

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

Proyecto Final de la carrera de
INGENIERÍA CIVIL

“Calidad del agua debida al efecto de las Cianobacterias en
el tramo de estudio
Concordia - Salto, Gualeguaychú - Fray Bentos.”

Profesores: Ing. Pairone, Juan Ramón
Arq. Mardon, Arturo

Director: Lic. Cardini, Julio César

Co-director: Mg. Zabalett, Alejandro

Alumnos: Confalonieri, Romeo Augusto

Duarte, Diego

Pavon Mena, Luciano Norberto

Schild, Cristian Javier

Concepción del Uruguay, Abril de 2014.



Agradecimiento

Brindamos nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización y culminación de éste proyecto. En primer lugar a la Facultad Regional Concepción del Uruguay de la Universidad Tecnológica Nacional, el departamento de Ingeniería Civil, y sus autoridades.

Al grupo de investigación GECRU en general que nos brindó el soporte instrumental necesario, y puso a nuestra disposición todos los datos requeridos sin los cuales no hubiera sido posible la investigación realizada.

A todas las personas que en mayor o menor medida contribuyeron al desarrollo de este proyecto aunque no sea del punto de vista técnico.

Finalmente al Lic. Julio Cardini, a nuestro tutor, el Mg Alejandro Zabalett y la Lic. Cecilia Cardini quienes nos apoyaron desde un principio con su conocimiento y experiencia, y nos orientaron técnicamente de manera permanente en cada uno de los pasos de la investigación.



Índice

Capítulo 1.	INTRODUCCIÓN.....	16
1.1.	Objetivos.....	17
1.2.	Alcance	17
1.3.	Metodología de estudio	18
1.4.	Justificación	18
1.5.	Síntesis del contenido	19
Capítulo 2.	MARCO TEORICO	20
2.1.	Presentación del problema y análisis general	20
2.2.	Introducción al reconocimiento de las Cianobacterias	24
Capítulo 3.	RECONOCIMIENTO DE FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS. ...	26
Capítulo 4.	FACTORES DE DESARROLLO DE FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS	31
4.1.	Causas.....	31
4.2.	Consecuencias	33
4.3.	Efectos sobre la salud Humana y animal.....	35
4.3.1.	Niveles de alerta propuestos por la organización mundial de la salud (OMS)	36
4.3.2.	Guías para la calidad del agua.....	36
4.3.3.	Normatividad y criterios de calidad de agua para cianobacterias	39
4.3.4.	Consideraciones y principios generales.....	41
4.3.5.	Aspectos microbiológicos	43
4.3.6.	Desinfección	45
4.3.7.	Aspectos químicos.....	45
4.3.8.	Aspectos radiológicos.....	47
4.3.9.	Funciones y responsabilidades en la gestión de la seguridad del agua de consumo	47
4.3.10.	Autoridades de salud pública.....	49
4.3.11.	Autoridades locales.....	51
4.3.12.	Gestión de los recursos hídricos	51
4.3.13.	Consumidores individuales.....	53
Capítulo 5.	CONTEXTO MUNDIAL Y CONTINENTAL.....	54
5.1.	Registros de toxicidad de cianobacterias.....	54



5.2.	Problemas asociados a la presencia de cianotoxinas	57
5.3.	Intoxicaciones en el ser humano: Registro de Brasil.....	58
5.4.	Registros de cianobacterias planctónicas en la Bahía de Jigüey, Cuba.....	59
Capítulo 6.	CONTEXTO NACIONAL.....	60
6.1.	Situación	61
6.2.	Distribución geográfica de las cianobacterias	62
6.3.	Distribución del fitoplancton según su distribución geográfica	63
6.4.	Distribución del fitoplancton según la morfología del ambiente	64
6.5.	Distribución del fitoplancton según el tipo de ambiente	65
6.6.	Fitoplancton en un ambiente costero, Bahía Nueva (Chubut).....	65
6.7.	Presencia de cianobacterias en el agua de los embalses cordobeses	66
6.8.	Programas y conferencias sobre problemas de cianobacterias.....	67
Capítulo 7.	CARACTERÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS Y LAS LOCALIDADES QUE COMPRENDEN EL TRAMO DE ESTUDIO.....	68
7.1.	Provincia de Entre Ríos	68
7.1.1.	Ubicación.....	68
7.1.2.	Relieve	68
7.1.3.	Clima	70
7.1.4.	Economía	70
7.2.	Localidades del tramo de estudio	73
7.2.1.	Concordia	73
7.2.2.	Colón	75
7.2.3.	Concepción del Uruguay	77
7.2.4.	Gualeduaychú	79
Capítulo 8.	MUESTREO Y ANÁLISIS	83
8.1.	Aquafluor.....	83
8.2.	Xplorer GLX	83
8.2.1.	Sensores	84
8.3.	Calibración inicial y puesta a punto.	84
8.3.1.	Aquafluor.....	84
8.3.2.	Xplorer GLX	88
8.3.3.	Descripción y ubicación de los puntos elegidos.....	88
8.3.4.	Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en embalse Salto Grande	89



8.3.5.	Nomenclatura utilizada para identificar cada una de las lecturas de una muestra.....	91
8.3.6.	Relevamiento fotográfico	92
8.4.	Campaña de muestreo definitivo en tramo de estudio.....	97
8.4.1.	Descripción y ubicación de los puntos elegidos.....	97
8.4.2.	Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en zona de estudio	98
8.4.3.	Resultados obtenidos	99
8.4.4.	Relevamiento fotográfico	103
8.5.	Campaña de muestreo adicional en época de estiaje.....	105
8.5.1.	Descripción y ubicación de los puntos elegidos.....	105
8.5.2.	Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en zona de estudio	106
8.5.3.	Resultados obtenidos	107
8.5.4.	Relevamiento fotográfico	110
Capítulo 9.	SOFTWARE UTILIZADO	113
9.1.	Software libre	113
9.1.1.	Historia	113
9.1.2.	Comparación con el software de código abierto	114
9.1.3.	Ventajas del Software Libre.	115
9.1.4.	Desventajas del software libre.....	116
9.2.	Software de posicionamiento global -GIS-	116
9.2.1.	Historia de su desarrollo.....	116
9.2.2.	Sistema de Información Geográfica (GIS)	118
9.2.3.	El Software GIS.....	118
9.2.4.	Funcionamiento GIS.....	120
9.2.5.	Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica.....	121
9.2.6.	Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial.....	125
9.2.7.	Datos no espaciales.....	126
9.2.8.	La captura de los datos	126
9.2.9.	Conversión de datos raster-vectorial	127
9.2.10.	Proyecciones, sistemas de coordenadas y re-proyección	128
9.2.11.	Modelo topológico.....	129
9.2.12.	Redes	129
9.2.13.	Superposición de mapas	130
9.2.14.	Cartografía automatizada.....	130



9.2.15.	Geoestadística.....	131
9.2.16.	Geocodificación.....	132
9.3.	QGIS.....	132
9.3.1.	Licencia	133
9.3.2.	Bases de Datos Geoespaciales	133
9.3.3.	Características.....	133
9.3.4.	Utilización del software.....	134
9.3.5.	Programas de apoyo	136
9.4.	WASP	137
9.4.1.	Breve descripción	137
9.4.2.	Aguas superficiales-aplicación del modelo wasp5.....	139
9.4.3.	Visión General del Modelo	139
9.5.	Distintas simulaciones	144
9.5.1.	Transporte de sedimentos	144
9.5.2.	Oxígeno disuelto (OD)	144
9.5.3.	Eutrofización	145
9.5.4.	Implementación del Modelo.....	145
9.5.5.	Tóxicos simples	148
9.5.6.	Químicos orgánicos	148
9.6.	Comparativa WASP/MIKE21-3.....	149
9.7.	Utilidad/aplicación de la herramienta.....	151
9.8.	Principales parámetros de entrada	151
9.9.	Resultados.....	152
9.10.	Limitaciones/incertidumbres	152
Capítulo 10.	APLICACIÓN DEL SOFTWARE AL PROYECTO	153
10.1.	QGIS.....	153
10.1.1.	Sistema de referencia y proyección.....	153
10.1.2.	Información recopilada.....	153
10.1.3.	Archivos shapefile incluidos en la base de datos de nuestro proyecto	154
10.1.4.	Generación de mapas.....	155
10.1.5.	Discusión de resultados QGIS.....	155
10.2.	WASP	158
10.2.1.	Subrutina adoptada	158



10.2.2.	Nivel de complejidad adoptado	159
10.2.3.	Nutriente limitante	159
10.2.4.	Parámetros de entorno	160
10.2.5.	Parámetros de transporte	160
10.2.6.	Escenarios	160
10.2.7.	Simulaciones en el WASP	161
10.2.8.	Modelo hidrodinámico	163
10.2.9.	Discretización (división en partes)	164
10.2.10.	Procedimiento	165
10.2.11.	Post procesador	179
10.2.12.	Discusión de resultados WASP	182
Capítulo 11.	CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN	185
Anexo 1:	.....	187
Anexo 2	.....	203
Anexo 3	.....	216
Anexo 4:	.....	220
Anexo 5	.....	221
Anexo 6	.....	222
Bibliografía	.....	225



