica, con la dominancia de los Phyla Nematoda y Annelida y la reducción de Phylum Arthropoda para el mes de mayo. En general se puede afirmar que el aumento en la abundancia en la comunidad bentónica en el mes de mayo posiblemente está relacionado con la disminución de la precipitación que resulta en la reducción en las tasas de sedimentación y en la cantidad de materia orgánica.

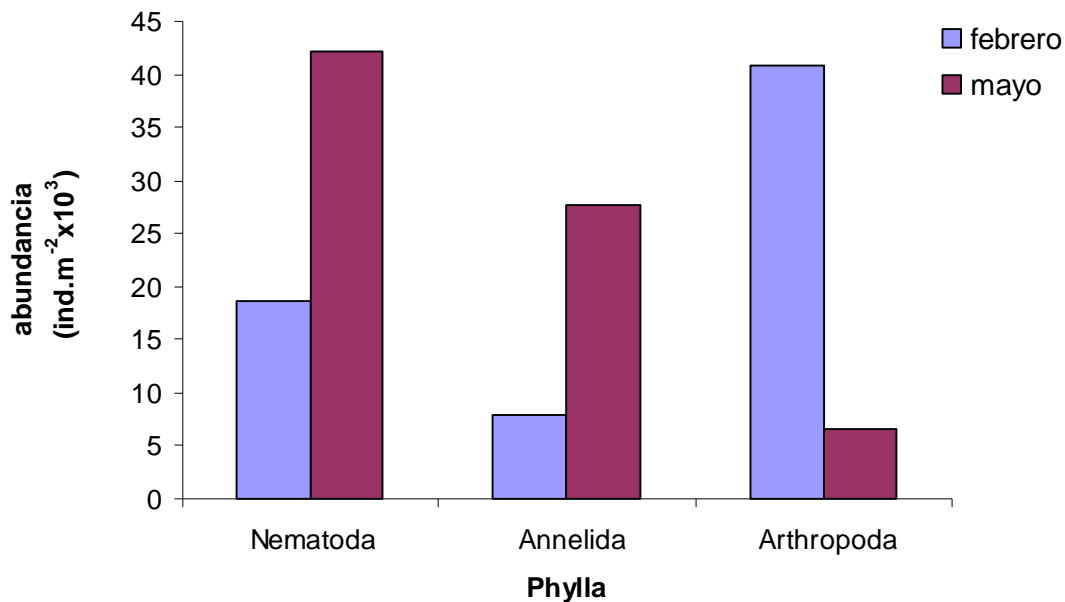


Fig. # 60. Contribución de diferentes phylla a comunidad bentónica en la Laguna, 2002.

Los cambios en la composición del bentos son cíclicos y son pocas los taxa, que se presentan durante todo el año (Phyllum Nematoda, Phyllum Annelida, familia Spionidae, Phyllum Arthropoda, orden Amphipoda). Entre los órdenes más representados se destaca el orden Amphipoda, seguido por phyllum Nematoda, familias Nereidae y Spionidae.

De acuerdo a los resultados de la fauna bentónica en la Laguna de Perlas (Mairena I., 2001), fueron identificados un total de 27 taxa, pertenecientes a Nematoda (3,7 %), Annelida (37,04 %), Arthropoda (45,15 %), Coelenterata (3,7 %) y Mollusca (7,42 %). El estudio del bentos en la Laguna de Bluefields identificó 24 taxa, pertenecientes a Phyllum Arthropoda (33 %), Nematoda (42 %), Annelida (25 %), para ambos muestreos. La alterada cantidad de representantes de Phyllum Nematoda puede atribuirse a la mayor cantidad de materia orgánica en los sedimentos de la Laguna de Bluefields.

8.4.3.1. Influencia de los factores físico – químicos sobre la comunidad bentónica:

El impacto antropogénico sobre los sistemas costeros implica el proceso de eutrofización, contaminación, el disturbio físico, que pueden conducir al cambio agudo o crónico, o la pérdida del hábitat productivos (Wulff A. et al. 1997).

Para evaluar el impacto de un contaminante sobre la comunidad bentónica, se debe realizar el muestreo y comparar los resultados con una comunidad no afectada. Se toma en cuenta la cantidad de individuos por especie. Se puede caracterizar y comparar la estructura de la comunidad, la densidad, la diversidad de la biomasa, u otros parámetros. Igualmente deseable es una caracterización de la concentración de oxígeno disuelto, la profundidad del agua del substrato, el tipo de sedimento, tamaño de las partículas, y el contenido de carbono orgánico total (TOC) (APHA, 1992).

El estudio realizado indica, que la comunidad bentónica es muy dinámica en el tiempo, y posiblemente depende de los cambios en los parámetros físico – químicos y biológicos de las aguas y de los sedimentos.

La fauna béntica de un estuario es muy susceptible a las fluctuaciones en su ambiente, porque su movilidad es a menudo limitado (Remane y Schlieper 1971, citado por Montagna P., Kalke R. 1992).

Para establecer correlaciones entre la densidad poblacional de organismos bentónicos y las variables físico – químicas del agua y de los sedimentos se aplicaron los datos obtenidos en el mes de febrero, excluyendo el punto de la Barra Hone Sound. Este sitio está ubicado en un canal que conecta la Laguna con el mar y no precisamente dentro del área de la Laguna.

Para el mes de febrero en una sub muestra tomada en este punto de muestreo se encontró una alteración en la cantidad de Amphipodas, se asume como una excepción para esta especie, debido posiblemente a abundante alimento orgánico vegetal proveniente de cercano manglar.

Se considera, que la influencia de la temperatura sobre la comunidad bentónica es mínima, ya que las variaciones de ésta, son poco relevantes.

No se encontró la correlación entre la abundancia del bentos, la transparencia de agua y el pH.

En el mes de febrero (Fig. # 61), se presenta una correlación lineal entre la abundancia del bentos y la conductividad del agua, lo que explica, que los cambios de la salinidad es un factor importante en la dinámica de la comunidad bentónica. Esta relación es directa, con el coeficiente de correlación de $R = 0.8082$, lo que indica un alto valor de coincidencia entre estas variables.

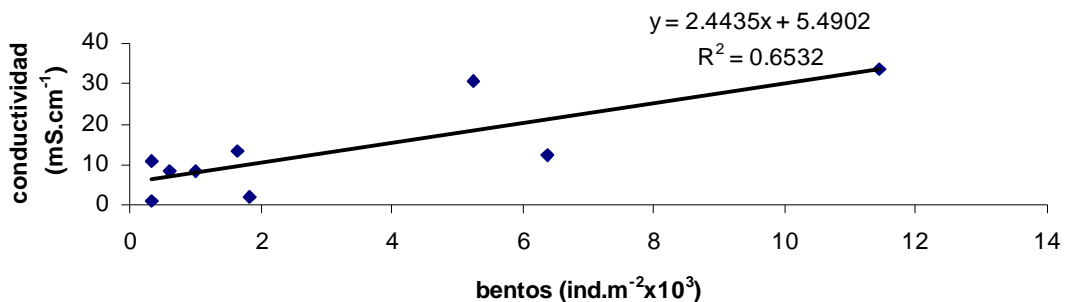


Figura # 61. Correlación entre bentos y conductividad en la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

Los grandes cambios en los valores de la salinidad afectan la distribución y abundancia de especies del bentos. Las especies de agua dulce, que se pueden acomodar a salinidades muy bajas, son típicas de las partes internas de los estuarios. Las especies, que resisten oscilaciones grandes de salinidad, se encuentran en el centro de los estuarios. Las especies marinas, que no pueden acomodarse a tales variaciones en salinidad, están limitadas a porciones mas bajas del estuario cercana al mar.

En los estuarios existen los gradientes de la diversidad de las especies. Las especies numéricamente disminuyen del agua fresca a agua salobre y aumenta otra vez mientras la salinidad aumenta (Remane y Schlieper 1971, citado por Montagna P., Kalke R. 1992).

La cantidad de oxígeno disuelto parece no influir mucho sobre la vida de los organismos bentónicos. Tal vez esto tenga relación con la poca profundidad de la Laguna, que facilita buena oxigenación en casi toda el área. Este factor no es limitante, ni realiza presión sobre la dinámica del bentos para el mes de febrero, cuando los vientos fuertes oxigenan bien el fondo de la laguna.

No se realizó el estudio del fitobentos, pero la oxigenación de la superficie del sedimento por fotosíntesis algal podría ser un factor importante que influencia la mayoría de los procesos en la superficie de los sedimentos (Glud et al. 1992).

Las diatomeas bénticas pueden colonizar rápidamente las zonas sedimentadas a través de la migración ascendente. Este proceso oxigena la superficie del sedimento. La capacidad de las diatomeas bénticas de ayudar a la recuperación, parece estar relacionada por su capacidad para sobrevivir en la oscuridad, tolerar anoxia, e incluso las condiciones sulfurosas (Kennet y los Har-sepulcros 1985, citado por Wulff A. et al. 1997).

La vegetación macroscópica, las microalgas tales como diatomeas, cianobacterias, y los flagelados, son los productores primarios autóctonos, constituyendo una fuente importante del carbono para los organismos bénticos. Esta comunidad microalgal, concentrada en una zona eufótica fina, forma una película altamente activa en el interfaz del sedimento-agua. Tiene un impacto substancial en el intercambio de la materia disuelta y particulada entre el sedimento y la columna del agua, influenciando sobre los procesos del intercambio de nutrientes (Rizzo et al. 1992; Reay et al. 1995, citado por Wulff A. et al. 1997) y estabilización del sedimento (Yallop et al. 1994, citado por Wulff A. et al. 1997).

Posiblemente por la influencia de las algas bentónicas e influencia de factores físicos no se observó la dependencia directa entre la densidad de bentos y la cantidad de oxígeno disuelto en la columna del agua.

Existe una correlación (Fig. # 62), entre la composición granulométrica de los sedimentos y la abundancia de organismos bentónicos. Se observó para el mes de febrero una relación proporcional entre la cantidad de bentos y el porcentaje de arena en los sedimentos lo que indica que sustratos arenosos favorecen al desarrollo de la fauna bentónica. El coeficiente de correlación es $R = 0.7233$.

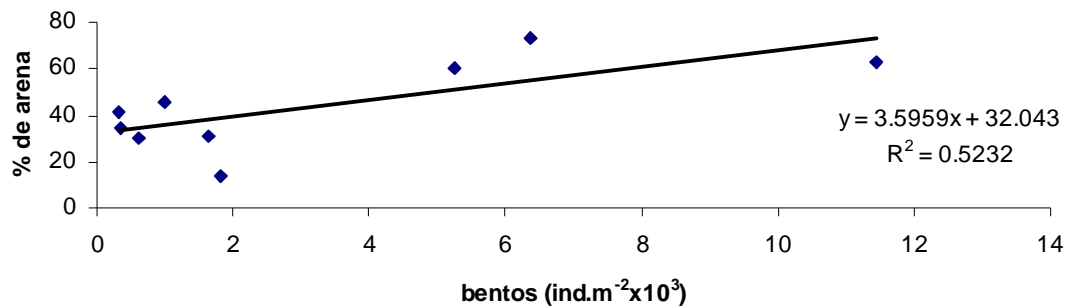


Fig. # 62. Correlación entre bentos y contenido de arena en los sedimentos, febrero 2002.

Al comparar la cantidad de bentos con el porcentaje de limo en sedimentos para el mes de febrero se observó correlación inversa, lo que significa que el aumento en la cantidad de limo inhibe la comunidad bentónica (Fig. # 63). El coeficiente de correlación para este parámetro es $R = -0.7501$.

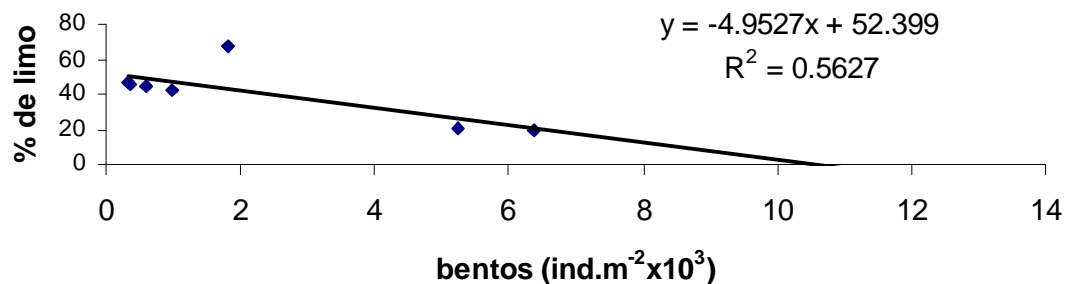


Fig. # 63. Correlación entre bentos y contenido de limo en sedimentos, febrero 2002

Al comparar el porcentaje de arcilla en sedimentos y la cantidad de organismos bentónicos no se observó la correlación directa entre estas dos variables.

Uno de los parámetros más importantes para la distribución de los organismos bentónicos es la cantidad de materia orgánica en los sedimentos. En nuestro estudio se encontró la correlación entre estos dos parámetros, con un coeficiente de correlación $R = 0.8575$ (Fig. # 64).

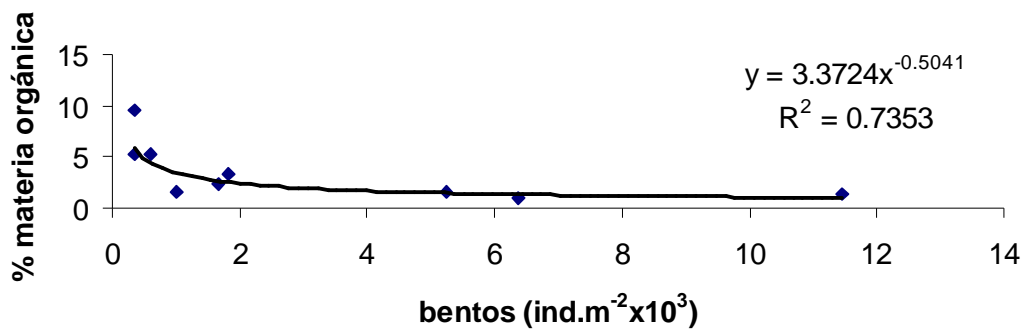


Fig. # 64. Correlación entre bentos y contenido de materia orgánica en los sedimentos, febrero 2002

La tasa de sedimentación es una variable importante para la vida de los organismos bentónicos. La comunidad micro bentónica del sedimento arenoso tiene una capacidad inherente de recuperarse después de una deposición moderada del sedimento de partículas finas (Wulff A. et al. 1997).

Se encontró que existe menor variación entre los muestreos realizados en febrero y mayo en la cantidad de individuos del bentos presentes en la estación Entrada al Río Escondido, que se caracteriza por sedimentos arenosos. La inhibición de la cantidad del bentos para el mes de febrero frente a la ciudad de Bluefields posiblemente se relaciona con las mayores tasas de sedimentación.

La comunidad microbiana del sedimento arenoso puede recuperarse fácilmente después de una deposición moderada del sedimento, a través de la migración ascendente activa, para restablecer la oxigenación de la superficie del sedimento por fotosíntesis.

La capa que produce oxígeno, es más fina en el sedimento de grano fino en comparación con el sedimento arenoso. El cambio en la granulometría lleva al cambio de la composición de la comunidad (Wulff A. et al. 1997).

En áreas con una alta tasa de acumulación de sedimentos ($>20 \text{ mm.año}^{-1}$), el tiempo de residencia de las partículas dentro de la capa mezclada superficial se reduce, y dificulta el hábitat de los organismos bentónicos (Rhoads et al. 1985, citado por Wright L., Nittrouer C., 1995). Las altas tasas de sedimentación (hasta 40 mm. año^{-1}) que se observaron en la estación frente a la ciudad de Bluefields, posiblemente dificulta el desarrollo de la comunidad bentónica durante la época de lluvias en este punto y en otras áreas de la Laguna.

8.4.3.2. Influencia del fitoplancton sobre la comunidad bentónica:

Se encontró la correlación inversa entre la comunidad bentónica y la cantidad de *clorofila a* en la columna de agua para el mes de febrero (Fig. # 65). El coeficiente de correlación es $R = -0,8393$. Comparando las series de variables para el mes de mayo no se encontró la correlación entre estas variables.

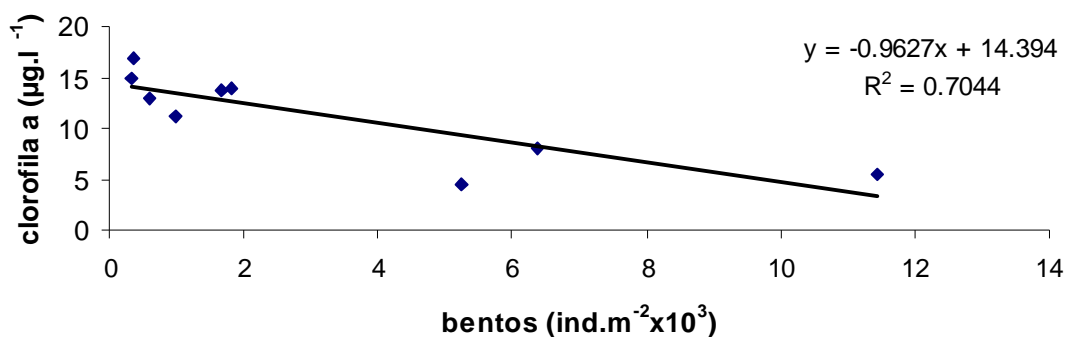


Fig. # 65. Correlación entre bentos (ind.m^{-2}) y clorofila a (mg.l^{-1}), febrero 2002

Posiblemente esta relación refleja el desarrollo y los niveles de toxicidad de las cianofitas y específicamente de *Microcystis sp.*, encontrados en la Laguna para el mes de febrero y su influencia de inhibición sobre la comunidad bentónica. Para el mes de mayo no se encontró la presencia de *Microcystis sp.*

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Posiblemente los factores que influyen en el fitoplancton también tienen influencia sobre el bentos, o puede ser que estas comunidades estén relacionadas a través de las cadenas tróficas acuáticas o relaciones ecológicas en la Laguna (Fig. # 66).

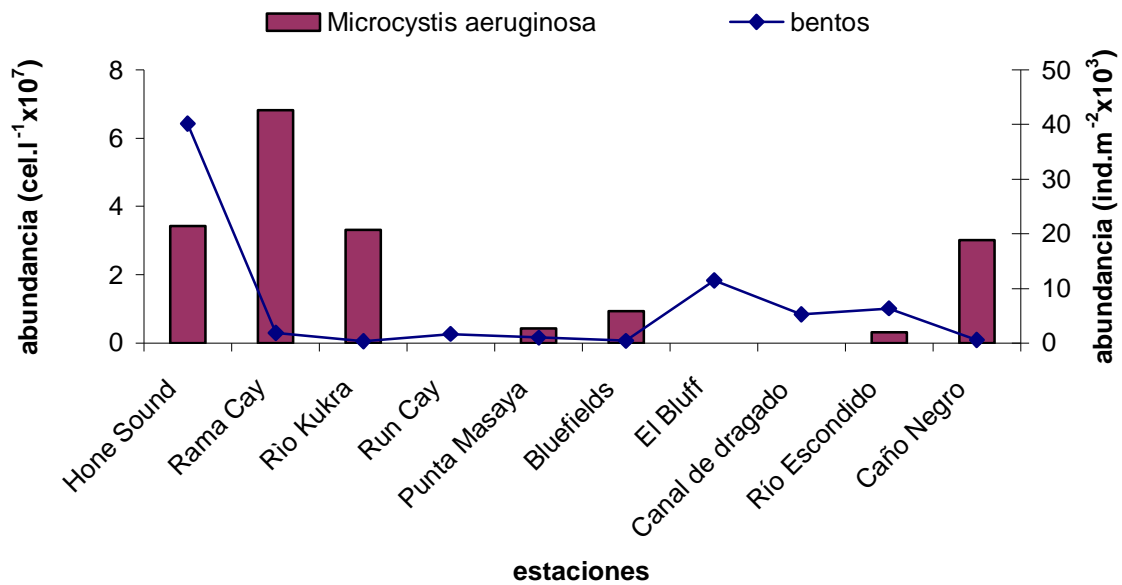


Fig. # 66. Correlación entre bentos y *Microcystis aeruginosa*, febrero 2002

CAPÍTULO 9. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EXISTENTE

Para determinar las causas y efectos de los problemas ambientales existentes en la Laguna de Bluefields, se complementó la información recibida por medio de la diagnóstica de la contaminación y su influencia en la vida biótica de la Laguna de Bluefields con información de trabajo de campo y de entrevistas con los líderes municipales de la cuenca y de algunos programas en la ciudad de Bluefields, en la Isla del Bluff y en la cuenca del Río Escondido, enfatizando los temas relacionados con las acciones que se realizan actualmente.

De acuerdo a los datos del diagnóstico se puede concluir que los problemas ambientales, están influyendo negativamente sobre la vida acuática. Considerando que la Costa Atlántica ha sido marginada por el Gobierno Central durante décadas es imposible pensar en la realización de las actividades sin una inversión económica por parte de organismos gubernamentales y donantes. Como actividad primordial se recomienda involucrar a todos los actores competentes, instituciones gubernamentales, ONG, público en general para realizar las actividades que permitan mejorar las condiciones ambientales a corto, mediano y largo plazo. Se debe actualizar los mapas y las fotos aéreas de la zona.

Actualmente se están realizando varios proyectos sobre la utilización de la Laguna como una fuente del agua potable y el megaproyecto dirigido al cierre del istmo de El Bluff. Se espera que los resultados de este estudio sean tomados en cuenta por parte del Gobierno Regional y Municipal en la toma de decisiones sobre temas ambientales en este cuerpo acuático. Además que las recomendaciones propuestas en el estudio serán incluidas en el Plan Estratégico Ambiental de la RAAS.

9.1. Problemática ambiental del Municipio de Bluefields:

La ciudad de Bluefields tiene una serie de problemas ambientales. Contaminación por los residuos orgánicos está aumentando paralelamente al crecimiento urbano: y para efectuar las medidas de protección ambiental hace falta un marco jurídico dirigido a resolver los problemas ambientales en el país.

En el futuro la ciudad y el Municipio se proyecta convertirlos en una zona de atracción turística. La Laguna de Bluefields es el centro de atracción turística a escala nacional e internacional. Actualmente existe mucha tensión sobre la Laguna como la única vía de acceso entre las ciudades de Bluefields - El Bluff y la ciudad de El Rama, la cual podría resolverse con la **construcción de una vía de comunicación terrestre**.

Algunas viviendas están ubicadas en las orillas en lugares no apropiados, contaminando las aguas con desechos líquidos y sólidos. Los muelles y principalmente el muelle Municipal no presentan depositos o recipientes adecuados para el manejo de los hidrocarburos, aceites usados y desechos sólidos. En las orillas de la Laguna no hay obras protectoras, que prevengan la entrada directa de los contaminantes a la Laguna. Los esfuerzos orientados a realizar campañas ambientales para restaurar las orillas y el fondo de la Laguna son ineficientes ante la contaminación existente.