Lista de Figuras

Figura 3-1 Distribución de Cianobacterias en la columna de agua.....	26
Figura 3-2. Coloración más frecuente del agua	27
Figura 3-3. Floraciones de cianobacterias de tipo dispersivas en distintos cuerpos de agua	28
Figura 3-4. Floraciones de cianobacterias de tipo acumulativas en la superficie de distintos cuerpos de agua.	28
Figura 3-5. Acumulaciones de algas filamentosas en la zona litoral sumergida	29
Figura 3-6. Imágenes de floraciones en cuerpos de agua y en un recipiente.	30
Figura 4-1. Aspecto de una floración de cianobacterias cuando se concentra en la costa.....	34
Figura 4-2. Concentración de cianobacterias en distintos puntos de un muestreo.....	34
Figura 4-3. Diagrama simplificado de los factores que determinan las causas de las floraciones de cianobacterias y los efectos de éstas sobre los sistemas acuáticos, su biota y sus potenciales usos (Watanabe et al., 1995).	35
Figura 5-1. 20 Países donde se observan floraciones de cianobacterias en el verano y Microcystis en la primavera (Sverck y Smith, 2004).	56
Figura 5-2. 21 Países donde se observan floraciones de cianotoxinas	58
Figura 6-1. . Distribución espacial de floraciones de cianobacterias nocivas en la República Argentina....	61
Figura 6-2. Presencia de cianobacterias en el Embalse San Roque, Córdoba.....	67
Figura 8-1. Imagen de Fluorómetro Aquafluor	83
Figura 8-2. Imagen de central receptora de sensores Xplorer GLX.....	84
Figura 8-3. Imagen de sensor para la medición de Turbiedad	84
Figura 8-4. Imagen de sensor para medir Temperatura, Presión, Velocidad del viento.....	84
Figura 8-5. Primer perfil transversal utilizado para hacer la primera campaña de prueba de los instrumentos.....	85
Figura 8-6. Transectas de muestreo de prueba realizadas en el riacho Itapé frente al balneario que lleva el mismo nombre.....	86
Figura 8-7. Perfil longitudinal de muestreo de prueba realizado en un balneario de la localidad de Chajarí	86
Figura 8-8. Perfil transversal definitivo utilizado para realizar los muestreos propios de esta investigación.	87
Figura 8-9. Imagen del estado de agitación del embalse al momento del muestreo.	87
Figura 8-10. Imagen de la coloración del agua en el embalse	87
Figura 8-11. Imagen de una cubeta de muestreo	87
Figura 8-12. Imagen de muestra obtenida.....	87
Figura 8-13. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el embalse Salto Grande	89
Figura 8-14. Representación geográfica de los puntos desde P1-SG a P10SG correspondientes a la ZONA I.....	90
Figura 8-15. Representación geográfica de los puntos desde P10-SG a P13-SG P10SG correspondientes a la ZONA II.....	90



Figura 8-16. .Representación geográfica de los puntos desde P13-SG a P19SG P10SG correspondientes a la ZONA III	90
Figura 8-17. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-SG.....	92
Figura 8-18. Muestras obtenidas en el punto P2-SG	92
Figura 8-19. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-SG.....	92
Figura 8-20. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-SG.....	92
Figura 8-21. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-SG.....	92
Figura 8-22. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-SG.....	92
Figura 8-23. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-SG.....	93
Figura 8-24. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-SG.....	93
Figura 8-25. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-SG.....	93
Figura 8-26. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-SG.....	93
Figura 8-27. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-SG.....	93
Figura 8-28. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-SG.....	93
Figura 8-29. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-SG.....	94
Figura 8-30. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-SG.....	94
Figura 8-31. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-SG.....	94
Figura 8-32. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-SG.....	94
Figura 8-33. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-SG.....	94
Figura 8-34. Muestras obtenidas en el punto P8-SG	94
Figura 8-35. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-SG.....	95
Figura 8-36. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-SG.....	95
Figura 8-37. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-SG.....	95
Figura 8-38. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-SG.....	95
Figura 8-39. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-SG.....	95
Figura 8-40. Imagen del lugar de muestreo del punto P13-SG.....	96
Figura 8-41. Imagen del lugar de muestreo del punto P14-SG.....	96
Figura 8-42. Imagen del lugar de muestreo del punto P15-SG.....	96
Figura 8-43. Imagen del lugar de muestreo del punto P16-SG.....	96
Figura 8-44. Imagen del lugar de muestreo del punto P17-SG.....	96
Figura 8-45. Imagen del lugar de muestreo del punto P18-SG.....	96
Figura 8-46. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el río Uruguay para el tramo de estudio	98
Figura 8-47. Representación geográfica de los puntos desde P1-RU a P7-RU correspondientes a la ZONA I.....	98
Figura 8-48. Representación geográfica de los puntos desde P7-RU a P10-RU correspondientes a la ZONA II.....	98
Figura 8-49. Representación geográfica de los puntos desde P10-RU a P12-RU correspondientes a la ZONA III	99



Figura 8-50. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-RU (Represa Salto Grande)	103
Figura 8-51. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-RU (Propiedad privada).....	103
Figura 8-52. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-RU (Concordia).....	103
Figura 8-53. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-RU (° Yuquerí).....	103
Figura 8-54. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-RU (Nueva Escocia).....	103
Figura 8-55. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-RU (El Palmar)	103
Figura 8-56. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-RU (A° El Palmar).....	104
Figura 8-57. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-RU (Colon)	104
Figura 8-58. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-RU (Banco Pelay).....	104
Figura 8-59. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-RU (Balneario Itape)	104
Figura 8-60. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-RU (Colonia Elías).....	104
Figura 8-61. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-RU (Ñandubaysal)	104
Figura 8-62. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el río Uruguay para el tramo de estudio	106
Figura 8-63. Representación geográfica de los puntos desde P1-01-14 a P9-01-14 correspondientes a la ZONA I	106
Figura 8-64. Representación geográfica de los puntos desde P10-01-14 a P12-01-14 correspondientes a la ZONA II.....	106
Figura 8-65. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-01-14 (Balneario Santa Ana).....	110
Figura 8-66. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-01-14 (Federación)	110
Figura 8-67. Imagen del color del agua en el lugar de muestreo del punto P3-01-14 (A° Gualaguaycito) 111	
Figura 8-68. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-01-14 (Represa Salto Grande aguas arriba)	111
Figura 8-69. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-01-14 (Represa Salto Grande aguas abajo)	111
Figura 8-70. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-01-14 (Concordia)	111
Figura 8-71. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-01-14 (Puerto Yerua)	111
Figura 8-72. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-01-14 (Liebig)	111
Figura 8-73. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-01-14 (Colon).....	112
Figura 8-74. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-01-14 (Banco Pelay)	112
Figura 8-75. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-01-14 (Balneario Itape).....	112
Figura 8-76. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-01-14 (Ñandubaysal).....	112
Figura 9-1. Estructura de capas de información georreferenciada en un SIG	121
Figura 9-2. Interpretación cartográfica vectorial (derecha) y raster (izquierda) de elementos geográficos.	122
Figura 9-3. Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN	123
Figura 9-4. Dimensión espacial de los datos en un SIG.....	124
Figura 9-5. Cálculo de una ruta óptima para vehículos entre un punto de origen (en verde) y un punto de destino (en rojo) a partir de datos del proyecto OpenStreetMap.	130
Figura 9-6. . Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de una zona de los Apeninos(Italia)	131



Figura 9-7. Interface principal QGIS	133
Figura 9-8. Añadir capa raster en QGIS	135
Figura 9-9. Añadir capa vectorial en QGIS	135
Figura 9-10. Abrir tabla de atributos en QGIS	135
Figura 9-11. Imagen de QGIS generado por GECRU	135
Figura 9-12. Interface de programas de apoyo utilizados para generar la base de datos de QGIS	137
Figura 9-13. Esquema de segmentación utilizado por software de modelación unidimensional WASP ...	138
Figura 10-1. Ilustración de la concentración de Clorofila a obtenido de MIKE 3.....	155
Figura 10-2. Ilustración de la concentración de Clorofila a obtenido de QGIS.....	156
Figura 10-3. Ilustración de concentración de clorofila a en RU obtenido en QGIS	158
Figura 10-4. Nomenclatura utilizada en WASP.....	163
Figura 10-5. Esquema de selección del recorrido en estudio.	164
Figura 10-6. Configuración de la pestaña Data Set	165
Figura 10-7. Imagen de la pestaña Print Interval.....	167
Figura 10-8. Ingreso al WASP de las características hidráulicas (parte I).....	169
Figura 10-9. Ingreso al WASP de las características hidráulicas (parte II).....	169
Figura 10-10. Imagen de ingreso de parámetros a los segmentos	170
Figura 10-11. Imagen de concentración inicial de los segmentos	170
Figura 10-12. Ingreso al WASP de las condiciones iniciales, parte II.....	170
Figura 10-13. Ingreso al WASP de las fracciones disueltas.	171
Figura 10-14. Selección de parámetros tenidos en cuenta.....	171
Figura 10-16. Interconexión de segmentos	172
Figura 10-15. Ingreso de caudales.....	172
Figura 10-17. Índice de dispersión	173
Figura 10-18. Ingreso de condiciones de borde.....	174
Figura 10-19. Ingreso de cargas másicas	174
Figura 10-20. Valores de referencia I	175
Figura 10-21. Valores de referencia II.....	175
Figura 10-22. Valores de referencia III	176
Figura 10-23. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua I	176
Figura 10-24. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua.....	176
Figura 10-25. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua III	177
Figura 10-26. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua IV	177
Figura 10-27. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua V.....	177
Figura 10-28. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua VI	178
Figura 10-29. Referencia para el cálculo de las horas de luz tanto en verano como en invierno	178
Figura 10-30. Ingreso de irradiación solar al WASP I.....	179
Figura 10-31. Ingreso de irradiación solar al WASP II	179



Figura 10-32. Pestaña de XY Parameters.....	180
Figura 10-33. Pestaña de Curve Attributes.....	180
Figura 10-34. Gráfico de XY Plot.....	181
Figura 10-35. Curva de la Clorofila A en Time, en los segmentos 1, 4, 13, 36 y 52.....	181
Figura 10-36. Curva de la Clorofila A en Segment, en los días 1/03, 5/03, 10/03, 15/03, 20/03, 25/03 y 30/03/2013.	181
Figura 10-37. Curva del Tot P en Time, en los segmentos 1, 4, 13, 36 y 52	182
Figura 10-38. Curva de la Tot P en Segment, en los días 1/03, 5/03, 10/03, 15/03, 20/03, 25/03 y 30/03/2013.	182



Lista de Gráficos

Gráfico 6-1. Distribución geográfica y porcentual del fitoplancton.....	64
Gráfico 6-2. Distribución morfológica y porcentual del fitoplancton.	64
Gráfico 6-3. Distribución del fitoplancton según el tipo de ambiente	65
Gráfico 10-1. Representación de los valores máximo, mínimo, promedio y desvío estándar (líneas verticales) de los valores de concentración de clorofila a en las entrantes y salientes.....	157
Gráfico 10-2. Concentración de Clorofila a en el embalse y el río Uruguay.	157



Lista de Tablas

Tabla 2-1. Clasificación de Cianobacterias [1].....	21
Tabla 3-1. Guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias, (primera parte).....	29
Tabla 3-2. Guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias (segunda parte).....	30
Tabla 4-1. Guía de la OMS para cianobacterias en fuentes de abastecimiento de agua potable. (Chorus y Bartram, 1999).	39
Tabla 4-2. Criterios ecológicos para fuentes de abastecimiento de agua potable. (CNA, 2005).	40
Tabla 5-1. Reportes de intoxicación por cianobacterias en aguas recreativas (Stewart et al. 2004)	54
Tabla 5-2. Reportes de intoxicaciones por cianobacterias en aguas de contacto directo y recreativas (Codd, 2000)	55
Tabla 5-3. Reportes de intoxicación por cianobacterias en agua potable (Cood, 2000; Höger, 2003)	58
Tabla 6-1. Principales características limnológicas de los lagos y embalses estudiados, numero de ambientes en cada distrito	63
Tabla 6-2. Principales características medidas del fitoplancton de los lagos y embalses estudiados, # número de ambientes en cada distrito.....	63
Tabla 8-1. Nomenclatura utilizada para identificar los parámetros muestreados.	91
Tabla 8-2. Tabla de resultados del punto P1-RU.....	99
Tabla 8-3. Tabla de resultados del punto P2-RU.....	100
Tabla 8-4. Tabla de resultados del punto P3-RU.....	100
Tabla 8-5. Tabla de resultados del punto P4-RU.....	100
Tabla 8-6. Tabla de resultados del punto P5-RU.....	100
Tabla 8-7. Tabla de resultados del punto P6-RU.....	101
Tabla 8-8. Tabla de resultados del punto P7-RU.....	101
Tabla 8-9. Tabla de resultados del punto P8-RU.....	101
Tabla 8-10. Tabla de resultados del punto P9-RU.....	101
Tabla 8-11. Tabla de resultados del punto P10-RU.....	102
Tabla 8-12. Tabla de resultados del punto P11-RU.....	102
Tabla 8-13. Tabla de resultados del punto P12-RU.....	102
Tabla 8-14. Resumen de resultados de los muestreos realizados el 5-5-2013	102
Tabla 8-15. Tabla de resultados del punto P1-01-14	107
Tabla 8-16. Tabla de resultados del punto P2-01-14	107
Tabla 8-17. Tabla de resultados del punto P3-01-14	107
Tabla 8-18. Tabla de resultados del punto P4-01-14	108
Tabla 8-19. Tabla de resultados del punto P5-01-14	108
Tabla 8-20. Tabla de resultados del punto P6-01-14	108
Tabla 8-21. Tabla de resultados del punto P7-01-14	108
Tabla 8-22. Tabla de resultados del punto P8-01-14	109
Tabla 8-23. Tabla de resultados del punto P9-01-14	109



Tabla 8-24. Tabla de resultados del punto P10-01-14	109
Tabla 8-25. Tabla de resultados del punto P11-01-14	109
Tabla 8-26. Tabla de resultados del punto P12-01-14	110
Tabla 8-27. Resumen de resultados de los muestreos realizados el 26-01-2014	110
Tabla 9-1. Ventajas de los modelos raster y vectorial en un SIG	125
Tabla 9-2. Desventajas de los modelos raster y vectorial en un SIG.....	126
Tabla 9-3. Situaciones de Corrida.....	142
Tabla 9-4. Parámetros Ambientales.....	145
Tabla 9-5. Parámetros de Transporte.....	146
Tabla -9-6. Comparación WASP/MIKE21-3	151
Tabla 10-1. Valores de muestreo realizado en el embalse Salto Grande	156
Tabla 10-2. Datos para el cálculo de volúmenes que luego serán ingresados a WASP	167
Tabla 10-3. Cálculo de segmentos en Excel que luego serán ingresados a WASP	168
Tabla 10-4. Datos correspondientes a los segmentos	168



Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

Las aguas superficiales de ríos y lagos son fuentes importantes de abastecimiento de agua, por ello, normalmente soportan altas tasas de extracción. Los ríos poseen la característica de presentar cambios rápidos en su calidad, debido a que las variaciones de flujo (producto de la precipitación pluvial), arrastran y resuspenden sólidos. Los lagos y embalses en cambio, poseen la característica de que su calidad se ve modificada en forma gradual y menos drástica, a causa del poco movimiento del agua; por esta característica se pueden contaminar fácilmente, tienen una alta actividad biológica (microorganismos), asociada al color, materia orgánica y material flotante en dichos cuerpos. Uno de los miembros más comunes de la comunidad fitoplanctónica en aguas superficiales son las cianobacterias que, a diferencia de otras bacterias, realizan el proceso de fotosíntesis y por lo tanto, se asemejan a las algas, contienen pigmentos azul-verdosos, verdes y rojos, razón por la cual se les conoce como algas verde azules (Humm y Wicks, 1980; Lindstöm et al., 2005).

La provincia de Entre Ríos, por las características geográficas que la representan, está íntimamente vinculada con las actividades propias de los grandes cursos de aguas; en este caso de estudio, en contacto con el río Uruguay.

La calidad de agua para las ciudades ribereñas es uno de los factores más importantes que condicionan la vida de las poblaciones, como principales usos tienen el consumo humano, la recreación de los pobladores y el uso como cuerpo receptor de los efluentes líquidos generados por la población por lo tanto resulta vital el estudio de este recurso natural.

La alteración que genera la actividad humana respecto del medio donde se desarrolla se conoce como impacto ambiental. Este puede dar como resultado un cambio positivo o negativo en el ambiente, determinando así en qué grado afecta dicha actividad al entorno donde el hombre vive. Por este motivo, en el marco del proyecto que lleva adelante el Grupo de Estudio de la Cuenca del Río Uruguay (GECRU), se han realizado estudios sobre calidad de agua en busca de determinar el impacto generado por las floraciones algales.

Como punto de partida para el inicio de nuestro trabajo de investigación, enmarcados en el trabajo conjunto con los coordinadores del grupo y contando con el apoyo de las herramientas informáticas y tecnológicas aportadas por ellos, nos proponemos estudiar, planificar, establecer metodologías e implementar un modelo unidimensional, que se aplique adecuadamente a la problemática de las floraciones algales en el Río Uruguay, evaluando especialmente indicadores de la calidad del agua en los tramos cercanos a tomas de agua de las ciudades ribereñas y balnearios turísticos.

Los principales problemas relacionados con las cianobacterias son: obstrucción de conductos y equipos, como ocurre en los filtros de arena, producción de metabolitos, usualmente generadores de compuestos que producen olor y sabor terroso-mohoso y de toxinas que pueden representar un riesgo potencial para la salud humana y para los animales, si se consume el agua contaminada por estos compuestos o se mantiene un contacto prolongado con ella.

Las cianobacterias y sus metabolitos son miembros comunes del fitoplancton de agua dulce en aguas superficiales y causan de manera indirecta, el agotamiento del oxígeno contenido en las aguas naturales y como efecto primario la eutrofización. El efecto



secundario incluye la muerte paulatina de los organismos acuáticos con una colonización total del cuerpo de agua que eventualmente se convertirá en un pantano, para finalmente desaparecer (Hammer, 1996).

Realizamos muestreos de parámetros de calidad de agua a lo largo del río Uruguay en el tramo desde Concordia-Salto hasta Gualeguaychú-Fray Bentos. Estos fueron realizados con el fin de contar con parámetros que permitan ajustar la modelación matemática para poder emplearla en forma predictiva con mayor confianza.

1.1. **Objetivos**

Los objetivos generales de esta línea de investigación son el estudio y evaluación de la dispersión y concentración de nutrientes y parámetros indicadores de calidad de aguas, durante eventos extraordinarios de floración algal sobre el río Uruguay, en el tramo Concordia-Salto a Gualeguaychú-Fray Bentos, debido principalmente a las descargas puntuales y distribuidas provenientes de aguas residuales domésticas que son vertidas directa o indirectamente al sistema acuático.

Para cumplir con los objetivos propuestos realizamos las siguientes actividades.

Estudiar la evolución de la calidad del agua en el río Uruguay durante sucesos extraordinarios de crecimiento, multiplicación y acumulación algal (blooms), mediante el empleo de un modelo unidimensional adecuado.

Crear un antecedente de utilización del WASP aplicado al río Uruguay como una etapa inicial en la línea de esta investigación abordada por el grupo GECRU.

Plantear escenarios e hipótesis posibles sobre las condiciones de aporte de nutrientes, caudales fluviales y condiciones meteorológicas que se pudieran presentar simultáneamente generando floraciones algales severas.

Evaluar comparativamente la incidencia que tienen los aportes en ruta del tramo del río Uruguay aguas abajo de la represa de Salto Grande, con los aportes que provienen del embalse, generados por la cuenca superior del río.

Generar una base de datos georreferenciada utilizando un sistema GIS constituyendo de esta forma una valiosa herramienta de almacenamiento y gestión de la información.

1.2. **Alcance**

Realizar el análisis de los distintos muestreos en los tramos cercanos a tomas de agua de las ciudades ribereñas y balnearios turísticos con la correspondiente modelación matemática para establecer la relación causa- efecto y las posibles soluciones a las problemáticas encontradas con el fin de lograr una mejora en las condiciones de calidad de las aguas del río



1.3. Metodología de estudio

Para esta investigación utilizamos el método científico como metodología de estudio con las herramientas teóricas disponibles en el campo de la Ingeniería Hidráulica.

El análisis de la realidad actual en el contexto regional, nacional y mundial, en cuanto a la amplia cantidad de casos derivados de la presencia de algas en los cursos de agua nos lleva a tratar esta problemática que afecta a la salud de la población en general y a las especies tanto animales como vegetales.

Pretendemos demostrar la importancia de la actividad humana en el ámbito doméstico, industrial, agrícola y ganadero de incumbencia privada y estatal en la calidad del agua en los cursos fluviales.

Utilizamos estrategias de investigación experimental registrando los hechos y fenómenos observados. Se obtienen conocimientos a través de la investigación exploratoria y explicativa de los fenómenos que se producen en la naturaleza.

La recopilación de la información se realiza mediante muestreos en puntos específicos de las corrientes de agua a analizar; esto se compara con los parámetros teóricos y empíricos disponibles. Con los registros obtenidos de los muestreos se genera una base de datos georreferenciada que posibilita una lectura más real y detallada de las condiciones presentes en el momento del análisis.

A través de la modelación matemática, utilizando el software específico, se obtienen predicciones del estado del curso de agua estudiado de acuerdo a las variaciones de los parámetros intervinientes.

De la evaluación de los resultados, se obtiene una conclusión de la situación elaborando el informe correspondiente.

1.4. Justificación

El Grupo de Estudio de la Cuenca del Río Uruguay del cual formamos parte lleva adelante proyectos de investigación sobre la calidad del agua de este recurso hídrico. Se realiza el análisis en proceso de las condiciones en las que se encuentran las aguas producto de las acciones humanas a través de sus actividades empresariales y particulares.

Es necesario brindar herramientas a la comunidad para la concientización del cuidado del medio ambiente a través de los organismos municipales, provinciales y nacionales, como instituciones educativas, comisiones específicas, prensa, entre otras, dando a conocer resultados de estudios, relevamientos, conclusiones y reglamentaciones establecidas para tal fin.