Como la ciudad carece del suministro de agua potable, se piensa como medida temporal utilizar el agua de la Laguna de Bluefields a través de un proceso costoso de desalinización y potabilización. Como medida a largo plazo se propone un plan de manejo de la cuenca del Río Sconfra, que se considera una fuente de agua potable de mayor importancia para la ciudad de Bluefields y posiblemente para otras comunidades del Municipio.

No hay una rígida supervisión por parte de la Alcaldía de la urbanización en la ciudad de Bluefields. Se debe mejorar el plan del desarrollo urbano existente.

En la ciudad de Bluefields no hay un sistema de saneamiento, que contempla separación de las aguas negras y aguas pluviales. Al realizar el proyecto de saneamiento se podrá rehabilitar los 7 caños, destinándolos para la recepción de las aguas pluviales. No existe el acceso terrestre con el resto del país, lo que provoca dificultades para la ubicación de un relleno sanitario para la ciudad. Por falta de acceso es difícil de encontrar un lugar adecuado. Existe poca capacidad de recolección y manejo de desechos sólidos en la ciudad de Bluefields y el puerto de El Bluff. El basurero Municipal actual no corresponde a las normas de rellenos sanitarios y es una fuente de contaminación permanente.

En el Municipio hay poca presencia de los Ministerios de Gobierno (MARENA, MAGFOR), para un mejor funcionamiento hay que promover la descentralización y fortalecimiento de la representación articulación entre estas, definición de las competencias, prioridades y funciones de estas instituciones en la RAAS. Se debe fortalecer la colaboración entre el MARENA y las Alcaldías Municipales a través de la Oficina del Medio Ambiente, que permita conformar actividades dirigidas a mejora de las condiciones ambientales en la RAAS.

Existe la colaboración con la Alcaldía del Municipio de El Rama sobre el plan de manejo de humedales de Mahogany, donde 85% del territorio pertenece al Municipio de El Rama.

Se está gestionando la implementación de varios proyectos relacionados con el mejoramiento del medio ambiente. Primordialmente los esfuerzos se enfocan en mejorar el nivel de vida para los pobladores de la ciudad de Bluefields (comunicación personal con el Sr. Moisés Arana Cantero, Alcalde del Municipio de Bluefields).

La oficina de UNAG (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos) tiene representación en Muelle de los Bueyes, Bluefields, Nueva Guinea, Kukra Hill y El Rama. La cuenca del Río Kukra está poblada hasta las Antillas (cabecera del Río). Predominan las actividades agropecuarias con la producción de granos básicos, tubérculos y musáceos, crianza de cerdo, aves y ganado, se cultivan pastos mejorados.

Anteriormente se practicaba la ganadería extensiva, la que obligaba quemar y despalar parcelas para poder sembrar los pastos (comunicación personal con Sr. José Inés López Sequeiro (Presidente UNAG RAAS).

De acuerdo a la UNAG el proceso de avance de frontera agrícola en la zona de Cerro Silva hasta Mahogany es de 300 hectáreas anuales y desde Mahogany hasta el Wawashang es de 260 hectáreas anuales. Se conoce que la tala de árboles, agricultura e irrigación, han contribuido al progreso de la civilización (Cook 1976). Aunque en las condiciones actuales los árboles despaldados no se aprovechan por falta de acceso y la madera se pierde (ver foto # 22). Hace falta la reglamentación de la ley de demarcación territorial, que ayudará a proteger las propiedades comunales y a reducir el impacto por el avance de frontera agrícola.

El volumen y niveles del escurrimiento son altos durante una década después de deforestación, este disminuye marcadamente durante los primeros 4 años de reforestación, en gran parte debido a los aumentos en la transpiración. Los procesos que aumentan el escurrimiento son la reducción en la capacidad de infiltración, almacenamiento y retención superficial, la reducción de la vegetación y construcción de superficies impermeables. Estos procesos están asociados a la tala de árboles, a la agricultura, y a la urbanización (Hopkinson Ch., Vallino J., 1995).

9.2. Problemática de la isla de El Bluff:

La isla actual de El Bluff con 4500 habitantes es la comunidad con mayor densidad poblacional en la RAAS. Según entrevista con la Delegada de la Alcaldía de El Bluff (Foto # 8), existen varios problemas ambientales. La isla está rodeada de un lado con el Mar Caribe y de otro lado con la Laguna de Bluefields, la cual tiene un valor primordial económico, por la captura de chacalines, y de recreación para los pobladores de El Bluff y de la ciudad de Bluefields.

Por su cultura en El Bluff, se diferencia de Bluefields casi no se usan letrinas colgantes sobre la Laguna, así se previene la contaminación directa, aunque las tuberías de algunos tanques sépticos se conectan con desagües y en algunos sectores se observa fecalismo al aire libre.

La población expresa sentimientos de tristeza al ver la isla sucia. Existen planes para conversión de El Bluff en una zona turística a través de la implementación de la educación ambiental entre los pobladores, e implementación del proyecto de manejo de desechos sólidos. Una de las soluciones es la transportación de la basura a la ciudad de Bluefields para depositarla en el basurero Municipal.

En la zona del litoral marino costero se efectúa extracción continua de arena para la construcción de viviendas en la ciudad de Bluefields, lo que es dañino ya que la capa de arena es fina y puede haber impacto negativo sobre la costa (Foto # 9).

La principal empresa maquiladora pesquera Oceanic se cerró en el año 2001. Era el foco principal de contaminación, pero daba trabajo a unas 600 personas de las cuales 80% eran pobladores de El Bluff y principalmente mujeres. Esto ha causado un mayor desempleo y disminución en la calidad de vida de los pobladores, y aumentado la tasa de emigración hacia Corn Island o fuera del país.

Por los datos de la empresa de transporte acuático de la Administración Municipal Portuaria de El Bluff, se transportaban antes de cerrar la empresa Oceanic alrededor de 150 personas/día y actualmente alrededor de 100 personas. Lo que significa 15-18 pangas y 10-11 pangas respectivas.

Perla Federico (Delegada de la Alcaldía El Bluff) ella notificó, que antes del huracán Juana en 1988, El Bluff fue una península, pero después de este fenómeno natural se unió la Laguna de Bluefields con el mar (ver foto # 13-15). Según testigos, primeramente la apertura fue entre 20-30 metros de longitud, pero durante años bajo influencia de las olas marinas y las corrientes de agua durante épocas lluviosas la apertura creció hasta unos 700-1000 metros de ancho.

Actualmente es una isla que continuamente está disminuyendo su área total, durante los últimos años 7 casas desaparecieron y 2 casas actualmente están en peligro de desaparecer bajo las aguas marinas. Se están destruyendo las playas y actualmente aparecen los tiburones, resultado del aumento de la profundidad del mar en esta zona. Actualmente se están estudiando diferentes posibilidades para el cierre del istmo de El Bluff y así prevenir las pérdidas de esta isla ante las fuerzas erosivas del mar.

Se está estudiando las tendencias del proceso de la erosión de las playas en la parte costera de El Bluff, aun que hace falta un programa de manejo de las playas para los fines eco turísticos, y reglamentar la extracción de arenas, y la importancia de los ecosistemas de manglares en la prevención de la erosión de las orillas de la Laguna.

Para prevenir las pérdidas por erosión se recomienda incorporar en los alrededores de la laguna una zona de amortiguamiento de vegetación natural en forma de una banda de 10 metros de ancho entre la obra de desarrollo y la línea costera, que sirva para filtrar algunos contaminantes, de protección contra la erosión y para reducir la velocidad del flujo de las escorrentías y evitar la entrada en gran escala de sedimentos a la laguna.

Si se conecta la zona de amortiguamiento con otra zona de vegetación o a las zonas de amortiguamiento adyacentes a otras obras de desarrollo con lo cual se promueve un corredor para la fauna y flora silvestre. Estas áreas podrían ser usadas como atracciones eco turísticas de bajo impacto como la observación de la fauna (aves).

9.3. Problemática de la cuenca del Río Escondido:

De acuerdo a los datos de Luis Núñez, de la Alcaldía de El Rama, el Municipio de El Rama tiene en promedio 152 km de largo y 32 km de ancho. Entre las fuentes contaminantes en la cuenca del río Escondido se pueden mencionar dos minas ubicadas en la Libertad y en Santo Domingo.

Se utiliza veneno para pescar camarones del río, y se han registrado personas intoxicadas al consumir estos productos. Existen problemas de inundación a lo largo del Río Escondido, con las crecidas de hasta 12 m. El vertedero Municipal es un foco de contaminación.

Como la ciudad de El Rama es un puerto existe la contaminación por hidrocarburos y aceites quemados (Foto # 19). Estos hidrocarburos y aceites quemados son usados por los transportistas que viajan hacia el puerto Arlen Siu de La ciudad de El Rama (Foto # 19). El movimiento de personas de la ciudad de Bluefields a Rama se realiza con un promedio de 27 unidades de transporte acuatico (pangas), con capacidad de 16-20 pasajeros que viajan diariamente.

En la zona hay producción de quesos a nivel artesanal e industrial, y 4 empresas de industria maderera. Se calcula, que 65% de territorio ha sido deforestado. En la década comprendida entre los años sesenta y setenta la actividad principal fue la extracción maderera, y luego en los años noventa fue sustituida por la actividad ganadera. Como consecuencia del cese de las actividades belicas inició la expansión del uso de terrenos en estas zonas por los campesinos. Actualmente la parte más despaldada es el norte del Municipio.

Existen varias razones (poca capacidad humana, costosas inversiones, débil marco jurídico) que impiden controlar eficientemente la tala de árboles y el mercado de la madera de acuerdo a las leyes vigentes en el país.

Una de las principales causas del aumento de la sedimentación en la Laguna de Bluefields es la ampliación de la frontera agrícola, que proviene del cambio de los usos de la tierra con los fines de la agricultura y la deficiencia de conocimientos en el manejo sostenible de las cuencas hidrográficas (por subcuenca). El aumento en la sedimentación, provocó que el río Escondido ya no sea navegable a unos 2 km de Rama, aguas arriba (Foto # 18).

Existe poca coordinación entre las Municipalidades para enfrentar los problemas ambientales en las cuencas de los ríos Escondido y entre el Río Escondido y Río Punta Gorda. Otro resultado de despale son las crecidas del río durante el periodo lluvioso, por ejemplo con el huracán Mitch el nivel del agua en el río Rama subió hasta 7.6 metros. El flujo de agua en una cuenca deforestada puede incrementarse a 26-41% comparando con las condiciones anteriores (Bormann & Likens 1982). La deforestación ha aumentado grandemente la amplitud de la descarga del agua y ha alterado totalmente el modelo estacional del nivel del agua (Hopkinson Ch., Vallino J., 1995).

Afectan la cuenca las “quemadas controladas”, las cuales pueden convertirse en desastres naturales. Así durante el fenómeno del niño se quemó 65 000 hectáreas, que corresponde a un tercio del Municipio. La actividad principal que modifica directamente la naturaleza de las cuencas es cambio del uso de suelo (Hopkinson Ch., Vallino J., 1995). Con la magnitud existente de las áreas despalladas es difícil promover las campañas de reforestación en todas las riberas de los ríos, acordando que la vegetación es la trampa de nutrientes y de los sedimentos y ayuda a conservar la calidad del agua en los sistemas ecológicos. Mayor atención se debe poner en las partes altas de estas cuencas.

Las campañas que se realizan a los dueños de las fincas y de los bosques sobre la importancia de la conservación de las cuencas y de los daños que ocasionan las quemas “controladas” son costosas y no cubren todo el área.

Históricamente los cambios en el uso del suelo van de estado natural (bosque o prado) a tierras comunales, que se utilizan para la agricultura, o urbanización, y a veces a tierras naturales (abandono) (Cook 1976; Meade 1982, citado por Hopkinson Ch., Vallino J., 1995). Los cambios que ultimadamente están influenciando al metabolismo de los estuarios son procesos de erosión, entrada de materia orgánica y los nutrientes, en conjunto con el clima, la topografía, y características del suelo (Dunne & Leopold 1978).

Lic. Edgar Chamorro (Asesor Técnico de COPA RAAS), que es una cooperativa de pescadores, indica que entre las peticiones de parte de los pescadores de Rama fueron la prohibición del uso de químicos para la captura del camarón del río y algunas especies de escama. Como principal componente aparece una sustancia tóxica conocida como “Butoc”, la cual utilizan para bañar las reses. En el periódico La Prensa del 20 de marzo del año en curso fue publicado un artículo “Aguas del Río Siquia enferman al ganado, donde se tocó el mismo problema de “Butoc”, que de acuerdo a los datos publicados provocaron las muertes o abortos en el ganado.

9.4. Principales problemas ambientales en la zona de estudio.

Como el resultado de entrevistas y trabajo de campo fueron definidos los principales problemas ambientales encontrados en la Laguna de Bluefields, que se presentan en el cuadro # 24, reflejando sus respectivas causas.

Cuadro #24. Resumen de los principales problemas ambientales en la Laguna de Bluefields.

| Problemas ambientales | Causas |
|--------------------------------|--|
| Sedimentación y erosión | <ul style="list-style-type: none"> • planes de manejo de cuencas no aplicados • la ley de la demarcación territorial inexistente • avance de frontera agrícola • despale, mercado de madera y poca reforestación • poca presencia de MAGFOR y MARENA en la zona • vías de comunicación sin revestimiento • débiles capacitaciones para la población y sin seguimiento • falta de reglamentación del transporte acuático • falta de medidas de mitigación sobre reforestación de las riberas • falta de conocimiento sobre el impacto de los dragados • falta de un plan de manejo de un sistema marino – costero y las playas |
| Contaminación por HAP | <ul style="list-style-type: none"> • falta de un acceso terrestre • falta de reconstrucción y modernización del Muelle Municipal • falta de un plan de manejo de hidrocarburos y aceites usados • falta de infraestructura adecuada de muelles |

| | |
|---|---|
| | <p>incluyendo el muelle Municipal</p> <ul style="list-style-type: none"> ● débil marco jurídico legal |
| <p>Contaminación por plaguicidas organoclorados</p> | <ul style="list-style-type: none"> ● falta de un plan de manejo de los plaguicidas ● falta de un control del uso actual ● falta de estudios sobre la afectación de la Laguna con los plaguicidas ● falta de educación sobre manejo y uso de plaguicidas |
| <p>Contaminación por desechos líquidos y sólidos</p> | <ul style="list-style-type: none"> ○ falta de una rígida supervisión por parte de Alcaldía Municipal y Gobiernos Regionales de las condiciones ambientales en la RAAS ○ falta de urbanización ○ falta de agua potable y saneamiento ○ falta de relleno sanitario ○ falta de un programa de recolección de los desechos sólidos ○ no adecuada ubicación de mercados, rastro u otras empresas ○ falta de obras protectoras en la orilla de Laguna ○ falta de un plan de manejo de desechos líquidos y sólidos ○ falta de un centro que efectúa el control de la calidad ○ débil componente de educación ambiental |

CAPÍTULO 10. RESUMEN DE RESULTADOS:

Las aguas de la Laguna de Bluefields presentan los valores de temperatura de 26° C en promedio. La transparencia del agua es de 0.8 m, considerando la zona eufótica, toda la columna del agua. Las fluctuaciones de pH son entre 7 hasta 8.5. Las variaciones anuales de la salinidad son de 35 ‰. El rango de salinidad durante el periodo seco es entre 15 ‰ y 35 ‰ y para el periodo lluvioso de hasta 1 ‰. Los valores de saturación de oxígeno son entre 40% y 85%. La cantidad de nitratos es desde <0.1 mg.l⁻¹ hasta 2.2 mg.l⁻¹ y de nitritos desde <0.01 hasta 0.03 mg.l⁻¹. La variación de sílice es desde 1.54 mg.l⁻¹ hasta 20.4 mg.l⁻¹. Las cantidades de fósforo están por debajo de los límites de detección (<0.005 mg.l⁻¹). En general las aguas de la Laguna de Bluefields presentan poca cantidad de nutrientes.

Los sedimentos varían según la ubicación geográfica donde se recogen las muestras encontrando los siguientes tipos: franco arenoso en la cercanía del mar, franco limoso en la parte media de la laguna, franco arcillosos frente a Bluefields y en la parte suroeste encontramos limo, barro, arcilla plástica y fango.

La materia orgánica en los sedimentos está presente desde 1.03% hasta 9.59%, con un valor promedio de (3.29%±2.7), en toda la Laguna de Bluefields. En el corte transversal en la Entrada al Río Escondido, el máximo contenido de esta se encuentra entre los 5 y 6 cm de profundidad (8.67%). Para la estación Frente a Bluefields su aumento se encuentra a una profundidad entre los 19 y 21 cm (9.2%). En la Entrada al Río Kukra la materia orgánica llega a su valor máximo a una profundidad entre 46 y 48 cm (17.29%).

En la Entrada al Río Escondido la tasa de sedimentación hasta el año 1894.1 es cercana a cero; hasta 1903.7 años la tasa de sedimentación es de 0.07 mm.año⁻¹; hasta mediados de los años setenta es de hasta 1.49 mm.año⁻¹ y en las últimas décadas de hasta 8.4 mm.año⁻¹.

En la Estación Frente a la ciudad de Bluefields hasta el año 1924.5 la tasa de la sedimentación es de 0.08 mm.año^{-1} ; hasta el año 1985.5 es de hasta 5.13 mm.año^{-1} , desde el año 1998.2 la tasa de sedimentación es de hasta $41.88 \text{ mm.año}^{-1}$.

En la estación Entrada al Río Kukra hasta el año 1957.8 la tasa de sedimentación es de hasta 1.07 mm.año^{-1} , hasta el año 1976.4 la tasa de sedimentación es de hasta 3.05 mm.año^{-1} , después del año 1976, se observa un aumento en la tasa de sedimentación de hasta 7 mm.año^{-1}

En la Estación Frente a la ciudad de Bluefields, casi todos los HAP, se encontraron presentes con una tendencia de aumento con la profundidad, presentando una contaminación ligera de los sedimentos. La contribución de plaguicidas organoclorados a la problemática ambiental en la Laguna es significativa: presencia en los sedimentos de pp – DDT hasta 7.33 ng.g^{-1} y sus metabolitos (pp – DDD, con el valor de 6.67 ng.g^{-1}) en la estación Frente a la ciudad de Bluefields.

En la Laguna de Bluefields la variación en concentración de bacterioplancton es entre 3.9×10^6 hasta 9.88×10^6 de cél.ml^{-1} . La concentración de *clorofila a* fue entre $2 \cdot \text{g.l}^{-1}$ hasta $16.93 \cdot \text{g.l}^{-1}$. Para el mes de febrero se encontró 63 especies y 52 especies para el mes de marzo. Predominan las especies de *Microcystis aeruginosa* y *Chroococcus sp.*

La variación de bentos en la Laguna de Bluefields es entre 28815 ind.m^{-2} y hasta 77164 ind.m^{-2} , con 24 taxa, pertenecientes a Phylum Arthropoda (33 %), Nematoda (42 %), Annelida (25 %).

Entre problemas que se observa en el área de estudio se puede mencionar rápido avance de frontera agrícola, deforestación, desordenado crecimiento urbano, falta de obras protectoras en las orillas de Laguna, contaminación por desechos líquidos y sólidos, débil comunicación interinstitucional y intermunicipal.

CAPITULO 11. CONCLUSIONES:

- Los valores de temperatura, salinidad, transparencia de agua, oxígeno disuelto y pH, tienen un comportamiento normal para este estuario, siendo la Laguna de Bluefields, más caliente y más salina, que la Laguna de Perlas.
- En la Laguna de Bluefields el tamaño de las partículas de los sedimentos disminuye desde el norte hacia el sur y se relaciona inversamente con el contenido de materia orgánica, de tal manera, que los sedimentos en la parte sur presentan una alta cantidad de limo y de materia orgánica.
- El comportamiento del contenido de materia orgánica en los perfiles captados en la Laguna de Bluefields está sujeto a condiciones de terreno, características granulométricas de los sedimentos, y depende de la mezcla y actividades de biodegradación.
- La sedimentación en los tres perfiles, indica un aumento en la tasa de sedimentación principalmente en las últimas tres décadas, relacionándose con el desarrollo socio – económico de la zona y fenómenos naturales.
- En un futuro cercano la sedimentación podrá disminuir peligrosamente el volumen total de la Laguna, amenazando de esta manera a la vida normal de la biota acuática y a las actividades de tipo socio-económicas desarrolladas en la zona, principalmente las relacionadas con la pesca, transporte, recreación, y las actividades portuarias.
- La ciudad de Bluefields constituye la mayor amenaza de contaminación por hidrocarburos y plaguicidas para la Laguna de Bluefields en relación a las otras cuencas adyacentes.

- No se puede establecer una relación precisa entre la datación de los sedimentos y la distribución de la contaminación por organoclorados e hidrocarburos por la mezcla de los sedimentos debida a las actividades antropogénicas, la bioturbación y los fenómenos de origen natural.
- En la Laguna de Bluefields existen dos focos de contaminación que son la ciudad de Bluefields y el asentamiento Rama Cay, de los cuales la ciudad de Bluefields es la fuente principal de la contaminación por los residuos orgánicos.
- La concentración de cianofitas tóxicas representan una amenaza para la calidad de agua en la Laguna de Bluefields y requiere un control continuo.
- La abundancia y la dinámica de la comunidad del bacterioplancton se relaciona con la transparencia de agua, la conductividad y la cantidad de clorofila a y no se podría establecer una relación directa con la cantidad de contaminantes encontrados.
- El conteo de bacterioplancton, los valores de clorofila a y dominancia de diatomeas indican que la Laguna de Bluefields tiene una tendencia de convertirse en un sistema mesotrófico, lo cual se puede constatar con la implementación de un sistema de monitoreos continuos.
- Los cambios en la comunidad del bentos están influenciados por la salinidad, la tasa de sedimentación, la cantidad de materia orgánica, las propiedades granulométricas de los sedimentos, y la cantidad de clorofila a en la columna del agua, y se relacionan con las precipitaciones y las entradas de los residuos líquidos de origen antropogénico.
- Los problemas ambientales son poco atendidos a nivel de los gobiernos municipales y regionales por falta de articulación entre las instituciones y Municipios y por la falta de un plan Estratégico de Desarrollo Nacional para la Costa Atlántica.

CAPÍTULO 12. RECOMENDACIONES.

Las siguientes recomendaciones están basadas en los datos de conclusiones de la evaluación ambiental y las observaciones y entrevistas reflejadas en el capítulo #9 de Problemática Ambiental.