En base a esto, este equipo de trabajo encuentra el incentivo necesario para llevar adelante esta investigación en beneficio de la calidad de vida de los habitantes y en forma particular de quienes habitan las zonas ribereñas del Río Uruguay.



1.5. Síntesis del contenido

Este trabajo de investigación contiene definiciones, información y resultados, donde se aborda la teoría sobre cianobacterias: su impacto en ambientes acuáticos.

En el Marco Teórico se desarrolla la presentación del problema y análisis general en lo que enmarca al contexto mundial, contexto continental, contexto Nacional.

Se estudia la zona específica donde se tiene en cuenta una serie de factores:

- ✓ Ubicación
- ✓ Relieve
- ✓ Clima
- ✓ Actividad característica
- ✓ Centros turísticos
- ✓ Agua de consumo
- ✓ Características hidrográficas

Para llevar a cabo el muestreo y análisis:

- ✓ Herramienta a utilizar
- ✓ Métodos
- ✓ Parámetros a analizar
- ✓ Lugares designados para el muestreo
- ✓ Análisis de los resultados

Georreferenciación y base de datos:

- ✓ Programa empleado
- ✓ Descripción del programa
- ✓ Resultados y previsión

Modelación:

- ✓ Programa empleado
- ✓ Descripción del programa
- ✓ Resultados y previsión



Capítulo 2. MARCO TEORICO

2.1. Presentación del problema y análisis general

Las floraciones de microalgas, también conocidas como “blooms”, son eventos de multiplicación y acumulación de estos organismos planctónicos. Son fenómenos naturales que ocurren ante determinadas condiciones ambientales que favorecen el crecimiento de algunas especies más que otras. El importante incremento en la frecuencia de aparición y duración de estos fenómenos a escala mundial está fuertemente asociado al incremento de las condiciones de eutrofización de los cuerpos de agua (Hallegraeff, 1992; Paerl, 1996) más que al efecto del calentamiento global, fenómeno que también incide.

Las aguas con alto contenido de nutrientes (eutrofizadas) u otros residuos químicos (contaminadas) alteran la composición de la biota que albergan. Una de las respuestas inmediatas y evidentes es la disminución de la diversidad de las comunidades, favoreciendo el incremento de algunas especies más aptas para crecer en estas condiciones especiales. Las floraciones son una consecuencia de la eutrofización y pueden ser desarrolladas por diversas especies de fitoplancton pertenecientes a las Clases Bacillariophyceae (diatomeas), Chlorophyceae (algas verdes), Dinophyceae (dinoflagelados), Chrysophyceae, Cryptophyceae o Cyanophyceae (cianobacterias).

Las cianobacterias fueron designadas durante mucho tiempo como cianofitas (Cyanophyta, algas azul-verdes) o cianofíceas (Cyanophyceae), son organismos procarióticos, autótrofos, fotosintéticos y se clasifican como bacterias Gram negativas (Stewart et al., 2004). Es muy probable que las cianobacterias hayan sido los primeros seres que, siendo aerobios, contribuyeron (gracias a la fotosíntesis) a la formación del oxígeno en la tierra, y por tanto, son los responsables del cambio atmosférico (Bergfeld et al., 2006).

La diversidad morfológica de las cianobacterias es amplia. Se conocen formas unicelulares y filamentosas. Se pueden clasificar en cinco grupos morfológicos:

La Tabla 2-1 ilustra estos grupos, su morfología, tipo de reproducción, orden y los géneros más representativos.

- ✓ Unicelulares o cenobios que se dividen por fisión binaria.
- ✓ Unicelulares o cenobios que se dividen por fisión múltiple (colonial).
- ✓ Filamentosas sin heterocistos.
- ✓ Filamentosas con células especiales fijadoras de nitrógeno o heterocistos.
- ✓ Filamentosas ramificadas.



Grupo	Morfología	Reproducción	Orden	Géneros más representativos
I	Unicelulares o Cenobios	Fisión Binaria	CHROOCOCCALES	CYANOTHECE, CHROOCOCCUS, GLOBACTER, GLOETHECE, GLOECPASA, MERISMOPEdia, MYCROCISTIS, SYNECHOCOCCUS, SYNECHOCYSTIS
II	Filamentosas sin heteróclitos	Fisión Múltiple	CHAMAESIPHNALES	CHAMAESIPHON, CHROOCOCCIDIOPSIS, DEMORCARPA, DERMOCARPELLA
			PLEUROCAPSALES	HYELLA, MYXOSARCINA, PLEUROCAPSA, XENOCOCCUS
III	Filamentosas sin heteróclitos	Fragmentación Tricromía	NOSTOCALES	ARTHROSPIRA, LYNGYBA, MICROCOLEUS, OSCILATORIA, PLECTONEMA, PHORMIDIUM, PSEUDANABAENA, SPIRULINA
IV	Filamentosas que producen heterocitas	Fragmentación Tricromía	NOSTOCEAE	ANABAENA, APHANIZOMENON, CYANODROSPERUM, CYLINDROSPERMOPSIS, NODULARIA, NOSTOC
			RIVULARIACEAE	CALOTHRIX, DICHOTHRIX, GLOEA, RIVULARIA
			SCYTONEMATAEAE	SCYTONEMA, TOLYPOTHRUX
V	Filamentosas ramificadas	Fragmentación Tricromía	STIGONEMATALES	CHOROGLOEOPSIS, HAPALOSIPHON, FISCHERELLA, MASTIGOCOLEUS, NOSTOCHOPSIS, STIGONEMA, WESTIELLA

Tabla 2-1. Clasificación de Cianobacterias [1]

En aguas dulces el término "alga" se refiere a un grupo muy diverso de organismos foto autótrofos, procariotas o eucariotas, en general microscópicos, que se encuentran dispersos en la masa de agua constituyendo el fitoplancton o adheridos a algún sustrato (perifiton) o integrando las comunidades del fondo (bentos). Comprende a los talófitos y protistas con clorofila, así como a sus derivados no pigmentados, cuyos órganos de reproducción no están envueltos por un conjunto de células estériles [2].

En general a las algas se las clasifica de acuerdo a los pigmentos y otras características: algas verde azules, verdes, doradas, rojas y pardas. Entre ellas, las Cianobacterias en agua dulce y los dinoflagelados (organismos en general unicelulares y móviles por dos flagelos) en el mar, se han destacado por la capacidad de reproducirse rápidamente y originar floraciones tóxicas.

Las Cianobacterias, Cianophita, Cianoprokariota o algas verde azules son organismos procariotas, autótrofos, que realizan fotosíntesis con liberación de oxígeno al igual que las plantas superiores. Se encuentran entre los seres vivos más primitivos cuyo origen se estima en unos 3500 millones de años desde el surgimiento de la vida en la tierra.

Las células de las Cianobacterias no presentan núcleo delimitado por carecer de una membrana nuclear y el color verde azulado se debe a la presencia de pigmentos especiales como las ficobilinas que suelen enmascarar el color verde de la clorofila-a.

Las Cianobacterias son productores primarios de la comunidad planctónica, el carbono orgánico y la energía producida por ellas durante la fotosíntesis son transferidas a otros organismos a través de las cadenas alimentarias. El tamaño de sus células varía desde 0,5 micrones, similar al de las bacterias, hasta células grandes próximas a 40 micrones.

Se incluyen dentro de este grupo aproximadamente 2400 especies, comprende formas unicelulares, coloniales o filamentosas, provistas o no de una vaina mucuagosa, muchas de



ellas presentan vesículas de gas o aerótropos, que les permiten regular su profundidad en la columna de agua y un mejor acceso a la disponibilidad de luz y nutrientes.

Se distribuyen en los más variados hábitats, agua dulce, salobre o marina; en ambientes extremos: aguas termales, nieve o desiertos.

Los ecosistemas de agua dulce son los ambientes en los que puede hallarse la mayor riqueza específica e incluso la mayor diversidad de adaptaciones al medio, encontrando organismos libremente flotantes formando parte del fitoplancton; adheridos a sustratos vegetales o formando parte del fitobentos e incluso a sustratos inorgánicos (bioderma).

Algunas Cianobacterias, tienen la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, fundamentalmente en los organismos heterocistinosos, lo que favorece su desarrollo masivo en ambientes con baja relación nitrógeno/fósforo.

Las Cianobacterias, bajo ciertas condiciones ambientales, como: temperaturas elevadas, alta carga de nutrientes, baja relación N:P, PH alcalino, capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, presencia de vesículas de gas, capacidad para crecer y reproducirse bajo distintas condiciones de luz, calma ambiental, bajo caudal, entre otras, resultan un grupo competitivamente exitoso en relación a otros del fitoplancton. Estas características posibilitan la formación de densas poblaciones que pueden ser evidentes por acumulación en la superficie del agua, siendo detectables a simple vista y pudiendo producir un cambio de color en el agua. A estas proliferaciones se las conoce con el nombre de floraciones, blooms algales o desarrollos masivos.

Estos fenómenos, especialmente los de especies que poseen aerótropos, pueden agruparse en la superficie formando espumas o "natas", las cuales pueden ser transportadas por el viento y acumularse en las orillas, constituyendo aglomeraciones muy densas que lucen como pintura o gelatina azul verdosa. Sin embargo, no siempre las floraciones son visibles, ya que algunas poblaciones pueden presentarse dispersas en toda la masa de agua y/o concentrarse a cierta profundidad, por lo que no resultan evidentes. Por otra parte, se han registrado floraciones de Cianobacterias en aguas con escasez de nutrientes, como en determinados lagos alpinos.

Las formas planctónicas productoras de floraciones de aparición más frecuente, son las especies coloniales que presentan aerótropos y pueden efectuar migraciones en la columna de agua, entre ellas el género *Microcystis*, especialmente *Microcystis aeruginosa* es la más ampliamente distribuida a nivel mundial. También en este grupo se destacan *Aphanocapsa*, *Woronichinia*, *Snoweii*, *Coeiosphaerium*, y *Gomphosphaeria*. Entre las formas filamentosas los géneros más conocidos son *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Raphidiopsis*, *Cyindrospermopsis*, *Nodularia*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Pseudanabaena*, *Phormidium* y *Planktophrix*.

En el caso de aguas utilizadas para el abastecimiento público y/o para recreación, la floración puede ser definida en términos de la concentración de células que resultan perjudiciales para la salud pública. En este caso, algunos autores consideran floración a la ocurrencia de más de 20000 células por mililitro de una población o más de 10 mg/m³ de clorofila con dominancia de Cianobacterias [3][4].

La ocurrencia de floraciones es generalmente más frecuente desde mediados de primavera hasta mediados de otoño. El viento persistente, condiciones de turbulencia o el



aumento del flujo (caudal) inducen a la desestratificación y mezcla del agua, lo que provoca que la floración pueda desintegrarse rápidamente.

Los problemas de cambios de características organolépticas del agua, son causados por varios compuestos solubles liberados por las Cianobacterias, entre ellos, la geosmina y el metilisoborneol (MIB) otorgan al agua olor a tierra, moho o a un conocido insecticida "gamexane". Estos metabolitos volátiles son identificados como los responsables de la mayoría de episodios nocivos de presencia de olores y sabores desagradables en cuerpos de agua, fundamentalmente en aquellos utilizados para abastecimiento de agua potable y en estanques para piscicultura. Cuando estas sustancias son liberadas al agua, son absorbidas rápidamente por los peces y suelen acumularse en los tejidos grasos, proporcionándoles los conocidos sabores mohosos, terrosos o arbolados.

Las floraciones afectan la calidad del agua, los recursos pesqueros, animales y la salud humana. Además, alteran el equilibrio acuático y las cadenas tróficas producen excesiva biomasa, inhiben la capacidad foto-sintética de otras algas por el sombreado, producen toxinas, sabor y olor desagradable, hipoxia, lo que afecta a otros organismos consumidores por la escasa disponibilidad de oxígeno para la respiración. Su crecimiento y muerte provoca un aumento de la materia orgánica en los ambientes acuáticos, cuya descomposición disminuye el oxígeno disuelto, pudiendo ocasionar la muerte de peces y otros organismos. Por otra parte, estos fenómenos, ejercen un fuerte impacto sobre la economía humana, ya que provocan la disminución del aprovechamiento del ecosistema acuático, por interferir con su posible uso recreacional (baño, pesca, actividades deportivas) o para consumo (potabilización).

Las cianotoxinas son clasificadas, farmacológicamente, por los efectos perjudiciales que causan tanto a seres humanos como a los animales. Las más relevantes son las neurotoxinas, las hepatotoxinas y las dermatotoxmas. Por convención y según la Organización Mundial de la Salud, toda floración de Cianobacterias debe ser considerada, en principio, como potencialmente tóxica[4].

Las toxinas son liberadas al medio por ruptura de la pared celular debido a la muerte de las células, como consecuencia del uso de alguicidas o por senescencia de la floración. Ellas pueden causar una rápida mortalidad del zooplancton herbívoro, así como efectos crónicos sobre el crecimiento y reproducción de estos organismos.

Las cianotoxinas se pueden acumular en los consumidores, incluyendo: almejas, cangrejos de agua dulce, zooplancton, peces; en aves y mamíferos que beben en aguas con presencia de cianotoxinas suele observarse serios trastornos, incluso la muerte. Al hombre pueden afectarlo tanto por el contacto como por la ingesta de la misma. Las mortandades de peces y animales originadas por floraciones de Cianobacterias son fenómenos recurrentes en ambientes de Argentina, sin embargo, los casos documentados son escasos, entre ellos podemos citar: la mortandad de miles de patos registrada en la Laguna Bedetti (provincia de Santa Fe), de peces y animales en la Laguna San Miguel del Monte, de ganado vacuno en la localidad de Goyena; de aves silvestres y vacas en la Laguna Portmann, (cuenca inferior del río Salado); de peces en dos lagunas de Buenos Aires.

En la ciudad de Santa Fe, en el Lago del Parque General Belgrano se registró una floración de *Microcystis aeruginosa* (verano 1973/1974) que provocó, mortandad masiva de peces, dermatitis, conjuntivitis, otitis y trastornos gastrointestinales en los bañistas.



La eutrofización cultural, artificial o antropogénica es causada por el vertido de efluentes domésticos, industriales y de la descarga de fertilizantes utilizados en la agricultura, que acelera el proceso de enriquecimiento tanto de las aguas superficiales como subterráneas.

Los ambientes acuáticos reciben diferentes denominaciones según la concentración de nutrientes y la producción primaria (densidad y biomasa de algas) que presentan:

- ✓ Oligotrófico: aguas claras, baja concentración de nutrientes, poco desarrollo planctónico, baja productividad, pocas plantas acuáticas, elevada concentración de oxígeno disuelto.
- ✓ Mesotrófico: moderado enriquecimiento con nutrientes, escasa acumulación de sedimentos en la mayor parte del fondo.
- ✓ Eutrófico: elevado enriquecimiento con nutrientes y crecimiento planctónico, alta productividad en relación a las condiciones naturales, baja transparencia, extensas áreas cubierta con plantas acuáticas, gran acumulación de sedimentos en el fondo, bajos niveles de oxígeno disuelto en el fondo, interferencias en los usos múltiples del agua.
- ✓ Hipereutrófico: cuerpo de agua significativamente afectado por las elevadas concentraciones de materia orgánica y nutrientes, floraciones de algas, mortandad de peces, con limitaciones en sus usos.

Las Cianobacterias están ampliamente distribuidas en nuestro país y en el mundo. En los últimos años se registró una serie de floraciones de Cianobacterias toxígenas, principalmente *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena spiroides* y *A. circinalis*, en distintos sistemas fluviales del país, Río de la Plata, Río Uruguay, embalse de Salto Grande, Río Paraná, embalse de Yacyretá, embalses de la región semiárida de Córdoba, y en diversos ambientes del Chaco, entre otros.

Sin embargo, el monitoreo y control de las fuentes de agua potable (ríos, embalses, lagunas) para detectar la presencia de Cianobacterias nocivas y sus toxinas no es todavía una práctica común en Argentina. En general, no existen normativas en materia de calidad del agua que contemple la obligatoriedad del recuento de Cianobacterias y de medición de la concentración de toxinas en agua potable. Por lo tanto, la incertidumbre relacionada con la presencia de Cianobacterias y sus toxinas en el agua utilizada para el consumo humano, en nuestro país, es alta.

2.2. Introducción al reconocimiento de las Cianobacterias

En primer lugar las Cianobacterias se caracterizan por su color verde azulado, esto se debe a los pigmentos tipo ficobilinas, especialmente la ficocianina que enmascaran el color verde de la clorofila.

En el ambiente es importante el examen visual en la masa de agua para reconocer cualquier cambio, fundamentalmente de color, aparición de "espumas" o "natas" en la superficie, de olores desagradables mortandad de peces.

Las células de las Cianobacterias se pueden diferenciar de las algas eucariotas porque (al observarlas en un microscopio óptico) no presentan plastas, los pigmentos y demás componentes celulares están dispersos en el protoplasma. Las Cianobacterias muestran una considerable diversidad morfológica, el tamaño de las células varía entre 0,5 y 40



micrones, el talo puede ser unicelular (como *Synechococcus*), colonial (*Microcystis*) o filamentoso (*Anabaena*, *Oscillatoria*, *Cyindrospermopsis*).

Los organismos cocales unicelulares pueden presentar forma esférica, elíptica, alargada, fusiforme. Las células pueden tener o no una envoltura gelatinosa, simple o estratificada. Los pluricelulares (colonias) pueden estar formadas por pocas células (2- 16) o centenares y pueden presentar una morfología muy variada, redondas, alargadas, irregulares, cúbicas, generalmente rodeadas por un mucílago homogéneo o estratificado, en general hialino, incoloro.

Las especies filamentosas tienen, en general, un grado de diferenciación mayor que las coloniales. Los filamentos pueden ser simples o presentar ramificaciones microscópicas o formar masas macroscópicas sobre el sustrato o flotando en el agua.

El término tricoma es utilizado para denominar el conjunto de células dispuestas linealmente y filamento para el conjunto de vaina mucilaginosa y tricoma. La vaina puede contener uno o varios tricomas.

Los tricomas pueden presentar una organización celular homogénea, con un sólo tipo de morfología celular o presentar algunas células diferenciadas como las células terminales hialinas en forma de pelo. En el mismo sentido, podemos encontrar organismos estructurados solo por células vegetativas o presentar células modificadas: los heterocistos y/o los acinetas.

En los heterocistos ocurre la fijación de nitrógeno atmosférico, se originan a partir de una célula vegetativa que pierde su contenido, espesa sus paredes y forma unos poros en los extremos que le permiten la comunicación con las células vegetativas vecinas (nódulos polares). La formación de los heterocistos está correlacionada con la concentración de nitrógeno en el agua.

Cuando las condiciones del medio no son favorables algunas especies producen estructuras denominadas acinetas, a partir de células vegetativas. Estas células de resistencia o esporos, con paredes gruesas, donde se acumulan reservas proteicas (cianoficina), soportan la desecación y pueden persistir en los sedimentos por muchos años y al restablecerse las condiciones germinan dando origen a una nueva población.

En el Anexo 1, se presenta una descripción detallada de la clasificación científica de las Cianobacterias

Capítulo 3. RECONOCIMIENTO DE FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS.

El primer contacto del usuario de un cuerpo de agua durante una floración de cianobacterias es generalmente olfativo y/o visual. En general la población o técnicos relacionados a la gestión del agua no cuentan con información simple que sirva de orientación primaria frente a un problema potencial de floraciones. Esto lleva muchas veces a confundir el fenómeno que se está observando o a no informar a las autoridades competentes. Se puede obtener información a través de dos tablas que deben ser usadas en forma complementaria, puede ser muy útil en programas de educación u orientación para facilitar el reconocimiento de floraciones potenciales de cianobacterias por parte de la población afectada (Chorus & Bartram 1999; Leitão & Couté 2005). Además, el uso de este tipo de guía por parte de los usuarios puede facilitar la relación con los entes responsables de la gestión y preservación del agua, mejorando la comunicación y acortando los tiempos de respuesta. Se debe destacar que los resultados primarios que se obtengan de este tipo de evaluación primaria siempre deben confirmarse con un muestreo apropiado y un análisis posterior en microscopio por técnicos capacitados.

Las cianobacterias confieren al cuerpo de agua una coloración característica que varía desde el verde-azulado al verde pálido. Sin embargo, además de las cianobacterias, algunas algas eucariotas fitoplanctónicas pueden desarrollar floraciones que colorean el agua con diversos tonos de verdes, marrones o rojizos, también plantas acuáticas de pequeño tamaño o algas filamentosas adheridas a sustratos que pueden colorean el agua, las manchas o coloraciones pueden ser causadas por floraciones de cianobacterias o por otros organismos, que podría confundir a simple vista sobre qué fenómeno se observa.