- Fortalecer el conocimiento y la aplicación de las leyes sobre el medio ambiente, a través de la elaboración de los mecanismos para su ejecución.
- Reglamentar la ley de demarcación territorial, que ayudará a proteger las propiedades comunales y a reducir el impacto por el avance de la frontera agrícola.
- Promover la descentralización y fortalecimiento de la representación de los Ministerios de Gobierno (MARENA, MAGFOR) en la RAAS y fortalecer la articulación entre los organismos competentes, definir las competencias, prioridades y funciones.
- Fortalecer la Oficina del Medio Ambiente de la Alcaldía Municipal y de los Gobiernos Regionales y su capacidad de gestión de los fondos para los proyectos ambientales.
- Promover la reforestación de las áreas afectadas en las riberas de los ríos y en las áreas despalladas, ya que la vegetación sirve como las trampas de nutrientes y de los sedimentos, y ayuda a la conservación de la calidad del agua en los sistemas ecológicos, acentuándose en las partes altas de las cuencas de los ríos Kukra y Escondido para disminuir los aportes de los sedimentos a la Laguna.
- Revestir las vías de comunicación incorporando en el diseño del proyecto el uso de vegetación, y otros materiales permeables como grava, que ayuden

a drenar el agua de lluvia más efectivamente, reducir las escorrentías y disminuir así la contaminación y la sedimentación.

- Controlar la tala de árboles, quemas indiscriminadas y el mercado de madera de acuerdo a las leyes vigentes en el país.
- Capacitar a los dueños de las fincas y de los bosques sobre la importancia de la conservación de las cuencas y los daños que ocasionan las quemas “controladas”.
- Realización y supervisión por parte de la Alcaldía de los planes de urbanización en nuevos territorios y actualización y mejoramiento del plan de desarrollo urbano existente.
- Disminuir la tensión que existe en la Laguna de Bluefields como la única vía de acceso entre Bluefields y las ciudades del resto del país, a través de la **construcción de la carretera.**
- Diseñar y gestionar los proyectos alternativos de suministro de agua potable.
- Desarrollar e implementar el proyecto de saneamiento para la ciudad de Bluefields y El Bluff, contemplando un sistema separado para aguas negras y aguas pluviales.
- Delimitar y proteger la cuenca del Río Sconfra, que se considera de mayor importancia para convertirse en una fuente de agua potable para la ciudad de Bluefields y posiblemente para otras comunidades del Municipio.
- Realizar los trabajos de limpieza y rehabilitación de los 7 caños existentes en la ciudad, destinándolos para la recepción de las aguas pluviales y no de aguas negras.

- Desarrollar un programa de recolección y manejo de desechos sólidos en la ciudad de Bluefields y el puerto de El Bluff, de acuerdo a normas ambientales internacionales.
- Resolver el problema de los desechos sólidos en el puerto de El Bluff, a través del traslado y ubicación de éstos a un futuro relleno sanitario de la ciudad de Bluefields, ubicado en un sitio adecuado, lejos de las fuentes de agua potable para la ciudad.
- Promover un programa de protección de la Laguna a través de evacuación de algunas viviendas que están ubicadas en lugares no apropiados y en los barrios que se consideran están en zona de riesgo.
- Reconstrucción y modernización del muelle Municipal, u otros muelles, equipándolos con accesorios para el manejo correcto de los hidrocarburos, aceites usados y desechos sólidos.
- Trasladar los mercados y Rastro Municipal a los sitios de la ciudad más adecuados para estas actividades económicas.
- Construir las obras protectoras en las orillas de la Laguna, que prevendrán la entrada directa de los contaminantes a la Laguna.
- Promover las campañas de la rehabilitación de las orillas y del fondo de la Laguna de los desechos sólidos.
- Controlar el uso de agroquímicos en la zona; promover las campañas de educación de manejo de agroquímicos con los agricultores, vendedores de plaguicidas, instituciones gubernamentales y no gubernamentales y representantes de la sociedad civil.
- Normar y regular el uso de hidrocarburos, elaborar el plan de manejo y de mitigación de los daños ocasionados.

- Realizar un estudio del grado de afectación espacial de los sedimentos por los residuos de plaguicidas e hidrocarburos en la zona y determinar el tiempo de degradación natural de estas sustancias en los sedimentos en la Laguna.
- Involucrar el público en general, a través de las campañas de limpieza, programas educativos, propaganda sobre la importancia de la Laguna de Bluefields para el desarrollo de la zona.
- Reglamentar las normas que deben cumplir los trabajadores del transporte acuático para reducir los efectos negativos del oleaje en las riberas del río, provocados por las pangas, así como la contaminación por los desechos sólidos e hidrocarburos.
- Incorporar alrededor de las obras de desarrollo en la laguna una zona de amortiguamiento de vegetación natural en forma de una banda de 10 metros de vegetación entre la obra de desarrollo y la línea de costa, que sirva para reducir la velocidad del flujo de las escorrentías y evitar la entrada en gran escala de sedimentos a la laguna, para filtrar algunos contaminantes y es la medida de protección contra la erosión.
- Conectar la zona de amortiguamientos entre sí o con otras obras de desarrollo con lo cual se promueve un corredor para la fauna y flora silvestre. Estas áreas podrían ser usadas como atracciones eco turísticas de bajo impacto como la observación de la fauna (aves).
- Determinar las causas y las tendencias del proceso de la erosión de las playas en la parte costera de El Bluff, elaborar los proyectos de manejo de extracción de arenas, conservación y mitigación de los daños en las playas y en la Laguna por causas antropogénicas.

- Realizar los estudios del impacto de los dragados en las zonas relacionadas con la liberación de contaminantes en la interfase agua-sedimentos y su influencia en la productividad del sistema estuarino.
- Fomentar la gestión ambiental y la participación ciudadana en la protección del Medio Ambiente, a través de campañas de sensibilización y educación ambiental a diferentes niveles: comunal, del barrio, en las escuelas.
- Orientar a la población en general sobre las ventajas de un correcto aprovechamiento de la Laguna de Bluefields, con fines de pesca, ecoturismo y recreación.
- Elaborar un plan de acción dirigido para mitigar los problemas ambientales existentes, basándose en los datos generados por la presente evaluación ambiental u otros estudios similares en conjunto con las instituciones gubernamentales y no gubernamentales de los municipios involucrados y la BICU.

CAPÍTULO 13. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA:

Alcaldía de Bluefields. 1999. *Diagnóstico Ambiental del Municipio de Bluefields.* RAAN-ASDI-RAAS, MARENA. Bluefields.

Alcaldía de Bluefields. 1999. *Diagnóstico Socioeconómico del Municipio de Bluefields.* RAAN-ASDI-RAAS, MARENA. Bluefields.

Alcaldía Municipal de Bluefields. MARENA, RAAN-ASDI-RAAS, 2001. *Plan de acción para el manejo integrado de la zona costera del Municipio de Bluefields 2002-2006.* Bluefields, Nicaragua.

American Public Health Association. 1992. *Standard Methods for the examination of water and wastewater.* 18th Edition. Wasngton: APHA.

American Public Health Association. 1999. *Standard Methods for the examination of water and wastewater.* 20th Edition. Washington: APHA.

Anisfeld, S., Tobin, M. y Benoit, G. 1999. "Sedimentation Rates in Flow-Restricted and Restored Salt Marshes in Long Island Sound". *Estuaries*, 22(2A): 231-244.

Appleby, P., 1994. *The ²¹⁰Pb dating methodology, with emphasis on problems and solutions.* Edition: Washington.

Arche, A et al., 1992. *Sedimentología.* CSIC. Vol 2.

Barri, P., 1995. *Introducció a la datació de sediments marins mitjançant la técnica del ²¹⁰Pb.* Ed: Treball de Recerca.

Bonazountas, M. and Kallidromitou, D., 1993. *Mathematical Hydrocarbon Fate Modelling in Soil Systems.* Principles and Practices for Petroleum Contaminated Soils. Lewis Publishers. USA.

Bouwsma, H., Sánchez, R., Van der Hoeven, J. y Rosales, D. 1997. Plan de manejo integral para los recursos hidrobiológicos de la cuenca de laguna de Perlas y la desembocadura del río Grande. DIPAL Convenio Holanda/Nicaragua MEDEPESCA, RAAS, CIRH Centro de Investigación de Recursos Hidrobiológicos. Laguna de Perlas, Nicaragua, documento interno.

Brenes, C. and Hernández, A., 2001. *Tiempo de lavado de la Laguna de perlas y la Bahía de Bluefields.* Proyecto para el desarrollo integral de la pesca artesanal en la Región Autónoma Atlántico Sur, Nicaragua. Pp. 27-35.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

- Brindley, G., 1961.** *The X ray identification and cristal structures of clay minerals.* Experimental methods. Ed. G. Brown.
- Brock, T., Smith, D. y Madigan, M., 1987.** *Microbiología.* S.A. 4^{ta} Edición. Prentice-Hall. Hispanoamericana.
- CAPRE. 1994.** *Normas de la calidad del agua para consumo humano.* Comité coordinador regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica. Panamá y República Dominicana.
- Castillo, E., 1996.** Informe preliminar sobre los resultados de las investigaciones hidrológicas realizadas en la Cuenca de Laguna de Perlas. DIPAL: Unidad de Investigación. Laguna de Perlas, documento interno.
- Chang, R. and Tynismaa, J., 1997.** Diagnóstico de generación, tratamiento y servicios de recolección de desechos sólidos en la ciudad de Bluefields. Alcaldía Municipal de Bluefields. O.M.A. RAAS, documento interno.
- Chappin, R. & Summerlin L., 1988.** *Química.* Publicaciones Cultural. México.
- Charles, E., 1968.** *A study of water quality.* La Motte Chemical Products Company, Chestertown, Maryland, 21620, U.S.A.
- CIDCA. 1995.** *Diagnostico de las comunidades del Municipio de Bluefields y el sub-Municipio de Kukra Hill.* Volumen X.
- CIMAB. 1996.** Estudio de caso: Laguna de Bluefields, Nicaragua. Bases para la formulación de un plan de manejo Ambiental. Cuba: La Habana. (Centro de Ingenierías y Manejo Ambiental de Bahías y Costas), datos no publicados.
- CIMAB. 1996.** Proyecto “Rehabilitación ambiental parcial de la orilla de la Bahía de Bluefields”, actividad #1. Diagnóstico de la carga contaminante de las aguas residuales domiciliarias a la Bahía de Bluefields. Cuba: La Habana, datos no publicados.
- CIMAB. 1997.** Bases para el estudio de prefactibilidad de la Gestión de los residuos sólidos y industriales y de la actividad marítimo -portuaria de Bluefields - Nicaragua. Cuba: La Habana, datos no publicados.
- Contreras, E., Castañeda, L., García-Nagaya y Gutiérrez M., 1995.** Nutrientes en 39 lagunas costeras mexicanas. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Depto. de Hidrobiología. Apdo. Postal 55-532. C.P. 09340, datos no publicados.
- Cornwell, J., et al., 1996.** “A Sediment Chronology of the Eutrophication of Chesapeake Bay”. *Estuaries* 19(28): 488-499.

- DANIDA, 1996.** Informe Área focal cuenca del río Escondido RAAS-Chontales. Comisión Nacional de los Recursos Hídricos, DANIDA. Bluefields. Nicaragua, pp.1-91, datos no publicados.
- DANIDA, 1999.** Estudio Socio-Económico Ampliación Muelle de Bluefields. Programa de transporte DANIDA. Bluefields. Nicaragua, datos no publicados.
- Devercelli, M. and Emiliani, M., 2002.** Fitoplancton y floración de cianobacterias en el lago del parque general Belgrano. Datos no publicados. INTEC (CONICET – UNL)-Facultad de Ingeniería de Ciencias Hídricas (UNL), Santa Fe, Republica Argentina.
- Downie, N. y Heath, R., 1979.** *Métodos estadísticos aplicados*. Edición. Madrid: El Castillo, cap. 1 – 4.
- Espinosa, G., 1999.** Agua Y Saneamiento En Bluefields: Un Enfoque En Promoción De La Salud Acción médica cristiana. Bluefields. Nicaragua. pp 1-65, datos no publicados.
- FAO. 1997.** State of the world's Forests, United Nations Food and Agriculture Organization. Ed. Rome.
- Falconer, I., 1994.** "Health problems from exposure to cyanobacteria and proposed safety guidelines for drinking and recreational water". En: Cod, G.A., T.M. Jefferies, C.W. Keevil & E. Potter (eds). Detection methods for cyanobacterial toxins. Cambridge Royal Society of Chemistry, Cambridge: 3-10.
- Glöckner, F., Amann, R., Alfreider, A., Pernthaler, J., Psenner, R., Trebesius, K. and Schleifer K., 1996.** "An In Situ Hybridization Protocol For Detection And Identification Of Planktonic Bacteria". Lehrstuhl Für Mikrobiologie, Technische Universität München, *Systematic and Applied Microbiology* 19: 403-406.
- Glöckner, F., Fuchs, B., and Amann, R., 1999.** "Bacterioplankton Compositions of Lakes and Oceans: a First Comparison Based on Fluorescence in Situ Hybridization". *Applied and Environmental Microbiology*, 65(8): 3721–3726.
- Gorga, J. et al., 2001.** Problemática de la calidad de agua en el sistema de grandes embalses del Río Negro (Uruguay). Sección Limnología-Facultad de Ciencias (UdelaR) - Iguá 4225 Montevideo, Uruguay, datos no publicados.
- Grant, A., and Middleton, R., 1998.** "Contaminants in Sediments: Using Robust Regression for Grain-Size Normalization". *Estuaries*, 21(2): 197-203.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Griffin, 1971. *Interpretation of X-ray Diffraction data, in Procedures in sedimentary petrology - Wiley Intern. Sc., New York, 541-570.*

Harvey, R., Smith, R., and George, L., 1984. "Effect of Organic Contamination upon Microbial Distributions and Heterotrophic Uptake in a Cape Cod, Mass. Aquifer". American Society For Microbiology, *Applied And Environmental Microbiology*, 48(6): 1197-1202.

Herrera – Silveira, J. 1998. "Limnological characterization of aquatic ecosystems in Yucatan Peninsula (SE Mexico)". *Verh. Internat. Verein. Limnol.* (26): 1348-1351.

Herrera – Silveira, J. 1995. "Lagunas costeras de Yucatán". *Avance y Perspectiva*, (14).

Hodgson, G., 1993. *Diagnóstico de las comunidades del municipio de Bluefields.* Vol. X.INDERA.

Hopkinson, Ch., Vallino, J., 1995. "The Relationships Among Man's Activities in Watersheds and Estuaries: A Model of Runoff Effects on Patterns of Estuarine Community Metabolism". *Estuaries*, 18(4): 598-621.

Höfle M., Krambec Ch., Overbeck J., Witzel K., 1984. "Research strategies in aquatic microbial ecology". *Arch. Hydrobiol. Beih. Erdebn. Limnol.* (19): VII – XII.

INEC. 1996. *Censos Nacionales 1995.* Cifras Oficiales Finales. Managua, Nicaragua.

Incer, J., 1995. *Geografía de Nicaragua.* Managua. Nicaragua.

INDERA. 1993. *Diagnóstico de las comunidades pesqueras del sub municipio de Laguna de Perlas.* Vol.IX RAAS. Diciembre 1993. Bluefields.

INDERA. 1991. *Diagnóstico del Medio Ambiente.* Managua, Nicaragua (6): 33 - 58.

INDERA-RAAS. 1994. Diagnóstico del Municipio de Bluefields, Dirección de Desarrollo Comunitario. Managua. Nicaragua.

INETER. 1993. Metodología para evaluación de impacto territorial de proyectos. Dirección de planificación Física y Geografía. Managua. Nicaragua.

INETER. 1995. Mapa geológico de Nicaragua.

INETER. 1998. *Las lluvias del siglo en Nicaragua.* Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Managua. P.159.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

- INETER. 2001.** *Amenazas Naturales de Nicaragua.* Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 1ra edición. Managua. P.310.
- INETER, 2002.** Datos de precipitación, documento interno.
- Instituto de Planificación Física de Cuba, 1989.** Plan Director de Bluefields. Cuba. La Habana, datos no publicados.
- Jury, W., 1989.** *Chemical Movement through Soil. Vadose Zone Modeling of Organic Pollutants.* Stephen C. Hern, Susan M. Melancon. Lewis Publishers Inc. USA.
- Krishnaswani, S., Lal, D. 1978.** *Radionuclide limnochronology. A: Lakes, Chemistry, Geology and Physics.* Ed: Lerman. Springer-Verlag, New York, 153–177.
- Krstulovic, N., Marasovic, I. and Solic, M., 2000.** “Bacterioplankton and its relation to Phytoplankton in the Adriatic Coastal Area”. *Appl. Environ. Microbiol*, 4306 Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Croatia
- Leduc, C., 1996.** Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto de Agua y Saneamiento de la Ciudad de Bluefields RAAS. Bluefields. Nicaragua, datos no publicados.
- León, S., 2002.** “Basura ahoga a Bluefields”. *La Prensa, El Diario de los Nicaragüenses*, miércoles 17 de julio. Edición No. 22792.
- Lesser, I., 1995.** “Prospección de Contaminación de Acuíferos por Hidrocarburos”. *Geólogos*. 1(6):5-8.
- Lewis, W., Frost T., Morris D., 1986.** “Studies of planctonic bacteria in Lake Valencia, Venezuela”. *Arch. Hydrobiol.*, 106 (3): 289 – 310.
- López, R. 1990.** *El diagnóstico de suelos y plantas, método de campo y de laboratorio.* 4^{ta} edición, Madrid: España.
- Luckenbach, M., Huccett D., Zobrist E., 1988.** “Sediment Transport, Biotic Modifications and Selection of Grain Size in a Surface Deposit-Feeder”. *Estuaries*, 11(2): 134-139.
- Lynch, J., et al, 1989.** “Recent Accretion in Mangrove Based on ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb”. *Estuaries*, 12(4): 284-299.
- Mackay, M. D.; P. V. Roberts & J. A. Cherry. 1985.** “Transport of Organic Contaminants in Groundwater”. *Environmental Science & Technology*, 19(5): 384-392.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Mairena, I., 2002. Composición y abundancia de plancton y macrozoobentos en la Laguna de Perla y su relación con algunos parámetros físico-químicos, año 1999 – 2000. Datos no publicados.

MARENA. 1995. “Darwin Juárez”. Managua: Nicaragua. *Naturaleza*, 1 (1): 7-9.

McGraw – HILL, 1975. *General Zoology*. 4th Edition.

MEDE - IRENA – ECOT - PAC. 1994. *Plan de Acción Ambiental*. Managua, Nicaragua. El Amanecer (eds): 48-57.

Menzie, C., Potocki, B., & Santodonato, J., 1992. “Exposure to Carcinogenic Polycyclic Hydrocarbons in the Environment”. *Environmental Science & Technology*, 26: 1278-1284.

Metcalf, et al., 1966. *Modern Chemistry*. The Holt Chemistry Program. New York (N.Y). 1st Edition. New York, (N.Y). Holt, Rinehart And Winston: 428-430.

Millipore corporation, 1992. *Water microbiology*. Laboratory and Field Procedures. Millipore corporation: 56.

Ministerio de Transporte e Infraestructura, 1999. Normas Mínimas de Dimensionamiento de Desarrollos Habitacionales. Edición Preliminar. Datos no publicados.

Molina, J., 2001. Características físicas, químicas y del fitoplancton en la Laguna costera “Laguna de Perlas” (RAAS), con énfasis en la Calidad de Agua. CIRA-UNAN. Datos no publicados.

Montagna, P., Kalke R., 1992. Effect of Freshwater Inflow on Meiofaunal Macrofaunal Populations in the Guadalupe Nueces Estuaries, Texas. *Estuaries* Vol. 15, No. 3, p. 307-326.

Montalvan, V., 1991. Diagnóstico Preliminar de los Recursos Agropecuarios de la Región Autónoma Atlántico Sur (R.A.A.S). Managua, Nicaragua. INDERA. 35, datos no publicados.

Niedoroda, A., Swift, D., and Reed, C., 1992. “DDT dispersal on the Pales Verdes shelf, California: Numerical simulation of resuspension and contaminant loss”. *EOS* 73: 162.

OMS. 1985. *Guías para la calidad del agua potable*. Oficina sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud, (OMS). Recomendaciones, Volumen 1: 132.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

- Padilla, R., 1989.** Determinación de los Niveles de Hidrocarburos en Sedimentos Recientes del Río Calzadas en la Región del Bajo Río Coatzacoalcos, Veracruz. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.
- Painchaud, J., et al., 1995.** "Physical Processes Controlling Bacterial Distribution and Variability in the Upper St. Lawrence Estuary". *Estuaries*, 18(3): 433-444.
- Palmer, M., 2000.** Bluefields Bay Water & sediment quality and water transport studies. ACIDI. Managua, datos no publicados.
- Pedrós-Alió, C., Brock, T., 1983.** "The importance of attachment to particles for planktonic bacteria". *Hydrobiol*, 98(3): 354-379.
- PEMEX. 1988.** El Petróleo. Gerencia de Información y Relaciones Públicas. México, datos no publicados.
- Pérez, G., 1992.** *Fundamentos de limnología neotropical*. 1^{ra} Edición. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia: 509.
- Pitois, S., Jackson, M., y Wood, B., 2000.** "Problems associated with the presence of cyanobacteria in recreational and drinking waters". *Int. J. Environ. Health Res.* 10: 203-218.
- PROCDEFOR. 2000.** "Introducción ecológica e hidrográfica al sistema de humedales de la Bahía de Bluefields". *Humedales de la RAAS*. 2 (4).
- Proctor & Redfern Int. Lim. 2000.** Criterios de Diseño Sistema de Agua Potable. Proyecto de Agua y Saneamiento de la Ciudad de Bluefields. Managua. Nicaragua, documento interno.
- PROISA. 1999.** Manejo Integral de los Desechos Sólidos de la Ciudad de Bluefields. Nicaragua, datos no publicados.
- Reed, D., 1989.** "Patterns of Sediment Deposition in Subsiding Coastal Salt Marshes, Terrebonne Bay, Louisiana: The Role of Winter Storms". *Estuaries* 12(4): 222-227.
- Reynolds, C., 1997.** *Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory*. Ecology Institute, Oldendorf, 371 p.
- Richards, J., 2000.** Mapa de Uso de Suelo. Escala 1:4,000, datos no publicados.
- Romero, R., 2000.** Propuesta de expansión y guía de uso del suelo urbano en la ciudad de Bluefields. Proctor & Redfern International Limited, para ACIDI, Managua, Nicaragua, datos no publicados.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

- Romero, R., 2002.** Plan de ordenamiento Ambiental Zona crítica Barrio Fátima. Alcaldía de Bluefields / CHF. Bluefields, Nicaragua, datos no publicados.
- Salas, H., Martino, P., 2001.** *Metodologías Simplificadas Para La Evaluación De Eutrofización En Lagos Cálidos Tropicales.* OMS., Programa Regional CEPIS/HPE/OPS 1981-1990: 18.
- Sánchez, A., 1984.** *Suelos del Trópico.* Características y Manejo. 1^{ra} Edición. IICA. San José, Costa Rica.
- Sommer, U., 1988.** "Growth and survival strategies of planktonic diatoms". En: C. Sandgren (Eds). *Ecology and reproductive strategies of freshwater phytoplankton.* Cambridge Univ. Press. P.38-56.
- Stanley, R. et al., 1996.** "Sediment Evolution and Habitat Function of Organic-Rich Muds Within the Albemarle Estuarine System, North Carolina". *Estuaries*, 19(2A): 169-165.
- TECNOPLAN SA. 1978.** Potencial de Desarrollo Agropecuario y Rehabilitación de Tierras en la Costa Atlántica. Estudio General, datos no publicados.
- UCA, ENAP, 1995.** Evaluación de impacto ambiental del proyecto de dragado de la Bahía de Bluefields. Programa de manejo de ecosistemas costeros. Managua. Nicaragua, datos no publicados.
- Uthermoel, H., 1958.** "Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplanktonmethodil". *Mitt. Internat. Verein. Limnol.*, 1-38.
- Valette-Silver, N., Bricker, S., 1993.** "Historical Trends in Contamination of Estuarine and Coastal Sediments". *Estuaries*, 16(38): 575-676
- Valette-Silver, N., 1993.** "The Use Of Sediment Cores To Reconstruct Historical Trends in Contamination of Estuarine and Coastal Sediments". *Estuaries*, 16(38): 577-566.
- Vollenweider, R. A., Marchetti, R., & Viviani, R., (eds.). 1992.** *Marine coastal eutrophication.* Elsevier Sci. Pub. 1310 p.
- Wetzel, R., 1991.** *Limnología.* Edición.
- Wright, L., Nittrouer, C., 1995.** "Dispersal of River Sediments in Coastal Seas: Six Contrasting Cases". *Estuaries*, 18(3): 494-508.
- Wulff, A. et al., 1997.** "Effect of Sediment Load on the Shallow-Water Sandy". *Estuaries*, 20(3): 547-558.