Según la especie dominante en la floración de cianobacterias los organismos pueden acumularse a diferentes profundidades o mantenerse dispersos en la columna de agua (Figura 3-1).

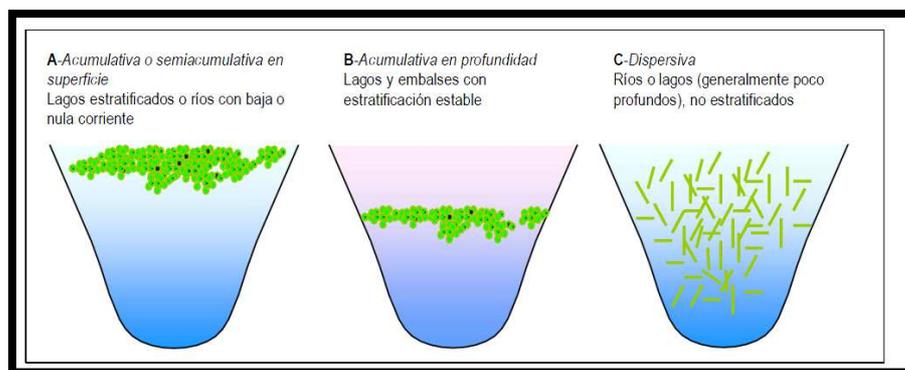


Figura 3-1 Distribución de Cianobacterias en la columna de agua

En la Figura 3-1 se indica en qué tipo de sistema y condición aparece cada forma de distribución.

A: acumulativa o semi-acumulativa en superficie.

B: acumulativa en profundidad y

C: dispersa en toda la columna de agua. Las floraciones semi-acumulativas tienen el mismo aspecto que las acumulativas.

Algunas especies de cianobacterias pueden regular su posición debido a las vacuolas de gas que poseen, situándose a la profundidad más favorable para su desarrollo (Chorus & Bartram 1999; Oliver & Ganf 2000) lo que puede variar a lo largo del día (migraciones verticales). Es frecuente observarlas en la superficie de lagos o ríos (en zonas litorales con corriente baja o nula) (Figura 3-1 A) siendo evidentes a simple vista como manchas o cúmulos de color verde. Este tipo de floración es muy común durante el período estival en cuerpos de agua de nuestro país (ejemplo: bahías de ríos y lagos). Algunos representantes de este grupo son: *Microcystis* spp., *Anabaena* spp. y *Aphanizomenon* spp. En los cuerpos de agua con una estratificación estable, algunas especies se acumulan en el metalimnio (ej.: *Planktothrix rubescens* que le da un color rojizo al agua) dificultando su visualización desde la superficie. Este fenómeno, que no se ha registrado en el Río Uruguay, se presenta generalmente en lagos o embalses profundos y con buena penetración de la luz. Finalmente, otras especies, principalmente filamentosas (*Planktothrix agardhii*, *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Limnospira* sp., *Raphidiopsis* sp.) se dispersan en toda la columna de agua, dando una coloración verdosa y un aspecto más homogéneo, este caso es común en lagos someros (menores de 4 m de profundidad) o de profundidades medias (10m) que no presentan estratificación de la columna de agua. En su mayoría, los cuerpos de agua de la República Oriental del Uruguay tienen estas características por lo tanto, el aspecto general de un sistema acuático con floraciones de cianobacterias puede variar siendo necesario realizar una observación guiada que contemple estos casos.

La Tabla 3-1 que se presenta más adelante busca orientar al usuario en su primer contacto con el cuerpo de agua[5].

Luego de la observación del mismo, se debe tomar una muestra de la zona afectada en un recipiente transparente para observar el fenómeno con mayor proximidad y detención siguiendo la Tabla 3-2 también presentada más adelante.

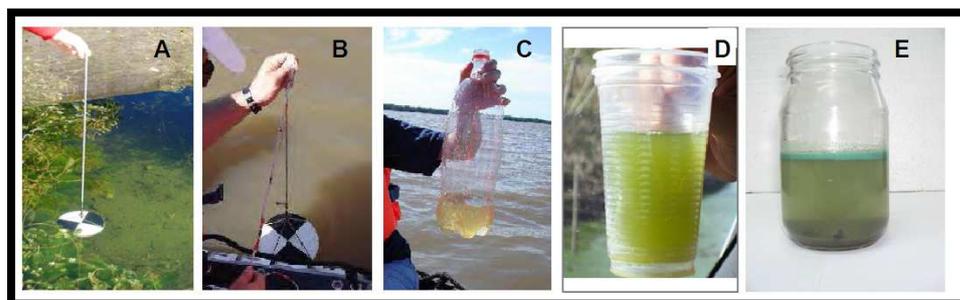


Figura 3-2. Coloración más frecuente del agua

A- agua transparente.

B y C- agua turbia debido a la presencia de partículas inorgánicas o microalgas de color marrón.

D- agua turbia con floración de cianobacterias dispersivas.

E- cianobacterias acumulativas.



Figura 3-3. Floraciones de cianobacterias de tipo dispersivas en distintos cuerpos de agua

A- en un lago urbano

B- en un arroyo.

C- en un embalse

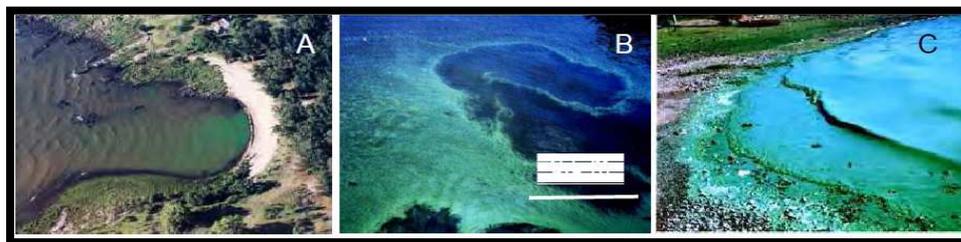


Figura 3-4. Floraciones de cianobacterias de tipo acumulativas en la superficie de distintos cuerpos de agua.

A: Foto aérea de la formación de una mancha costera acumulada por el viento y las corrientes superficiales.

B: Mancha superficial acumulada en un sistema lentic.

C: Mancha densa formando espuma en la zona litoral de un embalse

A continuación la Tabla 3-1 (primera parte) brinda una guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias en terreno. La guía se puede aplicar en cuerpos de agua continental, en función de la coloración más frecuente del agua. La probabilidad de estar frente a una floración aumenta desde la columna 1 (muy poco probable). Las columnas 3 y 4 se refieren a situaciones donde se pueden presentar floraciones de cianobacterias

Color del agua	1 Sin coloración, transparente	2 Marrón a rojizo	3 Diversos tonos de verde	4 Verde azulado o esmeralda esmeralda
Intensidad de la coloración	Transparente (fig. 3.2 A)	Pálido, difuso e intenso (fig.3.2 B y C)	Pálido a intenso (fig. 3.2 D)	Brillante intenso (fig.3.2 E)
Aspecto del agua	Transparente. Pueden observarse acumulaciones vegetales o parches en la zona litoral sumergida (orilla) como matas o pelos adheridos al suelo o las rocas.	Turbia, homogénea, coloreada. El agua puede parecer "espesa".	Turbia, homogénea o con manchas evidentes, en toda la columna de agua (fig. 3.3).	Turbia, con gránulos tipo yerba, o acúmulos dispersos que forman manchas, o una película densa espesa (1 a 50 cm) (fig.8.4). Acumulación en sector protegido*, o cobertura de toda la superficie del agua.
Olor del agua	Sin olor	Sin olor	Posible olor a tierra o pesticida	Posible olor a tierra o pesticida
Probabilidad de una floración de cianobacterias	NULA O MUY BAJA	NULA O MUY BAJA	MEDIA A ALTA	ALTA A MUY ALTA
Organismos o partículas que pueden predominar	a) Escasas micro algas del fitoplancton b) Plantas acuáticas sumergidas c) Algas adheridas a sustratos (perifiton) (fig. 3.5)	a) Micro algas del fitoplancton como diatomeas o dinoflagelados b) Partículas inorgánicas en suspensión (ej. arcillas) (fig.3.2 B y C)	a) Cianobacterias b) Abundantes micro algas del fitoplancton (ej. algas verdes, euglenas, otras)	a) Cianobacterias, que se acumulan en la superficie (fig. 3.4) b) Pequeñas plantas acuáticas flotantes tipo "lentejas de agua" (fig. 3.6)
Tipo de ambiente más probable	Arroyos o ríos con lecho de roca o arena o con plantas sumergidas; lagos con plantas acuáticas	Grandes ríos o arroyos turbios por transporte de minerales; lagunas someras y embalses con mezcla frecuente	Lagunas someras o lagos con mezcla frecuente o continua; grandes ríos o arroyos con escaso transporte de minerales (limos)	Grandes ríos o arroyos de circulación lenta; embalses con baja tasa de renovación del agua, tajamares, lagunas y lagos con estratificación térmica

* Sector protegido, puede ser remanso, orilla o bahía

Tabla 3-1. Guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias, (primera parte)



Figura 3-5. Acumulaciones de algas filamentosas en la zona litoral sumergida

A- en un arroyo.

B- en un estanque.

C- aspecto de las algas en observación cercana a simple vista en una caja de Petri


Figura 3-6. Imágenes de floraciones en cuerpos de agua y en un recipiente.

Aspecto de la acumulación en la superficie del agua en:

A y B- zonas litorales de sistemas fluviales

C- aspecto de las plantas en un recipiente de vidrio

La Tabla 3.2. (Segunda parte) brinda una guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias en terreno, segunda parte. Para seguir correctamente esta tabla se recomienda obtener una muestra de agua en un recipiente transparente (vaso de vidrio o similar) observarla inmediatamente y luego de dejarla reposar 15 a 30 minutos. MI: material inorgánico, OS: organismos senescentes o envejecidos[5].

Aspecto del agua de la muestra con coloración debido a floraciones	Organismo probable	Figura
1. La muestra de agua se ve transparente con algas filamentosas formando matas. Se deben desprender las algas filamentosas del sustrato con una pinza o similar para facilitar su observación: las algas se ven como hilos o pelos enredados entre sí. OS: se ven pálidos o blanquecinos y se desprenden de las matas originales.	Perifiton: algas o cianobacterias filamentosas adheridas a un sustrato	3.5
2. La muestra se ve turbia, en tonos de pardo a rosado, tenue. Puede acumularse un residuo marrón en el fondo del recipiente, en mayor o menor tiempo (minutos) según el tamaño de las partículas.	Micro algas marrones (*) o MI en suspensión	3.2 B Y C
3. La muestra puede ser verde muy tenue a intenso (Fig. 8.2 D). Los organismos pueden alcanzar tamaños visibles a simple vista. Observando el recipiente con atención o con la ayuda de una lupa, pueden identificarse fibras finas como pelos (<2 mm de largo) dispersas en la muestra. OS: forman un residuo más oscuro que se deposita en el fondo del recipiente luego de minutos (ej. 15 min)	Cianobacterias, en floración de tipo dispersiva	3.1 C, 3.2 D, 3.3
4. La muestra se ve de color verde vivo, intenso. En el recipiente transparente pueden observarse gránulos verdes dispersos (ca. 1 a 3 mm) que se acumulan en la superficie luego de unos minutos (ej. 5 min). Al tacto se adhieren, tienen consistencia gelatinosa y se disgregan. Cuando las floraciones son muy densas, la muestra presenta un aspecto cremoso, espeso. OS: se ven como manchas blanquecinas.	Cianobacterias, en floración de tipo acumulativa	3.1 A, 3.2 E, 3.4
5. La muestra se ve de color verde "pasto", con aspecto granuloso. En el recipiente pueden observarse pequeñas plantas (ca. 3 a 10 mm de diámetro) flotando en la superficie, formadas por hojas redondeadas (tamaño de una lenteja). Al tacto tienen consistencia sólida y no se disgregan.	Plantas acuáticas de tipo "lentejas de agua" (ej.: Lemna sp.)	3.6

*: generalmente diatomeas, criptofitas o dinoflagelados

Tabla 3-2. Guía para reconocimiento primario de floraciones de cianobacterias (segunda parte)



Capítulo 4. FACTORES DE DESARROLLO DE FLORACIONES DE CIANOBACTERIAS

4.1. Causas

Los procesos asociados a actividades humanas más relevantes que determinan las floraciones son:

- ✓ Los aportes puntuales, provenientes de aguas residuales domésticas o industriales no tratadas, que son vertidas directa o indirectamente a los sistemas acuáticos.
- ✓ Los aportes difusos provenientes de aguas de escorrentía debido al lavado de suelos de áreas cultivadas y fertilizadas de suelos deforestados o de campos con ganadería (ya sea extensiva, tambos, etc.).
- ✓ La aridez de regiones próximas o dentro de la cuenca hidrográfica y los efectos similares debidos a suelos sin vegetación.
- ✓ El manejo de los flujos de salida (manejo de las compuertas de las represas) por el cual es posible regular el tiempo de residencia del agua en los embalses.

Entre las causas que favorecen y controlan el desarrollo de floraciones se destacan:

- ✓ La carga excesiva de nutrientes en el agua, principalmente de nitrógeno (N) y fósforo (P). Estos elementos, fundamentales para la vida de los organismos, son incorporados en una proporción molecular de 7N:1P. El exceso de alguno de ellos transforma al otro en un nutriente limitante para el crecimiento algal, de modo que solo aquellas especies capaces de desarrollar determinadas estrategias podrán superar esa carencia y alcanzar densidades muy altas. Cuando estas condiciones no ocurren, la floración desaparece y da lugar a otros organismos. Este proceso de enriquecimiento puede verse acelerado por la participación del hombre mediante aportes debidos a las actividades industriales, rurales y a los residuos domésticos. El control de estos aportes hace posible la disminución de las floraciones y hasta la desaparición del fenómeno.
- ✓ El incremento de la intensidad luminosa propia de primavera y verano, que generalmente va asociado al incremento de la temperatura y de la duración del día solar, es otro factor determinante, la luz tiene incidencia directa sobre el metabolismo algal, de modo que al aumentar la intensidad luminosa también aumenta la actividad fotosintética y la demanda de nutrientes. Se produce un incremento de la biomasa de las células algales y de la tasa de multiplicación, que ocasiona el incremento de las poblaciones de determinadas especies. Cuando la floración se acumula en la superficie de la columna de agua, se produce un sombreado sobre el resto de las especies dispersas en los niveles inferiores y con ello una limitación de su crecimiento. La alta intensidad luminosa también puede producir foto-inhibición en algunas especies y/u ocasionar la muerte y sedimentación de las algas acumuladas en la superficie. Por otro lado, el aporte de sedimentos mediante fuentes difusas incrementa la turbidez de la columna de agua limitando el crecimiento algal. En este sentido, las especies de cianobacterias que poseen vacuolas de gas regulan su posición en la columna de agua y permanecen en las capas superiores iluminadas, donde pueden desarrollar floraciones.
- ✓ El aumento de la temperatura del agua por sobre los 20 °C favorece el desarrollo de las cianobacterias, ya que incrementa las tasas de crecimiento y de



reproducción celular. La mayoría de las floraciones de este grupo se registran durante períodos cálidos. Excepcionalmente *M. aeruginosa* es citada como una especie que desarrolla floraciones en ambientes con temperaturas menores a 20 °C (Parra et al. 1986). Otro efecto del aumento de la temperatura está relacionado con la estratificación de la columna de agua. Al incrementarse la temperatura de las capas superficiales, se forma un gradiente vertical de densidad que resulta en la estratificación de la columna de agua. En ausencia de viento o con baja turbulencia (velocidad del viento menor a 3 m/s) se acelera el proceso de sedimentación de las partículas, incluidas otras especies de algas, el agotamiento de los nutrientes y la acumulación superficial de las cianobacterias.

✓ Los sistemas acuáticos con altos tiempos de residencia del agua favorecen el desarrollo de floraciones. Esta causa tiene relación directa con la estratificación de la columna de agua, el incremento en la tasa de sedimentación de las partículas, el aumento de la transparencia y la acumulación de las cianobacterias en la superficie. En algunos sistemas, los altos tiempos de residencia determinan la anoxia (ausencia de oxígeno) de los niveles más profundos y con ello la liberación de compuestos químicos reducidos desde el sedimento, constituyendo un incremento de la carga interna de nutrientes al sistema. Los cuerpos de agua con bajo tiempo de residencia (menores a 10 días) como los sistemas fluviales (ríos) o los embalses con tasas de renovación altas, impiden el establecimiento de las condiciones ambientales favorables al crecimiento de las cianobacterias.

✓ La turbulencia, generalmente asociada a la presencia del viento, determina una disminución de la transparencia del agua por aumento de la turbidez en ambientes someros (resuspensión), actuando como un factor controlador de las floraciones, ocasionando una disminución de la tasa de fotosíntesis y de la biomasa algal. Cuando la intensidad del viento provoca la mezcla de la columna de agua, impide la acumulación de las cianobacterias en la superficie y favorece la resuspensión de los nutrientes. Además, la distribución y ubicación de una floración en un cuerpo de agua tiene relación también con la dirección del viento antes y/o durante el acontecimiento. Las floraciones se acumulan en las bahías hacia donde sopla el viento y/o en las zonas protegidas.

✓ Entre las causas no controlables se mencionan la presencia de especies capaces de desarrollar floraciones y los efectos debido a las interacciones entre las comunidades planctónicas. Un ejemplo es el efecto de la predación del zooplancton sobre las especies de fitoplancton competidoras con las cianobacterias por recursos (nutrientes, luz). Cuando esto ocurre, la ausencia del competidor establece un nicho que es rápidamente colonizado por las cianobacterias y permite el desarrollo de la floración.

✓ Factores adicionales como la disminución en la concentración de carbono inorgánico disuelto en el agua con el consiguiente incremento del pH, también favorece el desarrollo de floraciones. Este incremento del pH puede estar dado por las características naturales del sistema (aguas duras) o por los efectos del crecimiento de la comunidad fitoplanctónica. En este sentido, la incorporación de carbono (C), que las algas toman como CO₂ disuelto en el agua mediante la fotosíntesis, determina un cambio en la concentración de iones debido a la disminución del C disponible, un aumento del pH y una limitación para el crecimiento de muchas especies de algas, excepto las cianobacterias.



4.2. Consecuencias

En aguas dulces y estuarinas, las floraciones son indicadoras de un proceso de eutrofización acelerada, a la vez que ocasionan perjuicios con relación a los diversos usos del recurso. Entre los efectos más destacables de estos fenómenos se mencionan:

✓ La presencia de cianotoxinas y el consiguiente riesgo de intoxicación de los seres vivos en contacto con el fenómeno. Por ejemplo: las floraciones de *M. aeruginosa*, especie cosmopolita que también desarrolla floraciones tóxicas en Uruguay, producen efectos negativos. Cuando estos fenómenos se dan en cuerpos de agua destinados a usos humanos, como fuente de agua potable, recreación, baños, etc., ocasionan importantes daños desde el punto de vista sanitario y estético (Figuras 4-1 y 4-2) (Codd et al. 1989; Falconer, 1996, 1999; Falconer & Humpage, 1996). La toxina de esta especie, microcystina, es una hepatotoxina potente, 100 veces más que el cianuro (Pizzolón, 1996). La ingestión de agua con altas concentraciones de cepas tóxicas de esta alga ocasiona la muerte de animales (desde pequeñas aves a ganado) (Carmichael, 1981; Falconer, 1993, 1996; Frazier et al., 1998; Neering, 1993; Vasconcelos, 1999) y/o efectos acumulativos crónicos que pueden producir la muerte por la formación de tumores hepáticos (Chorus & Bartram, 1999). Se estima que una dosis de efecto letal para el hombre requiere el consumo de 5 l de agua con una densidad de algas de 2.105 celml⁻¹ (Pizzolón, 1996). Si bien esta densidad es fácilmente alcanzable en una floración, el aspecto del agua provoca un natural rechazo que constituye una defensa para el potencial consumidor. Sin embargo, los animales no hacen ninguna distinción, por lo que constituyen las víctimas mortales más numerosas por intoxicación con cianotoxinas. También se han registrado efectos nocivos de diferente gravedad en seres humanos (Carmichael, 1981; Chorus & Bartram, 1999; Falconer, 1996; Falconer & Humpage, 1996; Pizzolón, 1996) a causa del contacto, ingestión o inhalación de la microcystina. Se consideran de mayor riesgo los efectos debido a la ingestión de dosis subletales de toxina, ya sea en forma disuelta dada su presencia en cuerpos de agua destinados a potabilización y/o recreación, o por consumo de organismos acuáticos en contacto con floraciones tóxicas (Falconer, 1996; Freitas et al., 2001; Laurén-Määttä et al. 1995; Neehring, 1993; Williams et al., 1997).