Zamora, J., 2000. La Ciudad de Bluefields: Sus Características Demográficas, sus Condiciones Sociales y los Aspectos Económicos Relevantes. La Organización Social en la Ciudad de Bluefields y sus Principales Expresiones. Bluefields. Nicaragua, datos no publicados.

Albert, L., 2000. Los plaguicidas. Consultado en Internet.

Anonymous, 2000. Soil erosion. In The Hutchinson Family Encyclopedia
Consultado en:
<http://ebooks.whsmithonline.co.uk/ENCYCLOPEDIA/81/M0024281.HTM>.
Fecha de la consulta: 10-07-2002.

Benitez-Nelson, C., 2000. El Fósforo En Las Capas Superficiales Del Océano. Ciencia al Día internacional Vol. 3, No. 1 [Http://www.Ciencia.Cl/Cienciaal dia/Volumen3/Numero1/Articulos/Articulo5.Html](http://www.Ciencia.Cl/CienciaalDia/Volumen3/Numero1/Articulos/Articulo5.Html). Fecha de la consulta: 11-07-2002.

Biología Marina, 2002. Internacional Journal on life in oceans and coastal waters. Consultado en: Pagina Web: www.biologiamarina.cl/bentos.htm. Fecha de la consulta: 24-06-2002.

Botello, A., y Ponce, G., 2000. El petróleo. Consultado en: Internet.

Echarri L., 1998. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Libro electrónico. Datos de Internet. Consultado en:
<http://www1.ceit.es/assignaturas/ecologia/Hipertexto>. Fecha de la consulta: 2-07-2002.

Edgington, D., and Robbins, J., 1975. *Determination of the Activity of Lead-210 in Sediments and Soils*. Consultado en:
<http://www.epa.gov/glnpo/lmmb/methods/lead-210.pdf>. Fecha de la consulta: 15-09-2002.

Holmes, Ch., 1998. *Geochronology of Terrestrial Sediments in South Florida*, documento no publicado. Consultado en:
<http://sofia.usgs.gov/metadata/sflwww/metholms> . Fecha de la consulta: 2-10-2002

Operativo Ergos, 2001. Programa de lucha contra la contaminación marina por hidrocarburos. Datos no publicados. Consultado en:
<http://medioambientecanario.galeon.com/ergos.doc> . Fecha de la consulta: 3-07-2002.

PANIC. 1993. Diagnóstico de los Recursos Marinos. Consultado en:
http://www.cep.unep.org/nicaragua/CEPNET_BID/Website/pais/informe%20costas/humedales_de_importancia_y_estua.htm. Fecha de la consulta: 5-06-2002.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Ramos, J., 2002. *Erosión y Sedimentación en Puerto Rico.* Consultado en: www.ceducapr.com/erosionysedimentacion.htm. Fecha de la consulta: 30-09-2002.

Ramsar, Iran, 1971. *The Ramsar Convention on Wetland.* Consultado en: Official Web site. www.ramsar.org/key_ris_types_s.htm. Fecha de la consulta: 15-09-2002.

Salinas, R., 2001. *Hidrocarburos en el suelo.* Consultado en: www.ingenieroambiental.com/informes/contaminacionhidrocarburos2. Fecha de la consulta: 2-07-2002.

Santana, P., 2002. *Hidrocarburos aromáticos policíclicos.* Consultado en: www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/9714/hap4.html. Fecha de la consulta: 6-06-2002.

Tormo Molina, R., 2001. *Lecciones hipertextuales de botánica.* Universidad de Extremadura. Consultado en: <http://www.unex.es/botanica/presenta.htm>. Fecha de la consulta: 26-09-2002.

Toledo, A., 2000. *Un patrimonio natural irremplazable.* Consultado en: <http://www.arm.gov/docs/education/background/deforestation.html>. Fecha de la consulta: 3-10-2002.

Wong, I., Barrera, G., 2000. *La contaminación microbiológica.* Consultado en: Datos Internet.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

ANEXOS

ANEXO DE CUADROS

Cuadro # 4. Los métodos analíticos utilizados para los análisis de laboratorio.

| PARAMETRO | METODO | REFERENCIA |
|---|--|---|
| Temperatura | Método convencional (termómetro de mercurio) | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Transparencia de agua | Disco Secchi | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Oxígeno disuelto | Método de Winkler | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Materia orgánica en sedimentos | Método de materia orgánica oxidable, mediante el ácido crómico | Jackson M, 1983 |
| Fósforo total y ortofosfatos | Método de ácido ascórbico | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Nitrógeno total | Método de Micro Kjeldahl | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Sílice total | Método de molibdosilicato | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Plaguicidas (organoclorados) en sedimentos | Villeneuve (AIEA), 1995 | Villeneuve (AIEA), 1995 |
| Hidrocarburos (PAH) en sedimentos | Determinación de 12 HAP en sedimentos | AIEA, 1995 |
| Composición granulométrica | Norma austriaca L-106188 | López, 1990 |
| Bentos | Observación directa y conteo | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Bacterioplancton | Método de conteo directo con el microscopio epi fluorescente | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Fitoplancton Cualitativamente Cuantitativamente | Observación directa Espectrofotometría UV-VIS | APHA, 1999 Nush & Palme, 1975 |
| Análisis microbiológico (coliformes totales, fecales E. Coli) | NMP | Método estándar de estudio de aguas naturales y contaminadas, 1999. |
| Datación de sedimentos con la técnica de ²¹⁰ Pb | Modelo CRS | Krishnaswani, 1972 |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 5. Datos de muestreo de campo en la Laguna de Bluefields, febrero y mayo de 2002.

| Estaciones de muestreo | Temperatura (C) | | pH | Disco Secchi (m) | | Conductividad (mS.cm ⁻¹) | | OD (mg.l ⁻¹) |
|------------------------|-----------------|--------------|-------------|------------------|----------|--------------------------------------|--------------|--------------------------|
| | febrero | mayo | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero |
| Barra Hone Sound | 25.1 | 26.2 | 8.2 | 0.7 | 1.3 | 12.6 | 25 | 7.15 |
| Frente de Rama Cay | 25.1 | 26 | 8.2 | 0.6 | 0.7 | 1.8 | 20.9 | 7.75 |
| Entrada al Río Kukra | 24.9 | 28.3 | 8 | 0.5 | 1 | 1.1 | 17.3 | 7.8 |
| Por el Run Cay | 26.4 | ANR | ANR | 0.4 | ANR | 13.17 | ANR | 8.15 |
| Por Punta Masaya | 26.5 | 28.7 | 7.7 | 0.4 | 1 | 8.3 | 10.3 | 7.75 |
| Frente de Bluefields | 27.1 | 29.2 | 7.9 | 0.3 | 0.9 | 10.7 | 8.7 | 7.4 |
| Frente de El Bluff | 27 | ANR | ANR | 0.45 | ANR | 33.4 | ANR | 6.75 |
| Canal de Dragado | 29.2 | 29 | 7.7 | 0.8 | 1.1 | 30.8 | 14.3 | 6.45 |
| Río Escondido | 28 | 28.3 | 8 | 0.3 | 1 | 12.12 | 6.1 | 8.65 |
| Entrada Cuatro Bocas | 28.2 | ANR | ANR | 0.5 | ANR | 8.43 | ANR | 7.8 |
| promedio | 26.75 | 27.96 | 7.96 | 0.495 | 1 | 13.24 | 14.66 | 7.57 |
| max | 29.2 | 29.2 | 8.2 | 0.8 | 1.3 | 33.4 | 25 | 8.65 |
| min | 24.9 | 26 | 7.7 | 0.3 | 0.7 | 1.1 | 6.1 | 6.45 |
| desviación estándar | 1.45 | 1.31 | 0.2 | 0.16 | 0.18 | 10.79 | 6.84 | 0.65 |

ANR: análisis no realizado.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 6. Fluctuación de pH en la zona de estudio, años 2000 - 2001.

| Año | 2000 | | | | | 2001 | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | mayo | Enero | Febrero | Marzo | Abril | mayo | junio | julio | Agosto | septiembre | octubre | noviembre | diciembre |
| Frente a Rama Cay | 7.9 | 7.5 | 7.5 | 7.8 | 7.3 | 7 | 7.7 | 8.3 | 7.6 | 8.5 | 7.3 | 7 | 7 | 7.5 | 7.8 | 7.6 | 7.2 |
| Barra de El Bluff | 8.2 | 8.3 | 8.3 | 7.8 | 8.5 | 7.8 | 7.7 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.2 | 7.2 | 7.3 | 8.5 | 8.5 | 8 | 8.5 |
| Frente de El Bluff | 8.3 | 8.7 | 8.7 | 7.7 | 7.3 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 7.6 | 7.9 | 7.3 | 7.8 | 8.5 | 8 | 8.4 |
| Frente de Bluefields | 8.1 | 8.1 | 8.1 | 7.7 | 7.7 | 8 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 7.3 | 7.4 | 7.2 | 7.3 | 7.6 | 7.6 | 7.6 |
| Entrada a Cuatro Bocas | 7.7 | 7.6 | 7.6 | 7.6 | 7.1 | 7.4 | 8.5 | 8.1 | 8.2 | 8 | 7.1 | 8.5 | 7.1 | 7.4 | 7.3 | 7 | 7.6 |
| Entada al Río Escondido | | | | | | 7.4 | 8.3 | 8.1 | 8.3 | 8.5 | 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.3 | 7.7 | 7.7 | 7.8 |
| Punta Masaya | | | | | | 7.2 | 8.3 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 7.6 | 8.1 | 7.3 | 7.7 | 7.6 | 8 | 7.2 |
| Barra Hone Sound | | | | | | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 8.5 | 7.7 | 8.5 | 7.4 | 8.5 | 8.5 | 8 | 8.4 |

Fuente: CIAB - BICU.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 7. Fluctuaciones de oxígeno disuelto mg.l⁻¹ en los sitios de muestreo, año 2000.

| Año | 2000 | | | | | | | |
|------------------------|-------|---------|-------|------|-------|-------|------------|---------|
| Número | Enero | Febrero | Marzo | mayo | junio | julio | septiembre | octubre |
| Frente a Rama Cay | 5.18 | 7 | 6.3 | 6.62 | 6.44 | 7.06 | 73 | 87 |
| Barra de El Bluff | 4.9 | 4 | 6.24 | 5.88 | 6.84 | 6.61 | 91 | 113.7 |
| Frente de El Bluff | 4.78 | 5 | 5.97 | 5.7 | 5.8 | 6.61 | 98 | 123.2 |
| Frente de Bluefields | 5.11 | 6 | 5.53 | 4.42 | 5.38 | 5.55 | 88 | 113.7 |
| Entrada a Cuatro Bocas | 5.5 | 5 | 6.07 | 3.32 | 4.58 | 5.72 | 79 | 88 |

Fuente: CIAB - BICU.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 8. Fluctuaciones de fosfatos en la zona de estudio, año 2001.

| estación | enero | febre ro | marzo | abril | mayo | junio |
|--------------------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Entrada al Río Escondido | 2.5 | 0.17 | 0.09 | 0.07 | 0.17 | 0.1 |
| Barra de El Bluff | 2.5 | 0.06 | 0.19 | 0.11 | 0.7 | 0.07 |
| Fte a El Bluff | 2.5 | 0.09 | 0.17 | 0.19 | 0.4 | 0.07 |
| Fte de Bluefields | 0.16 | 0.14 | 0.18 | 0.28 | 0.08 | 0.07 |
| Entrada a Cuatro Bocas | 0.19 | 0.17 | 0.17 | 0.06 | 0.02 | 0.07 |
| Punta Masaya | 0.42 | 0.15 | 0.31 | 0.12 | 0.1 | 0.06 |
| Frente a Rama Cay | 0.67 | 0.09 | 1.42 | 0.08 | 0.03 | 0.08 |
| Barra Hone Sound | 0.08 | 0.19 | 0.94 | 0.06 | 0.2 | 0.05 |

Fuente: CIAB - BICU.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 9. Fluctuaciones de nitratos (mg.Γ¹), año 2001.

| estación | enero | febrero | marzo | abril | mayo | junio |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| Entrada al Río Escondido | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| Barra de El Bluff | 0.4 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0 |
| Fte a El Bluff | 0 | 0 | 0.0 | 0.8 | 0 | 0 |
| Fte de Bluefields | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0 |
| Entrada a Cuatro Bocas | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |
| Punta Masaya | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0 |
| Frente a Rama Cay | 0 | 0 | 0.0 | 2.2 | 0 | 0 |
| Barra Hone Sound | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0 | 0 |

Fuente: CIAB - BICU.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 10. Fluctuaciones de nitritos (mg.l^{-1}), enero – abril, año 2001.

| estación | enero | febrero | marzo | abril |
|--------------------------|--------------|----------------|--------------|--------------|
| Entrada al Río Escondido | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Barra de El Bluff | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Fte a El Bluff | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Fte de Bluefields | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |
| Entrada a Cuatro Bocas | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.0 |
| Punta Masaya | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.02 |
| Frente a Rama Cay | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 |
| Barra Hone Sound | 0.01 | 0 | 0.02 | 0.03 |

Fuente: CIAB - BICU.

Cuadro # 11. Estudio cualitativo de fitoplancton Laguna de Bluefields, febrero 2002.

| # | Cyanophyta | <i>Anabaena</i> sp. | <i>Aphanocapsa</i> sp. | <i>Aphanothece</i> sp. | <i>Chroococcus</i> sp. | <i>Chroococcus limneticus</i> | <i>Eucapsis alpina</i> | <i>Lyngbia</i> sp. | <i>Merismopedia minima</i> | <i>Microcystis</i> sp. | <i>Oscillatoria</i> sp. | Chlorophyta | <i>Lobocystis planctonica</i> | <i>Chlamidomonas</i> sp | <i>Chlorobium</i> sp. | <i>Closterium</i> sp. | <i>Coelastrum astroideum</i> | <i>Dictyosphaerium</i> sp. | <i>Gonium</i> sp. | <i>Scenedesmus</i> sp. | <i>Oocystis</i> sp. | <i>Monoraphidium</i> sp. | Dinophyta | <i>Ceratium</i> sp. | <i>Gymnodinium</i> sp. |
|----|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------|------------------------|---------------------|--------------------------|------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | | ● | | | ● | | ● | ● | ● | ● | | | ● | ● | | | | | | | ● | ● | | | ● |
| 2 | | ● | | ● | ● | | | ● | | ● | | | | ● | | | | | | | | | | ● | |
| 3 | | ● | | ● | ● | | | ● | ● | ● | | | | ● | | ● | | | | ● | ● | | | ● | |
| 4 | | | | | | | | ● | | ● | | | | ● | | | | | | | | ● | | | |
| 5 | | | | | ● | ● | | | ● | | | | | ● | | ● | | | | | | | ● | | ● |
| 6 | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | ● | | | ● |
| 7 | | | | | | | | ● | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | ● | | | | ● | | | | | ● | ● | ● | | | | | | | ● | | |
| 9 | | | ● | | ● | | | | | | ● | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● | | ● | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | ● | | | | |

- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de febrero.
- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de mayo.
- Las especies encontradas en ambos muestreos.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

| Estación | Bacillariophyta | <i>Amphora ovalis</i> | <i>Amphora</i> sp. | <i>Amphiprora alata</i> | <i>Amphiprora angustata</i> | <i>Amphiprora</i> sp. | <i>Aulacoseira</i> sp. | <i>Asterionella formosa</i> | <i>Asterionella japonica</i> | <i>Bacteriastrium hyalinum</i> | <i>Cerataulus</i> sp. | <i>Chaetoceros affinis</i> | <i>Chaetoceros compressus</i> | <i>Chaetoceros</i> sp. | <i>Cocconeis</i> sp. | <i>Coscinodiscus</i> sp. | <i>Coscinodiscus granii</i> | <i>Coscinodiscus centralis</i> | <i>Cyclotella meneghiniana</i> | <i>Cyclotella pseudostelligera</i> | <i>Cyclotella</i> sp. | <i>Cymbella</i> sp. | <i>Diploneis oblongella</i> | <i>Ditylum brightwelli</i> | <i>Entomoneis</i> sp. | <i>Frustulia</i> sp. | <i>Fragilaria ulna</i> | <i>Fragilaria</i> sp. | <i>Gyrosigma hippocampus</i> | <i>Gyrosigma</i> sp. | <i>Hemiaulus sinensis</i> | |
|----------|-----------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------|---|
| 1 | | | | | | | | | ● | | | | ● | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | ● | |
| 2 | | | ● | | | | ● | | | | | | ● | | | ● | | | | ● | ● | | ● | | | | | | | | ● | |
| 3 | | | | | | | | | ● | ● | | | ● | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | ● | | | ● |
| 4 | | | ● | | | ● | | | | | | | | | ● | | | | | ● | ● | ● | | | | | | | | | | |
| 5 | | ● | | | | | | ● | | | | | ● | ● | | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | | | | | | ● | | |
| 6 | | | ● | | ● | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | | ● | | | ● | | | | ● | | |
| 7 | | | | | | | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | ● | ● | | | | | | ● | | | | ● | |
| 8 | | | | | | | ● | | | | | ● | ● | ● | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | ● | | | ● | |
| 9 | | | ● | ● | | | | | | | ● | | | ● | | ● | | | ● | ● | ● | | ● | ● | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | ● | ● | | ● | | | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | | ● | | | | |

- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de febrero.
- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de mayo.
- Las especies encontradas en ambos muestreos.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

| Estación | <i>Melosira moniliformes</i> | <i>Melosira</i> sp. | <i>Leptocylindrus minima</i> | <i>Lithodesmium</i> sp. | <i>Navicula cryptocephala</i> | <i>Navicula ovalis</i> | <i>Navicula pigmea</i> | <i>Navicula</i> sp. | <i>Nitzschia acicularis</i> | <i>Nitzschia amphibia</i> | <i>Nitzschia delicatissima</i> | <i>Nitzschia dissipata</i> | <i>Nitzschia granulata</i> | <i>Nitzschia flexiodes</i> | <i>Nitzschia longissima</i> | <i>Nitzschia pacifica</i> | <i>Nitzschia sigma</i> | <i>Nitzschia sigmaide</i> | <i>Nitzschia triblionella</i> | <i>Nitzschia</i> sp. 1 | <i>Nitzschia</i> sp. 2 | <i>Pleurosigma</i> sp. | <i>Rhizosolenia calcar</i> | <i>Rhizosolenia delicatula</i> | <i>Rhizosolenia japonica</i> | <i>Rhopalodia gibba</i> | <i>Rhopalodia</i> sp. | <i>Skeletonema costatum</i> | <i>Surirella</i> sp. | <i>Synedra ulna</i> | <i>Terpsinoe musica</i> | <i>Thalassionema nitzschioides</i> | <i>Thalassiosira nordenskioldii</i> | <i>Thalassiotrix frauenfeldii</i> | <i>Thalassiotrix</i> sp. | <i>Tropidoneis</i> sp. | | | |
|----------|------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------|--|--|--|
| 1 | | | | | | | | | ● | ● | | | | | ● | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | ● | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | ● | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | ● | | ● | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | ● | | | ● | | | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ● | | | ● | ● | | | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | ● | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | ● | ● | | ● | ● | ● | ● | | ● | ● | | ● | ● | ● | | | ● | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | ● | | | | | | | | ● | ● | | | | | ● | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | ● | ● | | | ● | | | | | ● | | | | ● | | | | | | ● | | | ● | ● | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | ● | | | | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | |

- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de febrero.
- Las especies encontradas durante el muestreo del mes de mayo.
- Las especies encontradas en ambos muestreos.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 12. Estudio granulométrico de sedimentos de la Laguna de Bluefields, febrero 2002.

| PUNTOS DE MUESTREO | Arena gruesa | Arena media | Arena fina | % arena | Limo grueso | Limo medio | Limo fino | % limo | Arcillas | % arcilla | clasificación |
|-------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|--------------------|-------------------|------------------|---------------|-----------------|------------------|------------------------------------|
| Pto. 1. Barra Hone Sound | 0 | 14 | 54 | 68 | 13 | 6 | 1 | 20 | 12 | 12 | Franco - arenoso |
| Pto. 2. Fte Rama Cay | 0 | 0 | 14 | 14 | 50 | 13 | 5 | 68 | 18 | 18 | Franco - limoso |
| Pto. 3. Fte Río Kubra | 1 | 1 | 39 | 41 | 31 | 10 | 6 | 47 | 12 | 12 | Limo, Fango/barro/arcilla plástica |
| Pto. 4. Punta Lora | 0 | 2 | 29 | 31 | 37 | 10 | 5 | 52 | 17 | 17 | Franco - limoso |
| Pto. 5. Punta Masaya | 0 | 2 | 44 | 46 | 31 | 7 | 4 | 42 | 12 | 12 | Limo, Fango/barro/arcilla plástica |
| Pto. 6. Fte Bluefields | 0 | 1 | 33 | 34 | 28 | 8 | 10 | 46 | 20 | 20 | Franco - arcilloso |
| Pto. 7. Fte Half Way Cay | 0 | 10 | 53 | 63 | 13 | 4 | 5 | 22 | 15 | 15 | Franco - arenoso |
| Pto. 8. Fte El Bluff | 1 | 4 | 55 | 60 | 12 | 7 | 2 | 21 | 19 | 19 | Franco - arenoso |
| Pto. 9. Entrada Río Escondido | 1 | 7 | 65 | 73 | 14 | 2 | 4 | 20 | 7 | 7 | Franco - arenoso |
| Pto. 10. Entrada Cuatro Bocas | 0 | 1 | 29 | 30 | 22 | 15 | 8 | 45 | 25 | 25 | Franco - arcilloso |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 13. Estudio de nutrientes en la columna de agua de la Laguna de Bluefields, año 2002.

| PUNTOS DE MUESTREO | SÍLICE (mg.l ⁻¹) | | NITRITOS (mg.l ⁻¹) | | AMONIO (mg.l ⁻¹) | | FÓSFORO total (mg.l ⁻¹) | | FÓSFORO total disuelto (mg.l ⁻¹) | | ORTO FOSFATOS (mg.l ⁻¹) | |
|-------------------------------|------------------------------|-------|--------------------------------|--------|------------------------------|--------|-------------------------------------|--------|--|--------|-------------------------------------|--------|
| | Febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo |
| Pto. 1. Barra Hone Sound | 7.82 | 5.41 | <0.003 | <0.003 | 0.035 | 0.083 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 2. Fte Rama Cay | 12.88 | 6.42 | 0.003 | 0.003 | 0.008 | <0.005 | 0.015 | <0.005 | 0.008 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 3. Fte Río Kukra | 13.35 | 6.35 | 0.006 | 0.021 | 0.013 | <0.005 | <0.005 | 0.006 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 4. Punta Lora | 11.81 | | 0.004 | | 0.046 | | <0.005 | | <0.005 | | <0.005 | |
| Pto. 5. Punta Masaya | 15.2 | 10.33 | 0.003 | 0.126 | 0.053 | 0.05 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 6. Fte Bluefields | 6.57 | 11.18 | 0.003 | 0.121 | 0.051 | 0.089 | <0.005 | 0.007 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 7. Fte Half Way Cay | 1.54 | | <0.003 | | 0.025 | | <0.005 | | <0.005 | | <0.005 | |
| Pto. 8. Fte El Bluff | 1.54 | 12.36 | 0.007 | 0.178 | 0.103 | 0.049 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 9. Entrada Río Escondido | 20.4 | 4.6 | 0.019 | 0.138 | 0.031 | 0.081 | <0.005 | 0.02 | <0.005 | <0.005 | <0.005 | <0.005 |
| Pto. 10. Entrada Cuatro Bocas | 1.55 | | 0.005 | | 0.104 | | <0.005 | | <0.005 | | <0.005 | |

Cuadro # 14. Límites permisibles para HAP's establecido por Canadá y los Países Bajos y Criterios de limpieza desarrollados por la PROFEPA.

| Fuente | Parámetro | Suelo 1 (mg.kg ⁻¹) | Suelo 2 (mg.kg ⁻¹) | Suelo 3 (mg.kg ⁻¹) | Agua (mg.l ⁻¹) |
|--------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| Profepa | HTP | 1000 | 1000 | 2000 | --- |
| | Benzo(a)pireno | 0.08 | 0.08 | 0.75 | --- |
| | Benzo(a)antraceno | 0.8 | 0.8 | 7.5 | --- |
| | Benzo(b)fluoranteno | 0.8 | 0.8 | 7.5 | --- |
| | Benzo(k)fluoranteno | 8.0 | 8.0 | 75 | --- |
| | Criseno | 80 | 80 | 750 | --- |
| Canadá | Benzo(a)antraceno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | 0.01 |
| | Benzo(a)pireno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | 0.01 |
| | Benzo(a)fluoranteno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | 0.01 |
| | Benzo(b)fluoranteno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | --- |
| | Dibenzo(a,h)antraceno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | 0.01 |
| | Indeno(1,2,3 cd)pireno | 0.1 | 1.0 | 10.0 | 0.01 |
| | Naftaleno | 0.1 | 5.0 | 50.0 | 0.1 |
| | Fenantreno | 0.1 | 5.0 | 50.0 | 0.2 |
| Pireno | 0.1 | 10.0 | 100.0 | 0.2 | |
| Países Bajos | Naftaleno | 5 | | | 7.0 |
| | Fenantreno | 10 | | | 2.0 |
| | Antraceno | 10 | | | 2.0 |
| | Fluoranteno | 10 | | | 1.0 |
| | Criseno | 5 | | | 0.5 |
| | Benzo(a)antraceno | 5 | | | 0.5 |
| | Benzo(a)pireno | 1 | | | 0.2 |
| | Benzo(k)fluoranteno | 5 | | | 0.5 |
| | Indeno(1,2,3-c,d)pireno | 5 | | | 0.5 |
| | | 10 | | | 1.0 |
| | Benzo(g,h,i)perileno | 20 | | | 10 |
| HPA total | | | | | |

Suelo 1: Se refiere a uso agrícola.

Suelo 2: De uso residencial / recreativo.

Suelo 3: De uso industrial (Profepa, 1999).

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 15. Densidad poblacional de la división Cyanophyta, datos febrero, mayo 2002.

| FEBRERO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|--------------------------------|----------|----------|----------|--------|--------|---------|--------|--------|----------|----------|
| División Cyanophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Anabaena sp</i> | 138075 | 524687 | 545398 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Aphanocapsa sp.</i> | 0 | 0 | 690377 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9216533 | 0 |
| <i>Chroococcus sp.</i> | 138075 | 683473 | 635147 | 0 | 41423 | 0 | 0 | 0 | 497071 | 0 |
| <i>Lyngbya limnetica</i> | 25333684 | 3403559 | 7580340 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lyngbya contorta</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17259 | 0 | 0 |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | 34263411 | 68278285 | 3313810 | 0 | 414226 | 9320090 | 0 | 0 | 3106697 | 30128052 |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96653 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Merismopedia minima</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 980335 | 0 |
| TOTAL Cyanophyta | 59873245 | 72890004 | 12765072 | 0 | 455649 | 9416743 | 3452 | 17259 | 13800636 | 30128052 |

| MAYO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| División Cyanophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Aphanocapsa sp</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | 0 | NR | 0 | 379707 | NR |
| <i>Aphanothece sp.</i> | 0 | 124268 | 345189 | NR | 0 | 0 | NR | 0 | 0 | NR |
| <i>Chroococcus sp.</i> | 41423 | 179498 | 0 | NR | 648954 | 179498 | NR | 110460 | 234728 | NR |
| <i>Chroococcus limneticus</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 4784313 | 0 | NR | 0 | 0 | NR |
| <i>Oscillatoria sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | 0 | NR | 0 | 3452 | NR |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | 345188 | NR | 0 | 0 | NR |
| <i>Merismopedia sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 524687 | 0 | NR | 0 | 0 | NR |
| <i>Merismopedia minima</i> | 110460 | 0 | 165690 | NR | 0 | 1083890 | NR | 379707 | 0 | NR |

Cuadro # 16. Densidad poblacional de la división Dinophyta, datos febrero 2002.

| FEBRERO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|---------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| División Dinophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Gymnodinium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL Dinophyta | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 | 0 |

| MAYO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|---------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Ceratium sp. | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 17. Densidad poblacional de la división Chlorophyta, datos febrero, mayo 2002.

| FEBRERO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| División Chlorophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Chlamydomonas sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41423 | 0 |
| <i>Chlorolobium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 345188 | 932008 | 0 | 0 |
| <i>Closterium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41423 | 0 |
| <i>Kirchneriella sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75941 | 0 |
| <i>Lobocystis planctonica</i> | 0 | 48326 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Oocystis lacustris</i> | 0 | 82845 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89749 | 27615 |
| <i>Oocystis sp.</i> | 110460 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | 0 | 27615 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Scenedesmus sp.</i> | 13808 | 20711 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Monoraphidium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27615 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL Chlorophyta | 124268 | 179497 | 0 | 0 | 0 | 27615 | 0 | 932008 | 248536 | 27615 |

| MAYO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| División Chlorophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Chlamydomonas sp.</i> | 200209 | 48326 | 586820 | NR | 400419 | NR | 79393 | 1781173 | 86297 | NR |
| <i>Chlorolobium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | NR | 0 | 13808 | 37971 | NR |
| <i>Closterium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 13808 | NR | 0 | 0 | 3452 | NR |
| <i>Coelastrum astroideum</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | NR | 0 | 0 | 10356 | NR |
| <i>Scenedesmus sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 0 | NR | 0 | 0 | 13808 | NR |
| <i>Monoraphidium sp.</i> | 0 | 0 | 0 | NR | 13808 | NR | 17259 | 34519 | 0 | NR |
| TOTAL Chlorophyta | 200209 | 48326 | 586820 | NR | 428035 | NR | 96652 | 1829500 | 151884 | NR |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 18. Densidad poblacional de la división Bacillariophyta, datos febrero 2002.

| | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 4 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 7 | Pto. 8 | Pto. 9 | Pto. 10 |
|------------------------------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| División Bacillariophyta | | | | | | | | | | |
| <i>Amphiprora sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 20711 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Amphora veneta</i> | | | | 0 | 0 | 62133 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Amphora sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 20711 | 48326 | 0 | 6904 | 3452 | 0 | 6904 |
| <i>Asterionella japonica</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44874 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Biddulphia mobiliensis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Biddulphia sp.</i> | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 |
| <i>Coscinodiscus sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> | 62134 | 144979 | 34519 | 151883 | 69038 | 48326 | 6904 | 27615 | 48326 | 96652 |
| <i>Cyclotella pseudostelligera</i> | 0 | 0 | 0 | 1656905 | 1498118 | 3362136 | 17259 | 13808 | 517783 | 9817161 |
| <i>Cymbella sp.</i> | 0 | 6904 | 0 | 6904 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Diploneis ovalis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110460 | 3452 | 3452 | 20711 | 13808 |
| <i>Diploneis sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 | 3452 | 0 | 0 |
| <i>Ditylum brightwellii</i> | | | | | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 |
| <i>Gyrosigma sp.</i> | 13808 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Melosita moniliformis</i> | | | | | 0 | 0 | 0 | 6904 | 13808 | 0 |
| <i>Navicula cryptocephala</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 13808 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Navicula ovalis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 55230 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Navicula pigmea</i> | 0 | 6904 | 0 | 20711 | 20711 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Navicula sp.</i> | 0 | 6904 | 20711 | 13808 | 20711 | 41423 | 0 | 3452 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | 6904 | 41423 | 89749 | 0 | 20711 | 41423 | 0 | 13808 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia amphibia</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 27615 | 13808 | 3452 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia palea</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 20711 | 62124 | 0 | 0 | 20711 | 0 |
| <i>Nitzschia sigma</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Nitzschia sigmoidea</i> | 0 | 0 | 13808 | 13808 | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia tryblionella</i> | 0 | 0 | 0 | 20711 | 6904 | 20711 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia sp.</i> | 13808 | 48326 | 82845 | 283055 | 124268 | 0 | 51778 | 41423 | 0 | 6904 |
| <i>Rhopalodia gibberula</i> | 0 | 6903 | 0 | 0 | 0 | 6904 | 3452 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Stephanodiscus sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10356 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 310670 | 2533684 | 1035566 | 27615 | 283055 | 303766 | 0 | 0 | 144979 | 151883 |
| <i>Synedra ulna</i> | 0 | 13808 | 0 | 0 | 6904 | 0 | 10356 | 3452 | 6904 | 6904 |
| <i>Talassionema nitzschioides</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 144979 | 162238 | 0 | 0 |
| <i>Tropidoneis lepidoptera</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 407324 | 2657952 | 1242679 | 379708 | 2223014 | 621331 | 314122 | 289960 | 773222 | 10120928 |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 19. Densidad poblacional de la división Bacillariophyta, datos mayo 2002.

| MAYO | Pto.1 | Pto. 2 | Pto. 3 | Pto. 5 | Pto. 6 | Pto. 8 | Pto. 9 |
|------------------------------------|----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| División Bacillariophyta | | | | | | | |
| <i>Amphiprora sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Asterionella japonica</i> | 158787 | 0 | 13808 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Asterionella formosa</i> | 0 | 0 | 0 | 13808 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Coscinodiscus sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 |
| <i>Chaetoceros compressus</i> | 4314856 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Chaetoceros sp.</i> | 0 | 1725943 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Cyclotella pseudostelligera</i> | 82845 | 669666 | 510879 | 215650 | 44874 | 835356 | 31067 |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 0 |
| <i>Ditylum brightwellii</i> | 0 | 13808 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Hemiaulus sinensis</i> | 41423 | 55230 | 75941 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> | 0 | 0 | 20711 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Melosita moniliformis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Navicula cryptocephala</i> | 0 | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Navicula pigmea</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 10356 | 0 | 0 |
| <i>Navicula sp.</i> | 13808 | 0 | 0 | 20711 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | 75941 | 48326 | 0 | 6904 | 6904 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia amphibia</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 | 0 | 3451 |
| <i>Nitzschia pacifica</i> | 41423 | 34519 | 27615 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nitzschia longissima</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13808 | 0 |
| <i>Nitzschia sigmoidea</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6904 |
| <i>Nitzschia sp.</i> | 124268 | 20711 | 13808 | 0 | 3452 | 13808 | 13808 |
| <i>Rhzosolenia calcar</i> | 0 | 6904 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Surirella sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 0 | 41423 | 82845 | 0 | 0 | 20711 | 13808 |
| <i>Synedra ulna</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3452 |
| TOTAL | 4853351 | 2616530 | 752511 | 257073 | 72490 | 883683 | 96654 |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

| | Pto.1 (ind.m ⁻²) | | Pto. 2 (ind.m ⁻²) | | Pto. 3 (ind.m ⁻²) | | Pto. 4 (ind.m ⁻²) | | Pto. 5 (ind.m ⁻²) | |
|------------------------|------------------------------|------|-------------------------------|------|-------------------------------|------|-------------------------------|---------|-------------------------------|--|
| | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | febrero | mayo | |
| Phyllum Nematoda | 1 659 | 2756 | 620 | | 87 | 534 | 389 | 361 | 87 | |
| Phyllum Nemertea | | | | | | | | | 130 | |
| Phyllum Annelida | | | | | | | | | | |
| Clase Polychaeta | | | | | | | | | | |
| Orden Polychaeta | | | | | | | | | | |
| Familia Alciopidae | | | | | | | | | | |
| Familia Ampharetidae | | | | | | | 14 | | | |
| Familia Capitellidae | | 115 | 188 | 346 | | 606 | | 72 | 1169 | |
| Familia Cossuridae | | | | | | | | 57 | | |
| Familia Goniadidae | | | | 87 | | 260 | | | 116 | |
| Familia Lumbrinereidae | | | | | | | | | 43 | |
| Familia Nereidae | 201 | 29 | | | | 43 | | 87 | 29 | |
| Familia Orbinidae | | 43 | | | | | | | | |
| Familia Phyllodoceidae | | | | 29 | | | | | | |
| Familia Paraonidae | | | | | | | | | | |
| Familia Pilargidae | 28 | 202 | | 57 | | 43 | | | 130 | |
| Familia Polynoidae | | | | | | | | | | |
| Familia Spionidae | | 43 | | 144 | 129 | 3073 | 1096 | 188 | 837 | |
| Familia Syllidae | 28 | | | | | | | | | |
| Orden Olygochaeta | | | 14 | | | | | | | |
| Familia Naididae | | 707 | | | | 173 | | 129 | | |
| Familia Tubificidae | | | | | | | | | | |
| Clase Hirudinea | | | | | | | | | | |
| Familia Glossiphonidae | | | | | | 14 | | | | |
| Phyllum Arthropoda | | | | | | | | | | |
| Clase Insecta | | | | | | | | | | |
| Orden Diptera | | | | | | | | | | |
| Familia Chironomidae | | | | | 14 | 86 | 14 | 14 | | |
| Familia Tanyponidae | | | 101 | | 87 | | 14 | | | |
| Subfylum Crustacea | | | | | | | | | | |
| Clase Ostracoda | | 14 | 822 | | | 14 | | 14 | | |
| Clase Malacostraca | | | | | | 115 | | | | |
| Orden Amphipoda | 37812 | 14 | 28 | | | | 115 | 14 | 130 | |
| Orden Cumacea | | 130 | 28 | | 14 | | | | 29 | |
| Phyllum Mollusca | 447 | | | | | | 14 | | | |
| Clase Pelecypoda | | 202 | 14 | | | 216 | | 57 | 58 | |
| Clase Gastropoda | | 14 | | | | | | | | |
| TOTAL | 40 175 | 4269 | 1815 | 663 | 331 | 5177 | 1656 | 993 | 2758 | |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 20. Densidad poblacional de la comunidad bentónica de la Laguna, datos 2002.

| | Pto. 6 (ind.m-2) | | Pto. 7 (ind.m-2) | | Pto. 8 (ind.m-2) | | Pto. 9 (ind.m-2) | | Pto. 10 (ind.m-2) |
|----------------------|------------------|-------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|-------------------|
| | febrero | mayo | febrero | febrero | mayo | febrero | mayo | febrero | |
| Phyllum Nematoda | 28 | 16086 | 9608 | 3794 | 19058 | 3664 | 3592 | 14 | |
| Phyllum Annelida | | | | | | | | | |
| Clase Polychaeta | | | | | | | | | |
| Orden Polychaeta | | | | | | | | | |
| Familia Alciopidae | | | | 28 | 14 | | | | |
| Familia Ampharetidae | 43 | | | | 14 | | | | |
| Familia Capitellidae | 57 | 2987 | | | 794 | 14 | 577 | 14 | |
| Familia Cossuridae | | | | | | | | | |
| Familia Dorvilleidae | | 14 | | | 87 | | | | |
| Familia Eunicidae | | | | | 28 | | | | |
| Familia Goniadidae | | 29 | | | 87 | | 14 | | |
| Familia Nereidae | | 115 | 28 | | 29 | 2438 | 14 | | |
| Familia Orbinidae | | 87 | | | | | | | |
| Familia Paraonidae | | | | 14 | 14 | | | | |
| Familia Phylodocidae | | | | | 29 | | | | |
| Familia Pilargidae | | | 158 | 230 | 346 | | 923 | | |
| Familia Polynoidae | | | 72 | | | | | | |
| Familia Spionidae | 188 | 2150 | 1270 | 534 | 274 | | 2784 | | |
| Familia Syllidae | | | | | | | | | |
| Orden Olygochaeta | | | | | | | | | |
| Familia Naididae | | 1775 | 260 | | 505 | 57 | 5901 | | |
| Familia Tubificidae | | | | 260 | | | | 14 | |
| Phyllum Arthropoda | | | | | | | | | |
| Clase Insecta | | | | | | | | | |
| Orden Diptera | | | | | | | | | |
| Familia Chironomidae | | | | | | 86 | | 28 | |
| Familia Tanyponidae | | | | | | | | 361 | |
| Subphyllum Crustacea | | | | | | | | | |
| Clase Ostracoda | 14 | 2193 | | 144 | 1457 | | 375 | 57 | |
| Clase Malacostraca | | | | | | | | | |
| Orden Amphipoda | 14 | 404 | 14 | 43 | 72 | 115 | 43 | 57 | |
| Orden Cumacea | | 72 | 28 | 72 | 447 | | 14 | 57 | |
| Phyllum Mollusca | | | | | | | | | |
| Clase Pelecypoda | | 231 | 14 | 28 | 130 | | 115 | | |
| Clase Gastropoda | | 14 | | 101 | 14 | | 14 | | |
| TOTAL | 344 | 26532 | 11452 | 5248 | 23399 | 6374 | 14366 | 602 | |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 21. Datos de plaguicidas organoclorados en los sedimentos de la Laguna de Bluefields, año 2002.

| Parámetro | Pp – DDT (pg.g⁻¹) | pp – DDE (pg.g⁻¹) | pp – DDD (pg.g⁻¹) |
|--------------------------------|---|---|---|
| Entrada Río Escondido 0-7 cm | | | |
| Entrada Río Escondido 8-14 cm | | | |
| Entrada Río Escondido 15-21 cm | | | |
| Río Kukra 0-10 cm | | 121.41 | |
| Río Kukra 11-20 cm | | 114.42 | |
| Río Kukra 21-30 cm | | 132.22 | |
| Frente Bluefields 0-10 cm | 1151 | 1465.19 | 2115.99 |
| Frente Bluefields 11-20 cm | 7329.56 | 2074.49 | 3665.1 |
| Frente Bluefields 21-30 cm | 743.87 | 2729.83 | 1429.66 |
| Frente al Bluff | | 172.61 | |
| promedio | 3074.81 | 972.88 | 2403.58 |
| max | 7329.56 | 2729.83 | 3665.1 |
| min | 743.87 | 114.42 | 1429.66 |
| desviación estándar | 3690.34 | 1106.94 | 1145.13 |

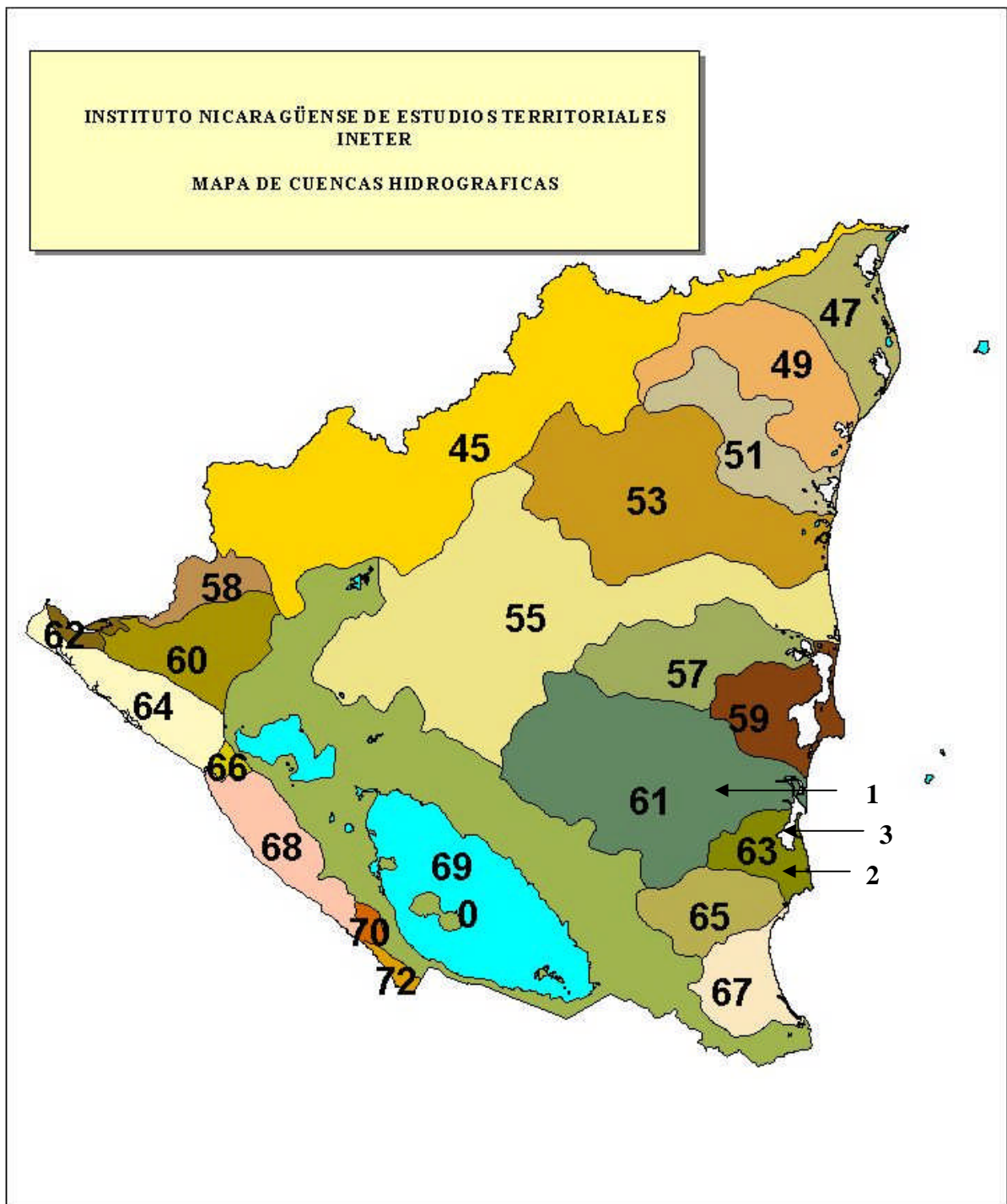
Cuadro # 22. Crecimiento poblacional en la ciudad de Bluefields.

| AÑOS | POBLACION |
|------|-----------|
| 1906 | 8113 |
| 1920 | 8927 |
| 1949 | 11942 |
| 1950 | 14445 |
| 1963 | 17706 |
| 1971 | 25937 |
| 1995 | 37254 |
| 1996 | 38666 |
| 1997 | 39915 |
| 1998 | 41204 |
| 1999 | 42535 |
| 2000 | 43909 |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

ANEXO DIBUJOS

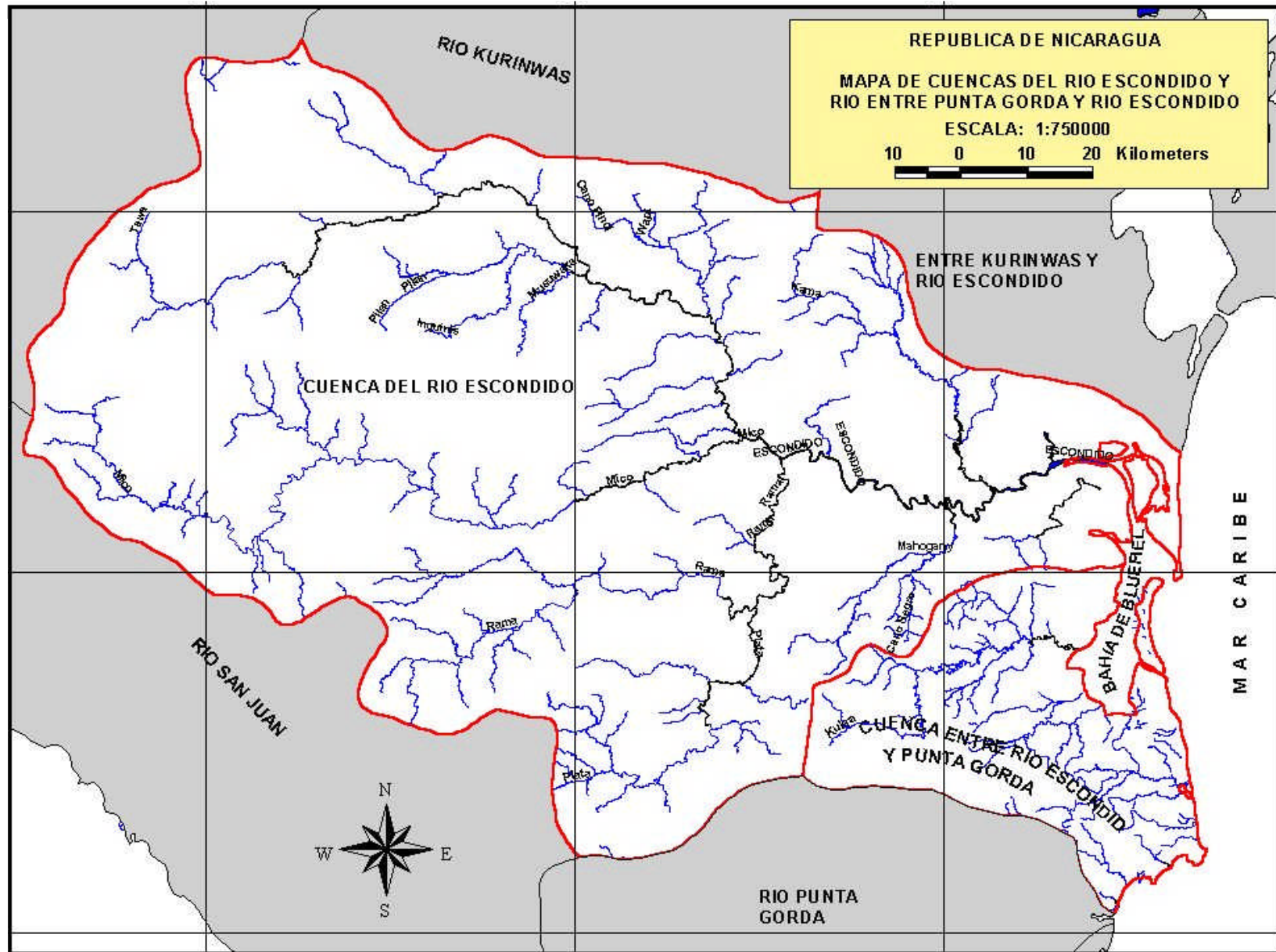
Dibujo # 1. Ubicación del área de estudio



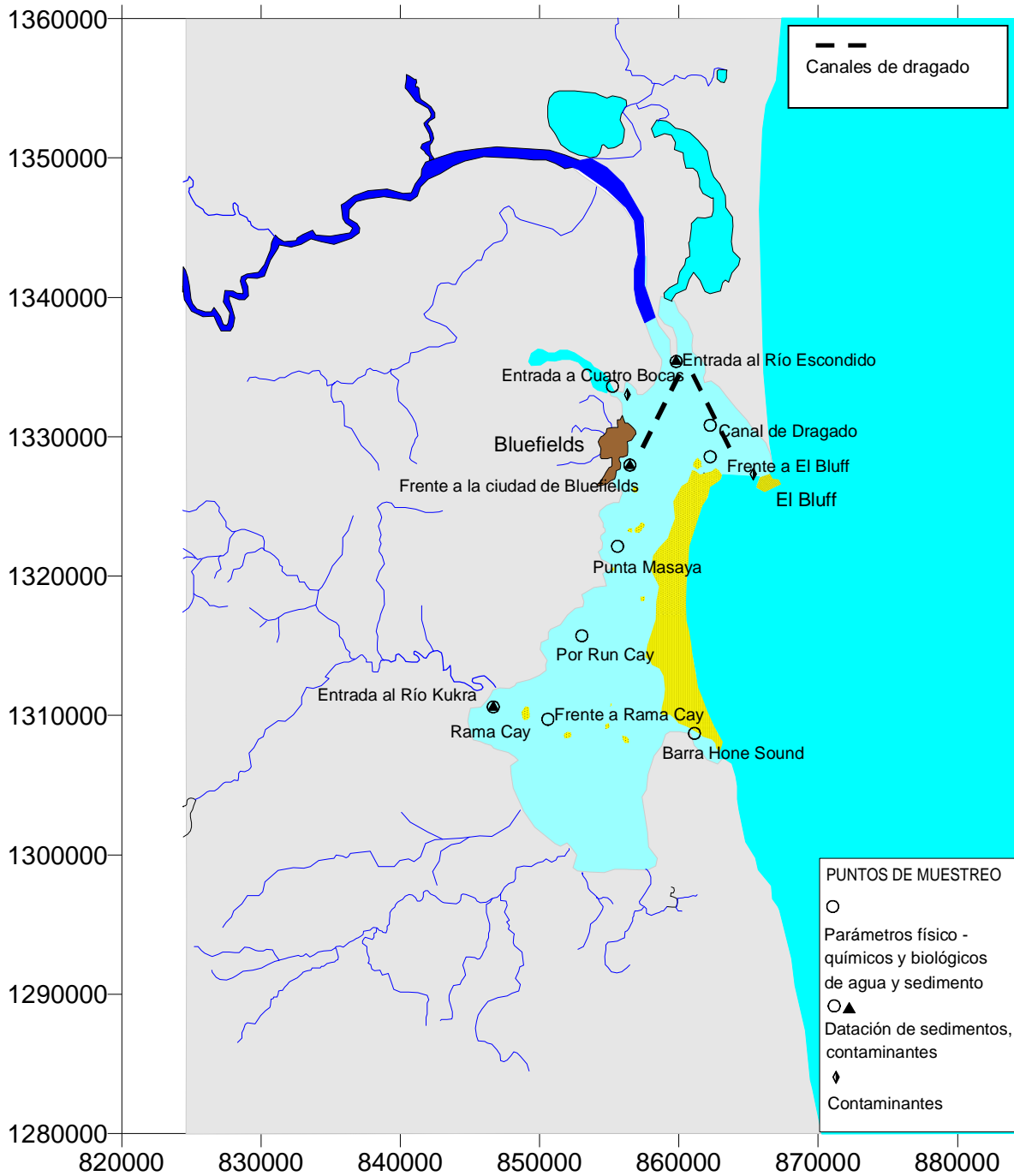
- 1 Cuenca hidrográfica # 61: del Río Escondido.
- 2 Cuenca hidrográfica # 63: Entre el Río Escondido y Río Punta Gorda
- 3 Laguna de Bluefields

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 2. Mapa de recursos hidrológicos del área de estudio.



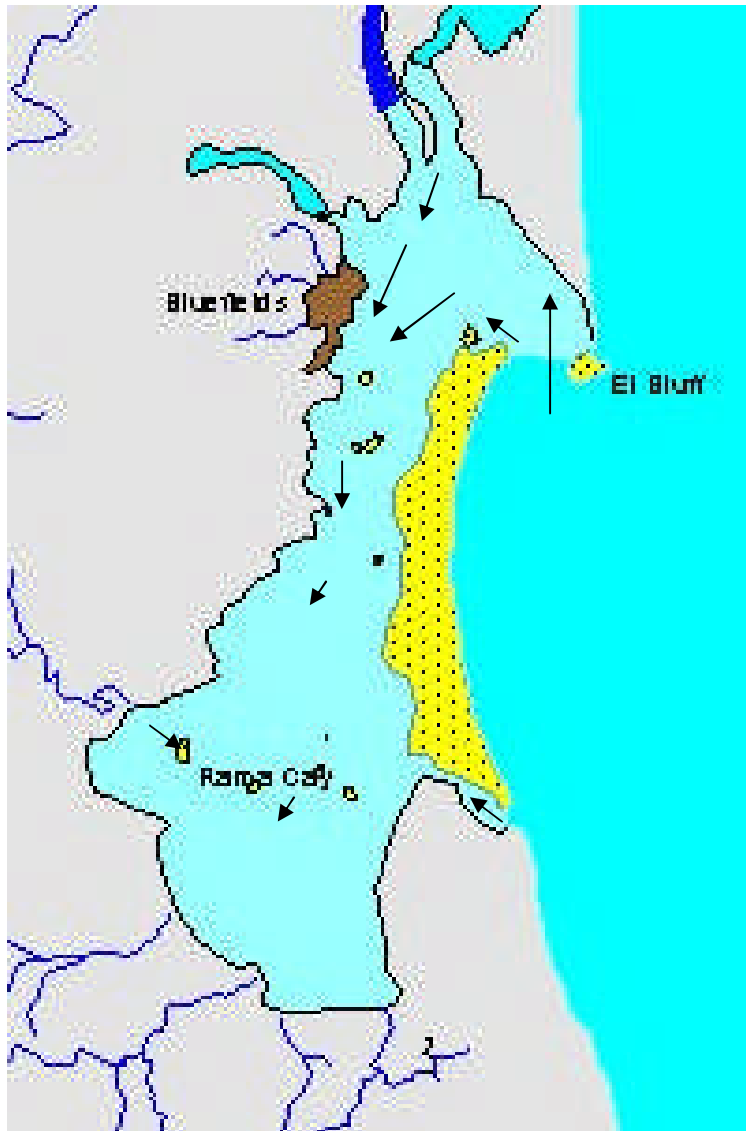
Dibujo # 4. Puntos de muestreos en la Laguna de Bluefields, 2002.



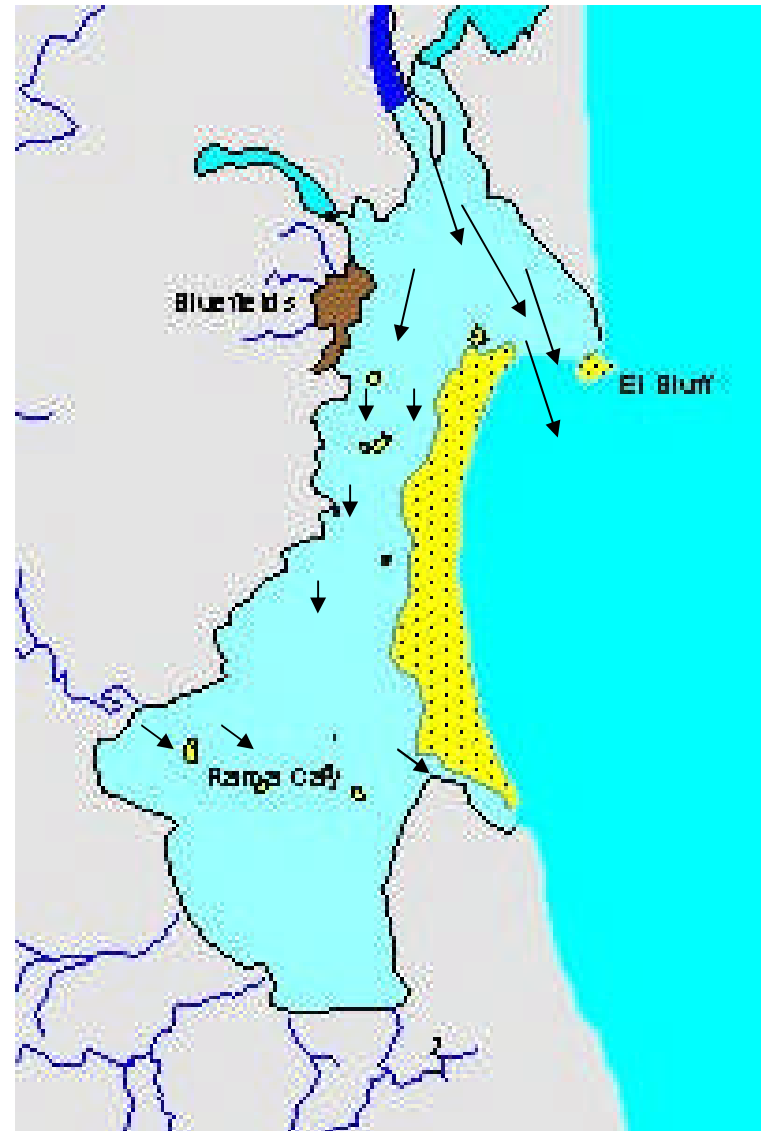
Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 5. Dinámica de corrientes superficiales en la Laguna de Bluefields, noviembre 1995.

LLENANTE



VACIANTE

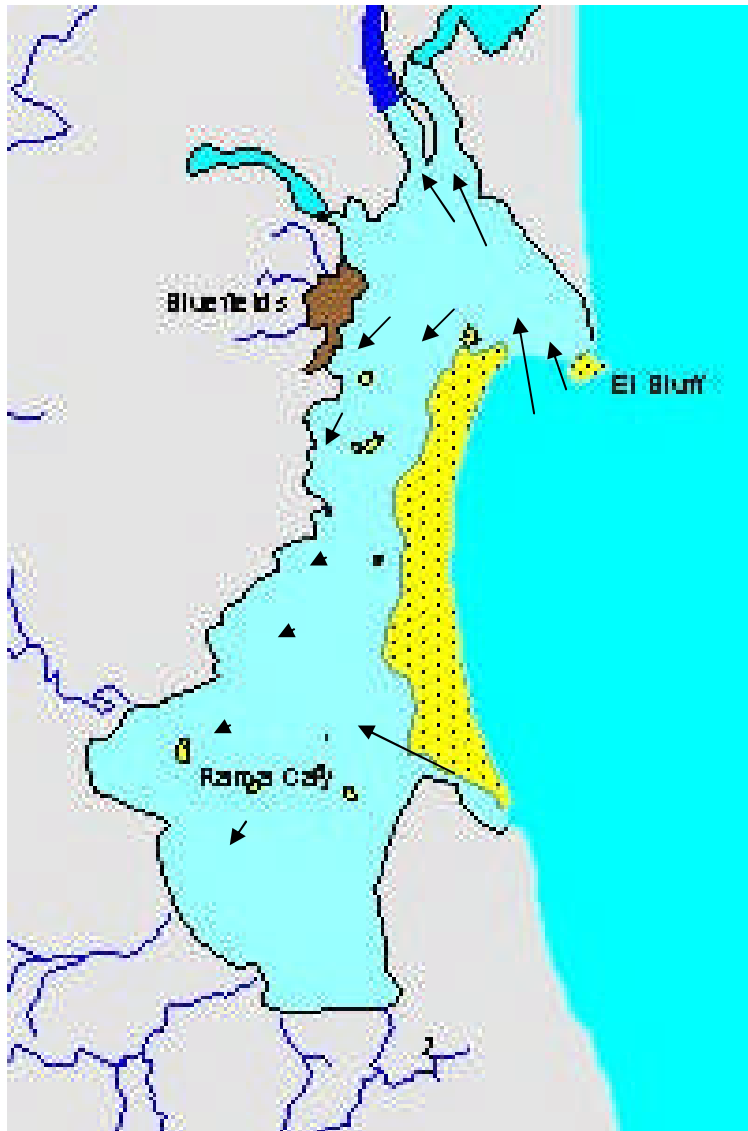


Fuente: CIMAB, 1996.

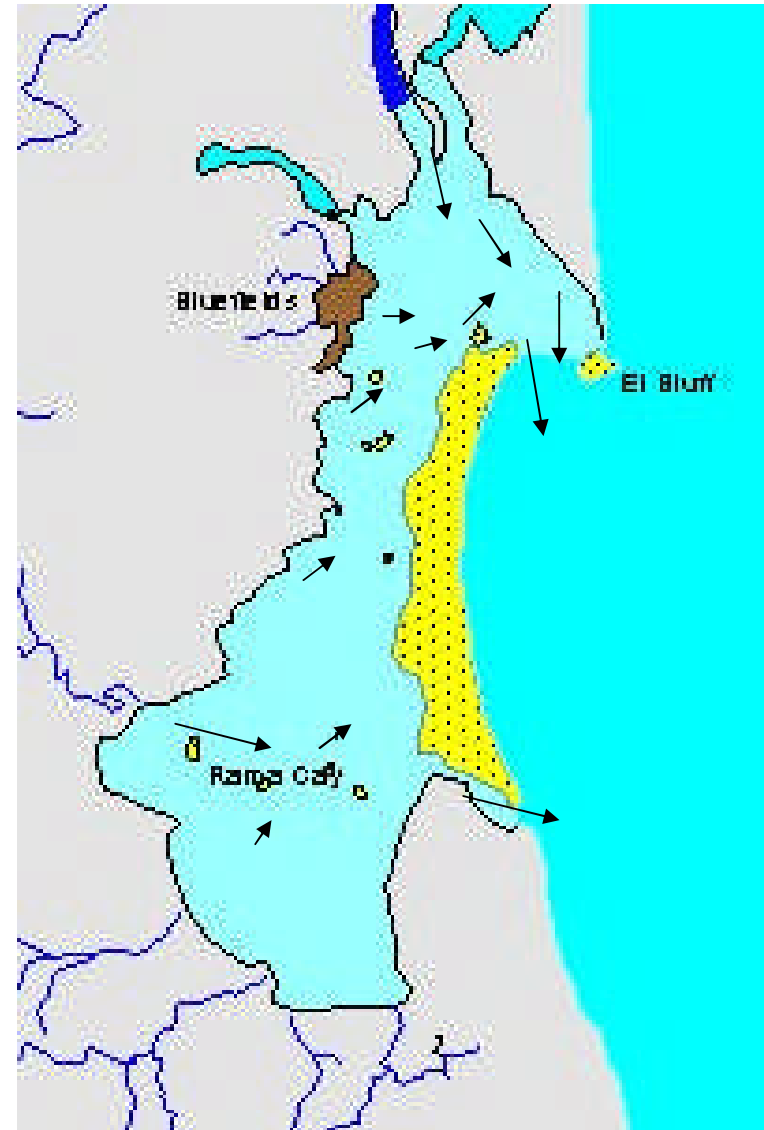
Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 6. Dinámica de corrientes superficiales en la Laguna de Bluefields, abril 1995.

LLENANTE



VACIANTE



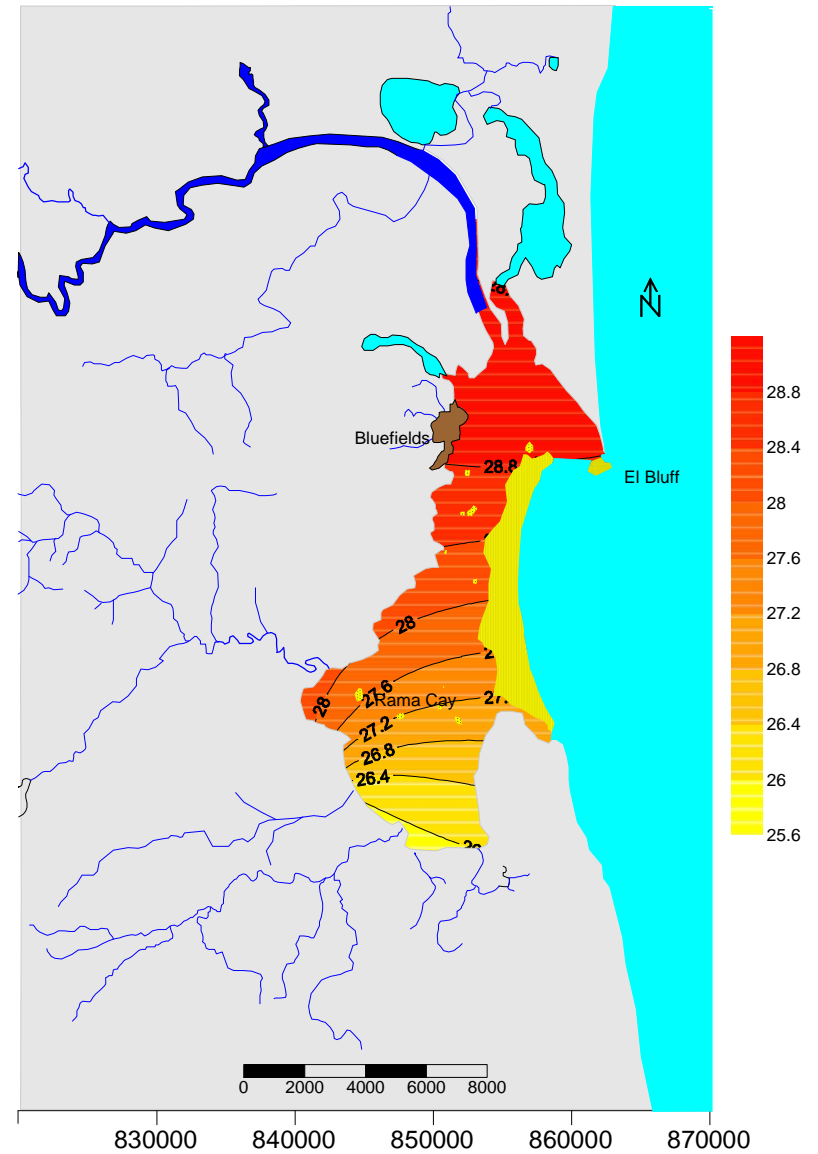
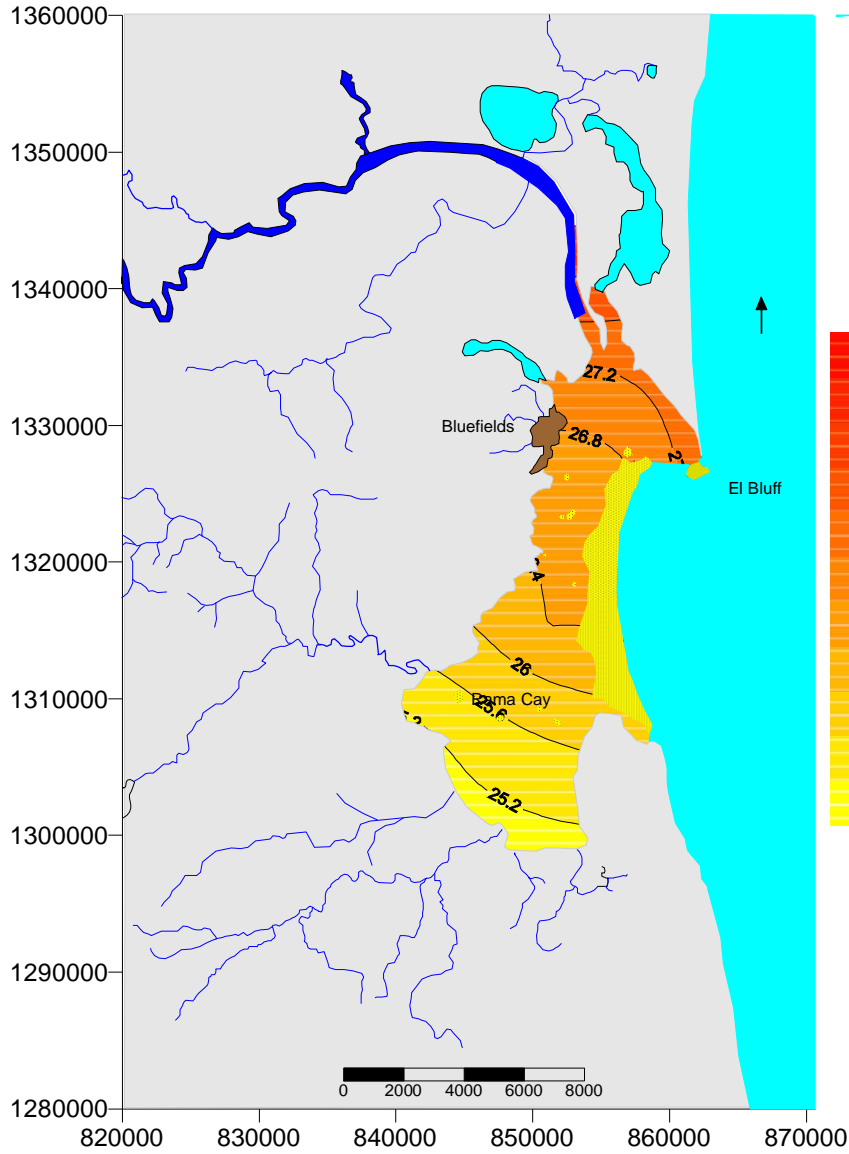
Fuente: CIMAB, 1996.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 7. Datos de temperatura (° C) en la Laguna de Bluefields, 2002.

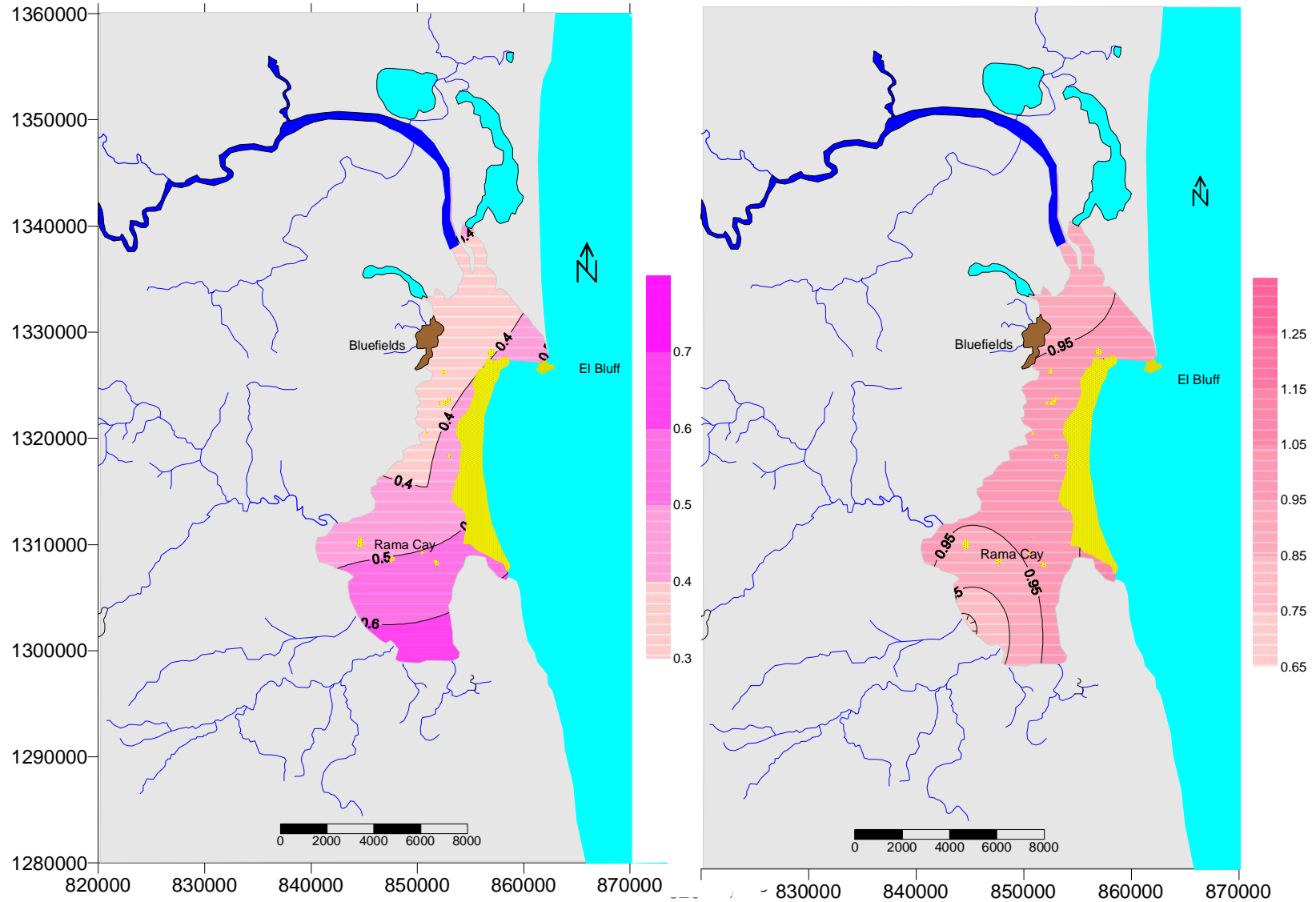
FEBRERO

MAYO



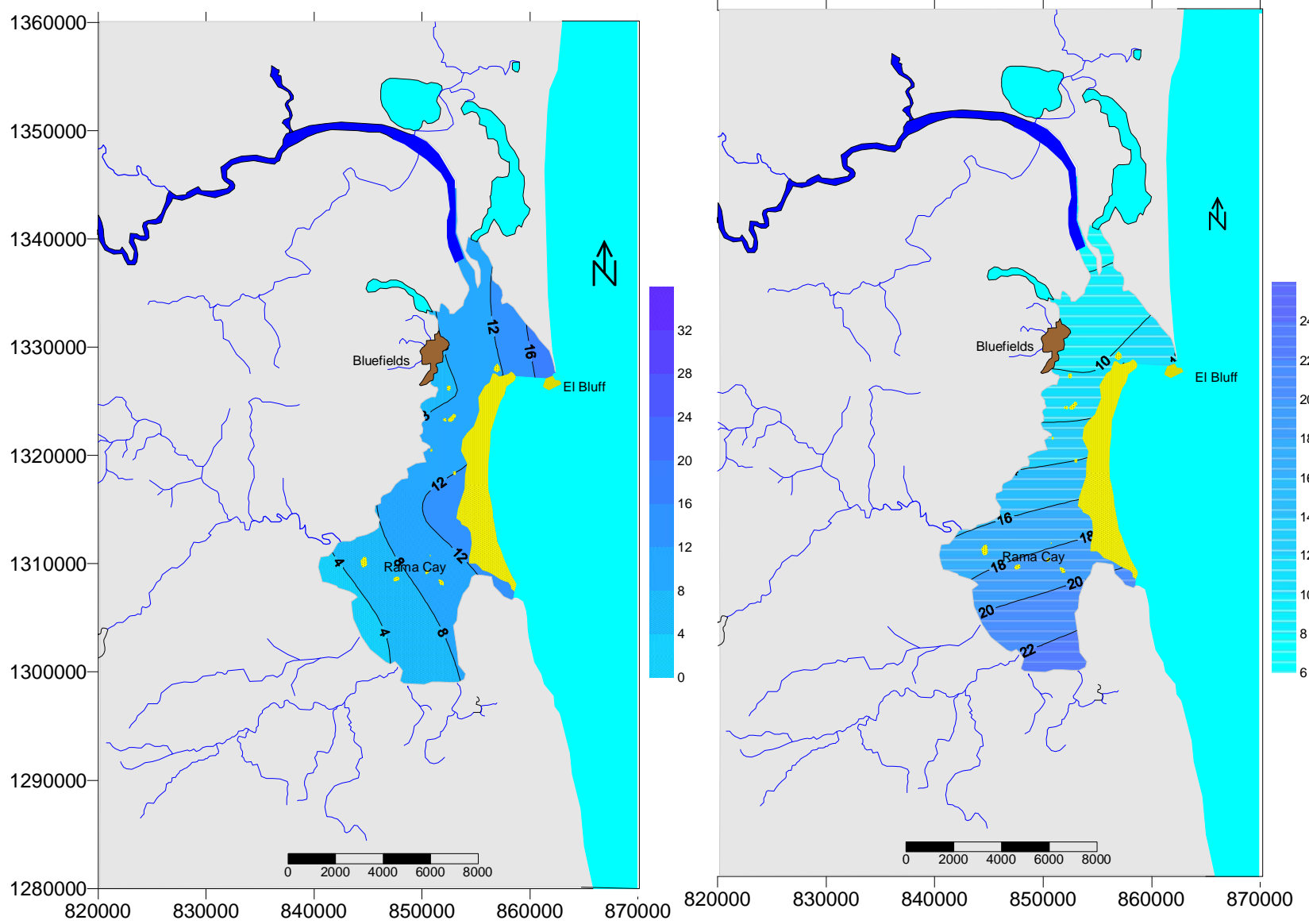
Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 8. Datos de transparencia de agua (m), medida con el disco Secchi, 2002.
FEBRERO **MAYO**

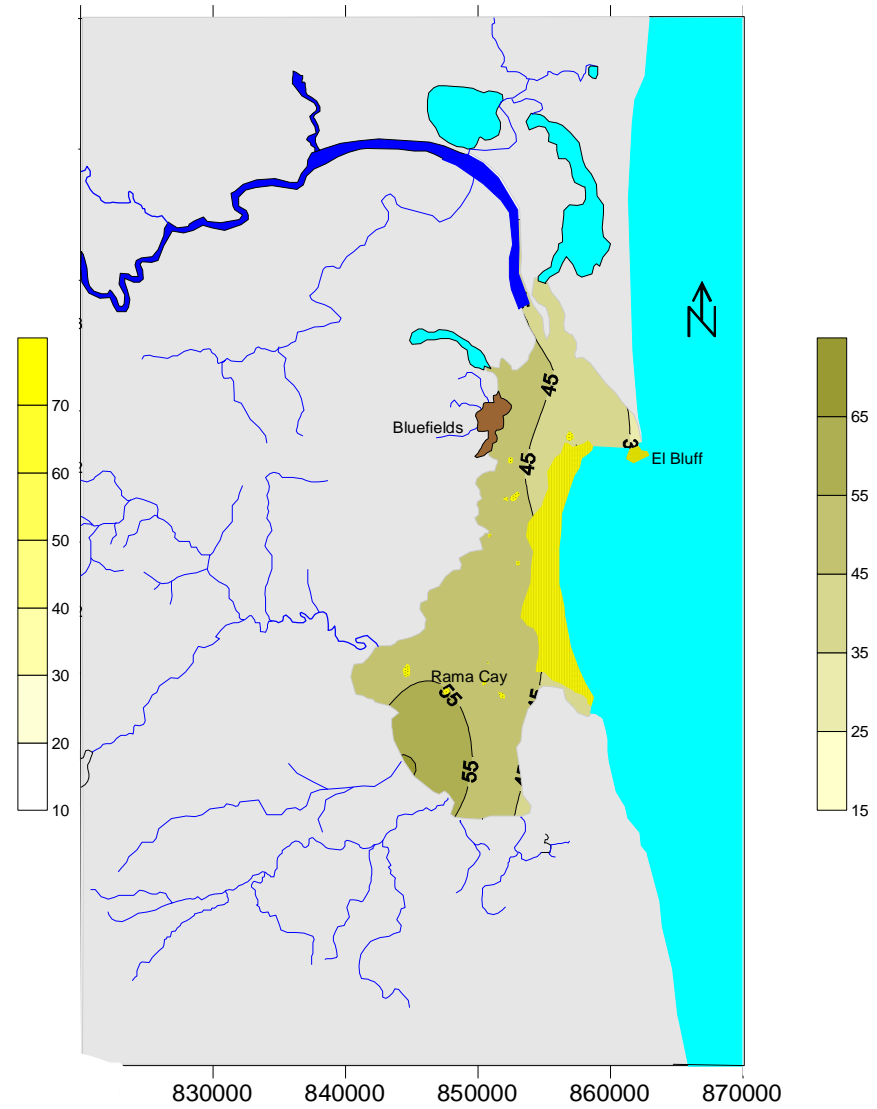
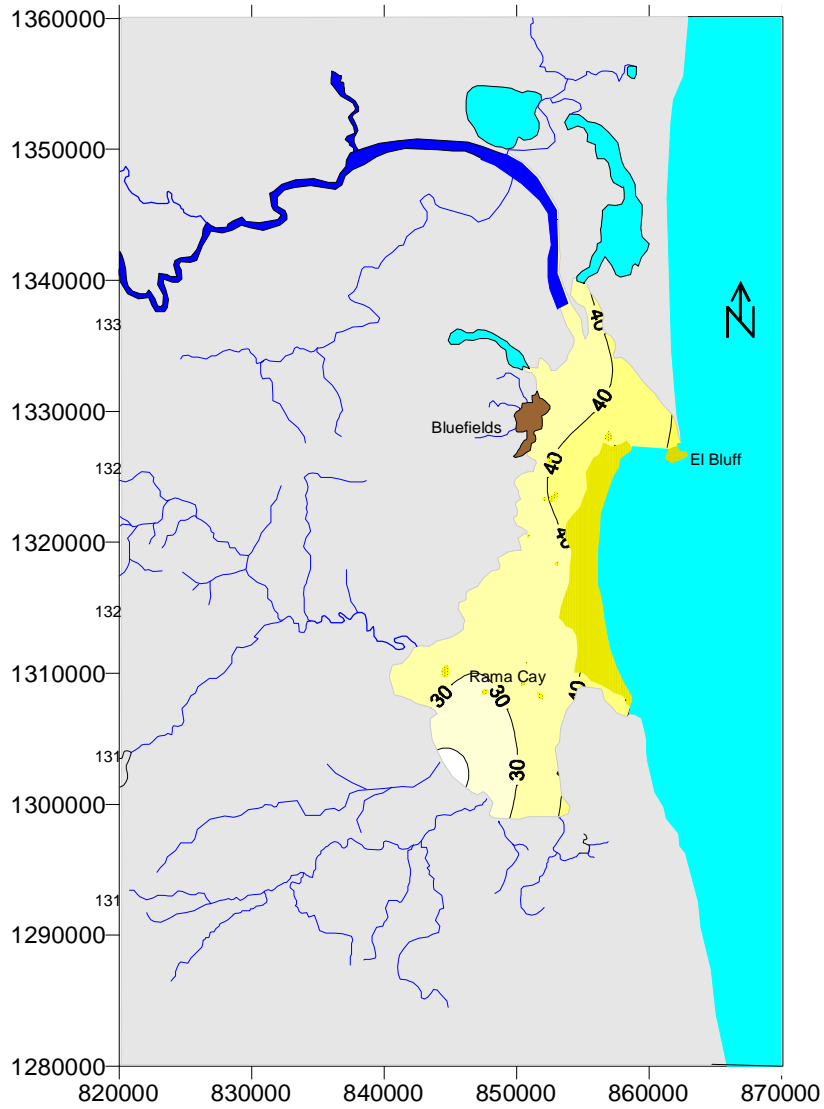


Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

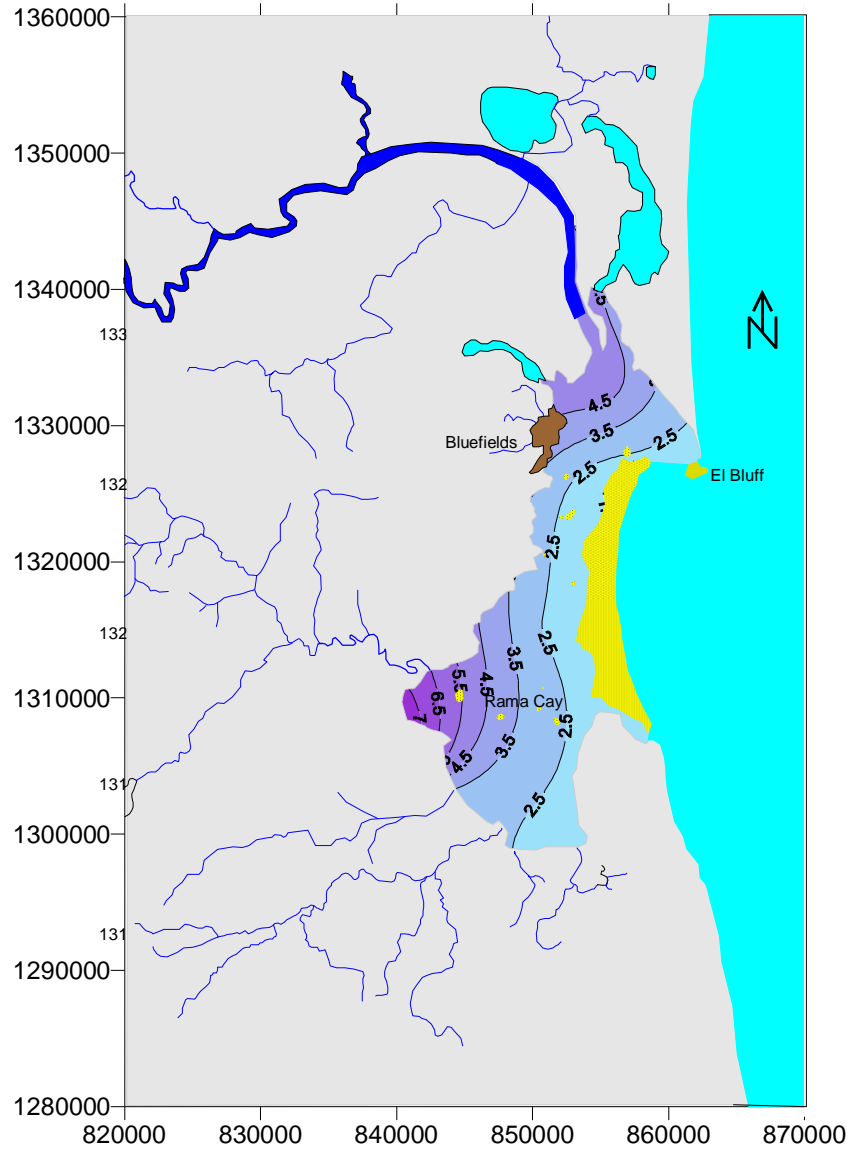
Dibujo # 9. Fluctuaciones de salinidad (‰) en la Laguna de Bluefields, 2002.
FEBRERO **MAYO**



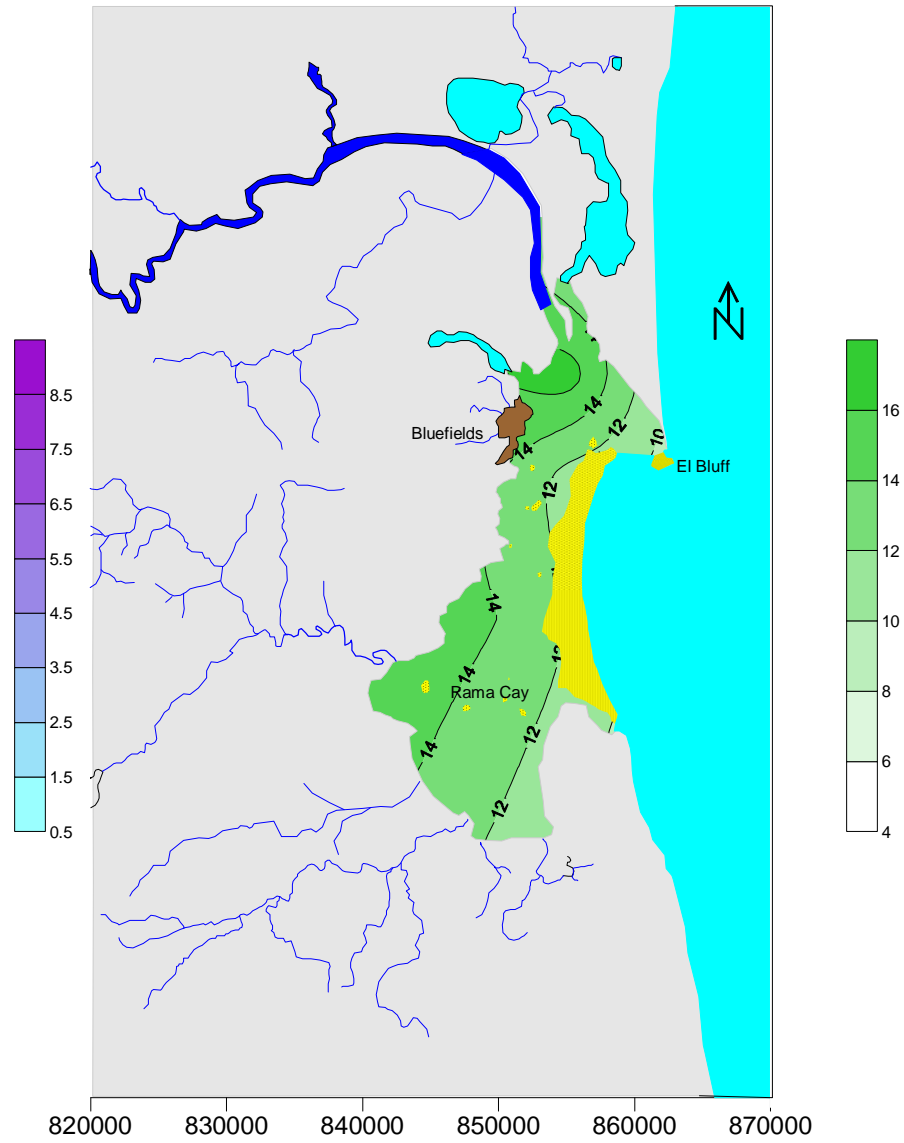
Dibujo # 10. Distribución del sedimento en la Laguna de Bluefields, 2002, de acuerdo al contenido de ARENA LIMO



Dibujo # 11. Contenido de materia orgánica en los sedimentos en la Laguna de Bluefields, 2002.

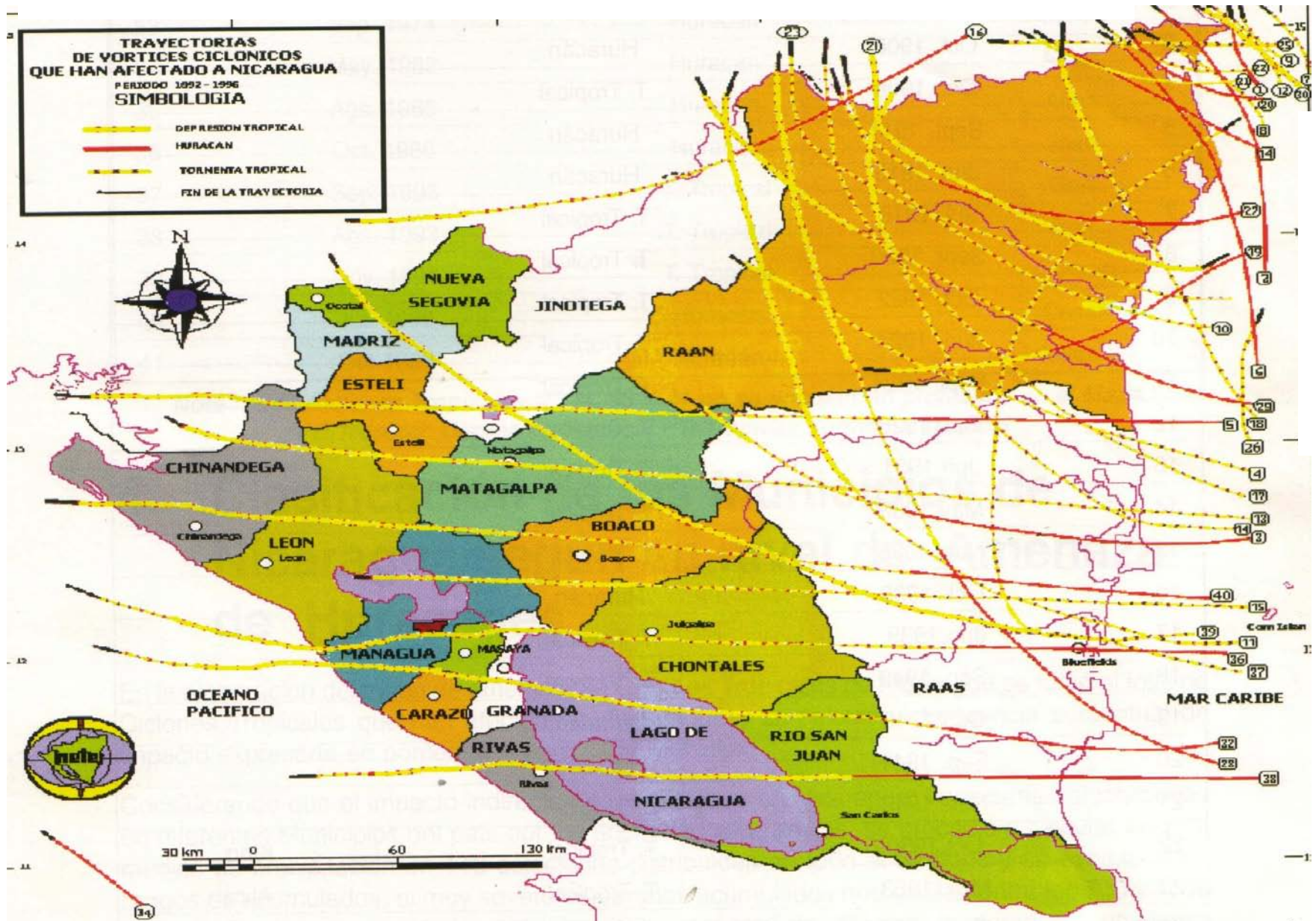


Dibujo # 12. Distribución de clorofila a en el agua en la Laguna de Bluefields, 2002



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Dibujo # 13. Trayectorias de vórtices ciclónicos que han afectado a Nicaragua.



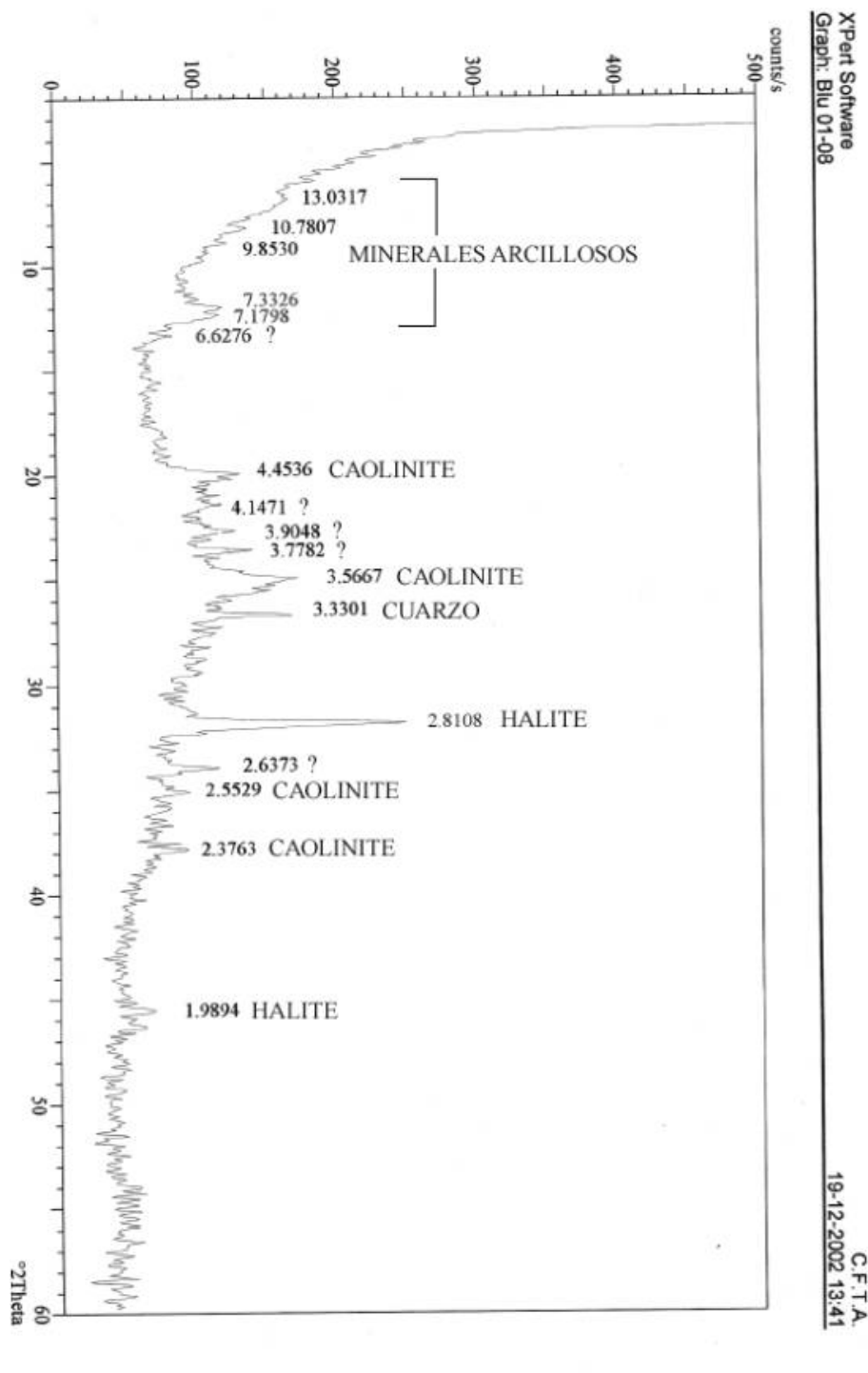
Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Cuadro # 23. Ciclones tropicales que han afectado Nicaragua (1892-1998).

| No | Fecha | | Categoría | Nombre |
|----|------------|------|-------------|--------|
| 1 | Octubre | 1892 | Huracán | |
| 2 | Julio | 1893 | Huracán | |
| 3 | Octubre | 1906 | Huracán | |
| 4 | Octubre | 1908 | T. tropical | |
| 5 | Septiembre | 1911 | Huracán | |
| 6 | Junio | 1913 | Huracán | |
| 7 | Julio | 1916 | T. tropical | |
| 8 | Septiembre | 1920 | T. tropical | |
| 9 | Octubre | 1922 | T. tropical | |
| 10 | Junio | 1924 | T. tropical | |
| 11 | Septiembre | 1924 | T. tropical | |
| 12 | Octubre | 1926 | T. tropical | |
| 13 | Junio | 1931 | T. tropical | |
| 14 | Mayo | 1933 | T. tropical | |
| 15 | Noviembre | 1933 | T. tropical | |
| 16 | Octubre | 1935 | Huracán | |
| 17 | Junio | 1939 | T. tropical | |
| 18 | Septiembre | 1940 | T. tropical | |
| 19 | Octubre | 1940 | Huracán | |
| 20 | Septiembre | 1941 | Huracán | |
| 21 | Noviembre | 1949 | T. tropical | |
| 22 | Octubre | 1950 | T. tropical | King |

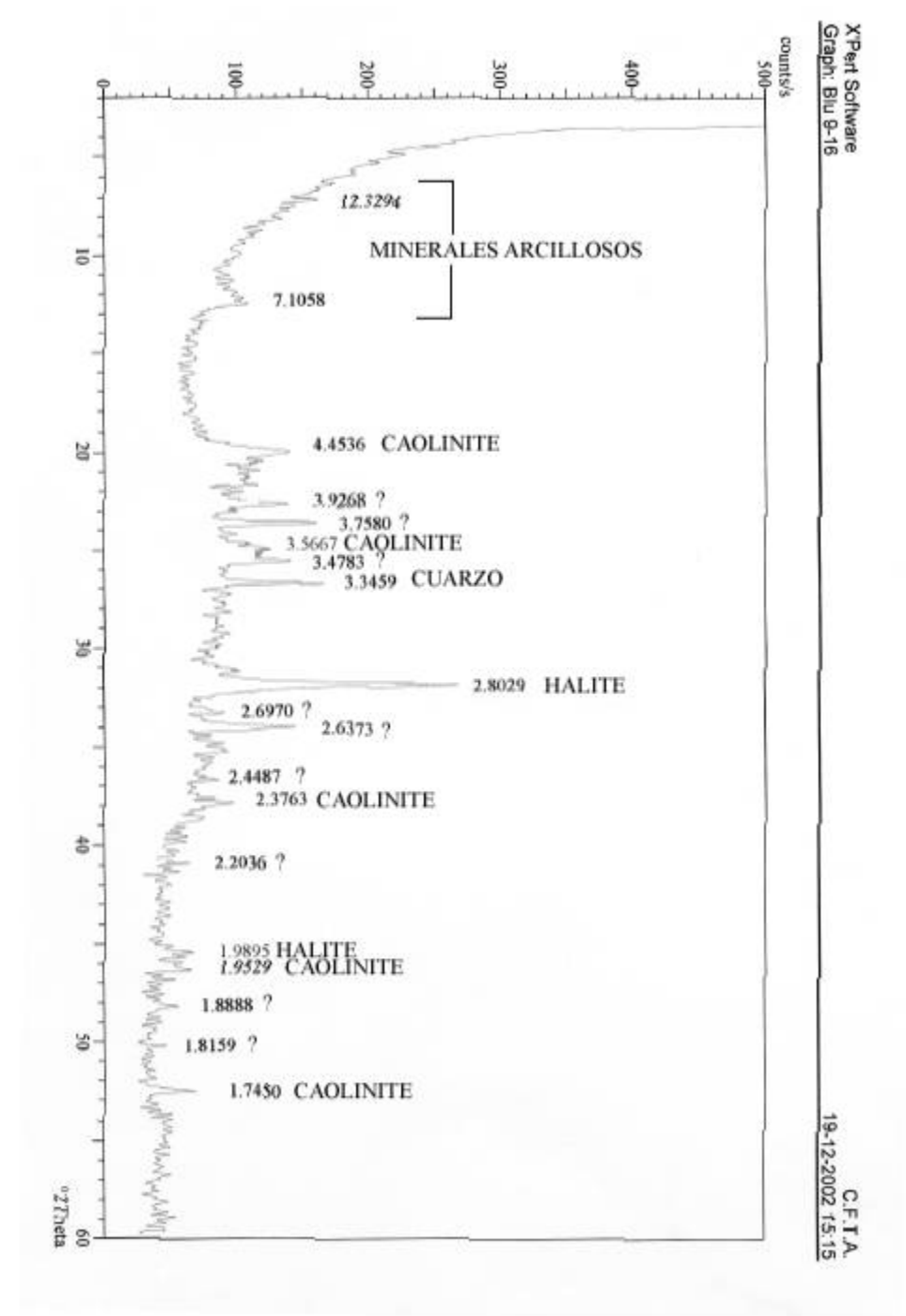
| | | | | |
|----|--------------|------|-------------|----------|
| 23 | Mayo | 1953 | T. tropical | Alice |
| 24 | Septiembre | 1954 | Huracán | Gilda |
| 25 | Julio | 1961 | T. tropical | |
| 26 | Octubre | 1964 | T. tropical | Isabelle |
| 27 | Noviembre | 1964 | Huracán | |
| 28 | Junio | 1966 | Huracán | Alma |
| 29 | Septiembre | 1968 | Huracán | |
| 30 | Septiembre | 1970 | T. tropical | |
| 31 | Septiembre | 1971 | Huracán | Edith |
| 32 | Septiembre | 1971 | Huracán | Irene |
| 33 | Septiembre | 1974 | Huracán | Fi Fí |
| 34 | Mayo | 1982 | Huracán | Alleta |
| 35 | Agosto | 1985 | Huracán | Allen |
| 36 | Octubre | 1988 | Huracán | Joan |
| 37 | Septiembre | 1993 | T. tropical | Pert |
| 38 | Agosto | 1993 | T. tropical | Bret |
| 39 | Noviembre | 1994 | T. tropical | Gordon |
| 40 | Julio 1996 | 1996 | Huracán | Cesar |
| 41 | Octubre 1998 | 1998 | Huracán | Mitch |

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



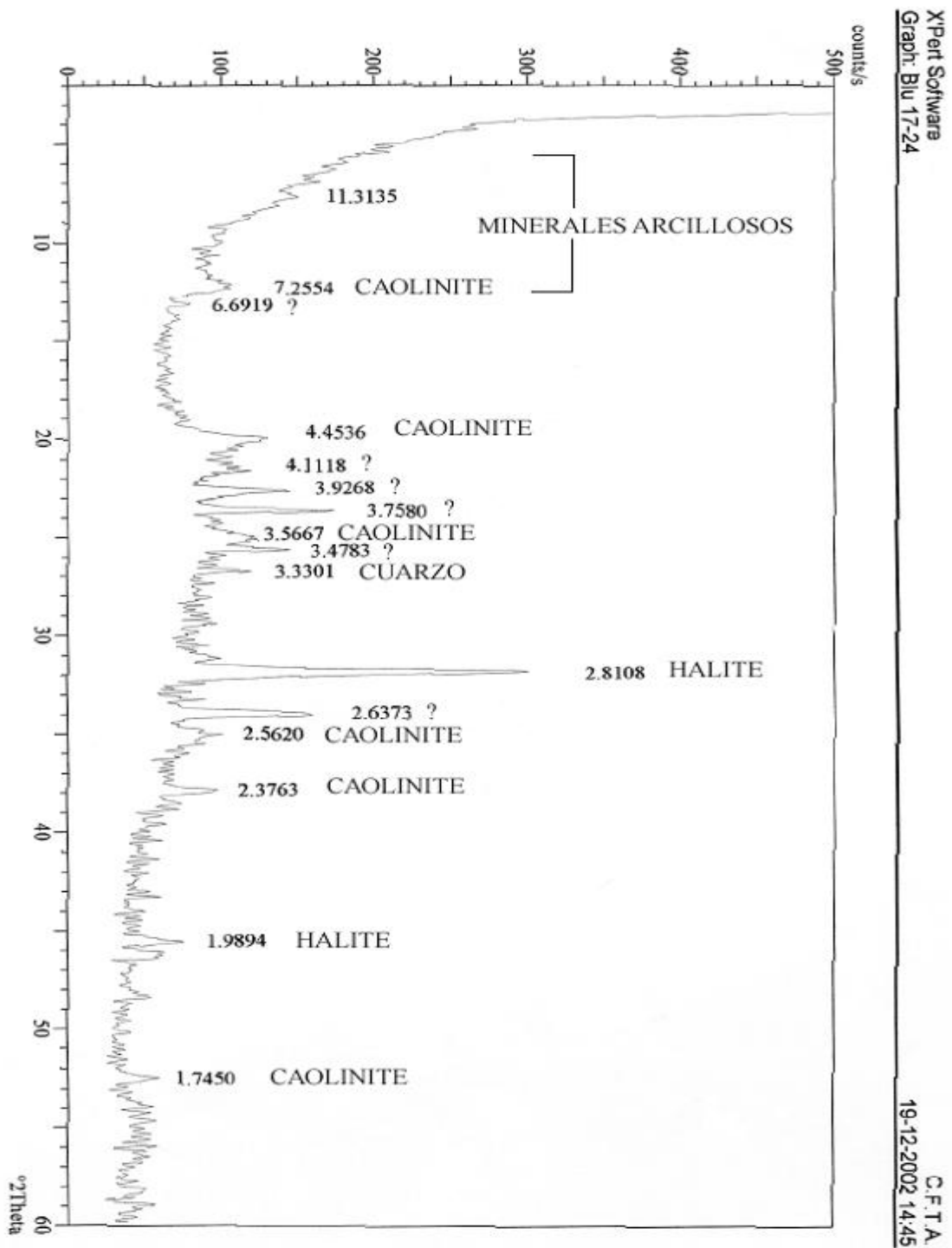
Dibujo # 14. Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 0-8 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



Dibujo # 15. Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 9-16 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



Dibujo # 16. Estudio mineralógico del sedimento de la Laguna de Bluefields, profundidad 17-24 cm, estación Frente a la ciudad de Bluefields, Febrero 2002.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

ANEXO FOTOS

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Foto # 1. La ciudad de Bluefields se ubica en la parte noroeste de la Laguna con el mismo nombre.



Foto # 2. Iglesia Morava de la ciudad de Bluefields



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Foto # 3. Mercado Municipal contribuye a la contaminación de la Laguna, mayo 2002.



Foto # 4. Muelle en la ciudad de Bluefields.

Foto # 5. Muestreo del sedimento en la Laguna de Bluefields, mayo 2002.



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



Foto # 6. Materiales de construcción son traídos desde las playas de El Bluff, aumentan en la sedimentación en la Laguna de Bluefields



Foto # 7. Almacén del combustible para el transporte acuático en la ciudad de Bluefields.

Foto # 8. Puerto El Bluff, julio 2002



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



Foto # 9. La familia está a punto de perder su propiedad ya que el mar continuamente disminuye el área de la isla El Bluff.

Foto # 10. La abertura que apareció durante el huracán Juana en el año 1988 y que midió en ese tiempo de 20 a 30 metros se convirtió en la amenaza principal para los pobladores de la isla de El Bluff, llegando a medir 700-1000 metros del ancho, julio 2002.



Foto # 11. El mar está amenazando a la isla El Bluff. Estos dos cocos, ubicados a los 20 metros de la vivienda de uno de los pobladores de El Bluff, se cayeron por la erosión de la costa

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.



Foto # 12. El oleaje de las pangas contribuye a la destrucción de las orillas del Río Escondido, julio 2002.



Foto # 13. Pesca Nica, sitio donde comienzan los canales de dragado hacia la ciudad de Bluefields y el puerto El Bluff.

Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Foto # 14. Equipo para la realización de análisis mineralógico en los sedimentos de la Laguna de Bluefields. febrero 2003.



Foto # 15. Finca de los campesinos en la orilla del Río Escondido. Se observan las plantaciones de musáceas.

Foto # 16. Erosión por la influencia antropogénicas en la orilla de la Laguna de Bluefields. Este fenómeno altera el proceso de la sedimentación en la Laguna.



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Foto # 17. Servirá la Bahía (Laguna) de Bluefields algún día como atracción turística a nivel internacional, o como el sitio libre de contaminación destinado a albergar y criar las especies acuáticas, o siempre será un receptor de la contaminación antropogénica proveniente principalmente de la ciudad de Bluefields?



Foto # 18. Zonas despaladas en los Municipios de la RAAS, destinadas a la ganadería extensiva, julio 2002.



Evaluación de la problemática ambiental por medio del estudio de algunos aspectos de sedimentación y contaminación en la Laguna de Bluefields, RAAS, Nicaragua.

Foto # 19. Muelle Municipal en la ciudad de El Rama, julio 2002. El transporte acuático es la principal fuente de contaminación por hidrocarburos del Río Escondido.



Foto # 20. Este es el sitio donde el Río Rama se une con el río Escondido, julio 2002