✓ Otro efecto de las floraciones de cianobacterias se relaciona con la alta productividad primaria de la comunidad planctónica. Esto determina, por un lado, un incremento en el consumo de oxígeno debido a la respiración de las algas y especialmente de los microorganismos degradadores de esa biomasa y por otro lado, se produce una alteración de las propiedades químicas del agua, especialmente del pH, debido al consumo del carbono que puede volverse limitante para el desarrollo de otras microalgas. Esto favorece la disminución de la diversidad de la biota del sistema.

✓ El mayor consumo de oxígeno que se produce cuando la floración sedimenta, frecuentemente ocasiona la anoxia en los niveles más profundos del cuerpo de agua. Este efecto puede determinar la muerte de la fauna ictícola (peces), fundamentalmente los que viven próximos al sedimento. También está asociado a la liberación de SH₂ (gas sulfhídrico) y nutrientes reducidos desde el sedimento junto al desarrollo de bacterias sulfatantes.

✓ Las floraciones de cianobacterias afectan a los organismos acuáticos por alguna de las causas antes mencionada o por otros efectos mecánicos o bioquímicos, ya sea colmatando mecánicamente las agallas de los peces e impidiendo el intercambio

gaseoso, intoxicando directamente a los organismos o indirectamente a través de la cadena trófica.

✓ La liberación de sulfuro de hidrógeno (SH_2) determina que el agua tenga un olor y sabor desagradable, además de resultar un compuesto tóxico para la biota del sistema. El fuerte olor y sabor del agua y de los organismos acuáticos, puede estar asociado a la presencia de compuestos volátiles (Geosmina y 2-methyl-isoborneol o 2-MIB) sintetizados por algunas especies de cianobacterias y/o hongos (actinomicetes). Estos productos dificultan y encarecen los tratamientos de potabilización del agua, que conjuntamente con las toxinas disueltas, deben ser totalmente removidos del sistema. Asimismo pueden ser causantes de mal sabor en los productos de pesca, limitando su consumo.



Figura 4-1. Aspecto de una floración de cianobacterias cuando se concentra en la costa



Figura 4-2. Concentración de cianobacterias en distintos puntos de un muestreo

La Figura 4-1 ilustra el aspecto de una floración de cianobacterias cuando se concentra en la costa de un curso de agua y no se encuentra afectada por los fuertes vientos.

La Figura 4-2 ilustra la diferencia de concentración de cianobacterias obtenidas en distintos puntos de un muestreo de campo realizado por nuestro grupo.

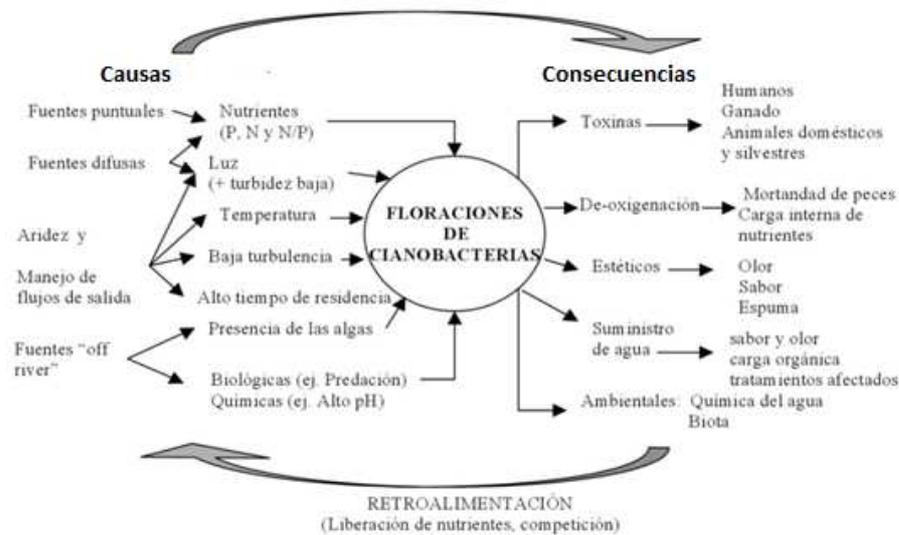


Figura 4-3. Diagrama simplificado de los factores que determinan las causas de las floraciones de cianobacterias y los efectos de éstas sobre los sistemas acuáticos, su biota y sus potenciales usos (Watanabe et al., 1995).

4.3. Efectos sobre la salud Humana y animal.

Las cianobacterias, producen un amplio rango de metabolitos secundarios bioactivos, algunos son tóxicos. Las toxinas de cianobacterias (cianotoxinas) son compuestos químicamente diversos que se agrupan según su modo de acción en Hepatotoxinas, Neurotoxinas y Dermatotoxinas. Dichos tóxicos incluyen a las microcistinas (MCs), cilindrospermopsinas, saxitoxinas, nodularinas y anatoxinas.

Varios géneros de cianobacterias poseen especies toxígenas y el número de informes de de estas así como de nuevas toxinas aumenta día a día en la literatura. Algunas especies pueden producir más de una toxina y es posible detectar en un mismo cuerpo de agua al mismo tiempo la presencia de más de una toxina.

En el hombre pueden causar desde ligeros malestares digestivos hasta muerte por asfixia y deshidratación. Algunas de estas toxinas, son promotoras de tumores o probables carcinogénicos y de hecho existe una fuerte correlación entre cáncer primario de hígado y la contaminación con cianobacterias de las fuentes de agua dulce que utiliza la población. Por ello, es necesario revisar los riesgos para la salud pública que implica la presencia de cianotoxinas en los distintos ambientes acuáticos, incluso el agua de red domiciliaria.

Principales rutas de exposición a cianobacterias y sus toxinas:

- ✓ Contacto directo con las partes expuestas del cuerpo, incluyendo partes sensibles como oídos, ojos, mucosas etc.
- ✓ Ingesta de agua



✓ Inhalación de agua y aerosoles. En áreas recreativas donde se practican deportes náuticos, durante el baño, agravado por el contacto directo con las células de cianobacterias.

✓ Ingesta de alimentos contaminados como peces obtenidos de lagos y lagunas con presencia de cianobacterias y más raramente vegetales regados con agua contaminada.

Es importante definir para cada caso el grado y la ruta de exposición, siendo claramente en todo el mundo, la ingesta de agua contaminada con cianotoxinas la más común de las formas de exposición.

4.3.1. Niveles de alerta propuestos por la organización mundial de la salud (OMS)

Debido a la gran preponderancia a nivel mundial de las floraciones de cianobacterias y que afecta un recurso vital como el agua, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha desarrollado documentos como "Toxic Cyanobacteria in Water: a guide to their public health consequences, monitoring and management" donde proponen, entre otras cosas, acciones tendientes al manejo de los Niveles de Alerta. Esto es una secuencia de acciones de monitoreo y manejo que se puede usar para proveer una respuesta adecuada a la aparición y progreso de una floración de cianobacterias. Las alternativas circunstanciales y operacionales, pueden variar dependiendo de la fuente de abastecimiento de agua y de las facilidades analíticas y de tratamiento de agua disponibles.

La OMS ha sugerido un límite de seguridad de 1 pg / litro de microcistina-LR en agua potable. Considerando que el consumo de agua con MC LR por debajo de este límite, aún por largos períodos no tendría consecuencia para la salud. Por otro lado, advierte que los datos son insuficientes para los niveles de seguridad y para las demás toxinas cianobacterianas. No obstante esto, Brasil ha introducido en su legislación niveles guía para saxitoxina y cilindrospermopsina de 3 y 15 pg/l respectivamente.

Diversos métodos se han estudiado e implementado para evitar que las cianotoxinas lleguen al agua potable, esto se consigue en principio, evitando la lisis celular con una captación adecuada, una buena coagulación seguida de filtración y cloración. Aunque este tipo de tratamiento es claramente insuficiente cuando los florecimientos son intensos. Para estos casos se han desarrollado métodos basados en la utilización sola o combinada de carbón activado, osmosis inversa, ozonización del agua e irradiación UV (Toxic cyanobacteria in water). Además hay que tener en cuenta el tipo de toxina a eliminar ya que no todas poseen la misma estabilidad.

4.3.2. Guías para la calidad del agua

La importancia del agua, el saneamiento y la higiene para la salud y el desarrollo han quedado reflejados en los documentos finales de diversos foros internacionales sobre políticas, entre los que cabe mencionar conferencias relativas a la salud, como la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud que tuvo lugar en Alma Ata,



Kazajstán (ex Unión Soviética) en 1978, conferencias sobre el agua, como la Conferencia Mundial sobre el Agua de Mar del Plata (Argentina) de 1977, que dio inicio al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, así como los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2000 y el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo de 2002. Más recientemente, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el periodo de 2005 a 2015 como Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida».

El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. En algunas regiones, se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua y de saneamiento pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria es superior al costo de las intervenciones. Dicha afirmación es válida para diversos tipos de inversiones, desde las grandes infraestructuras de abastecimiento de agua al tratamiento del agua en los hogares. La experiencia ha demostrado asimismo que las medidas destinadas a mejorar el acceso al agua potable favorecen en particular a los pobres, tanto de zonas rurales como urbanas, y pueden ser un componente eficaz de las estrategias de mitigación de la pobreza.

En los periodos 1983-1984 y 1993-1997, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó las ediciones primera y segunda de las Guías para la calidad del agua potable, en tres volúmenes, basadas en normas internacionales anteriores de la OMS. En 1995, se decidió iniciar un proceso de desarrollo adicional de las Guías mediante su revisión continuada. Este proceso condujo a la publicación, en 1998, 1999 y 2002, de apéndices a la segunda edición de las Guías, relativos a aspectos químicos y microbiológicos a la publicación de un texto acerca de las Cianobacterias tóxicas en el agua y a la elaboración de exámenes de expertos sobre cuestiones clave, en preparación para la elaboración de una tercera edición de las Guías.

En 2000, se acordó un plan pormenorizado para la elaboración de la tercera edición de las Guías.

Como en las ediciones anteriores, la labor ha sido compartida por la Sede de la OMS y la Oficina Regional de la OMS para Europa (EURO). Han dirigido el proceso de desarrollo de la tercera edición el Programa de Agua, Saneamiento y Salud, en la Sede de la OMS en Ginebra, y el Centro Europeo para el Medio Ambiente y la Salud, de la EURO, con sede en Roma. En la Sede de la OMS, el Programa de Fomento de la Seguridad Química colaboró en aspectos relativos a los peligros de tipo químico y el Programa de Fomento de la Seguridad Radiológica ayudó a redactar la sección sobre aspectos radiológicos. Las seis Oficinas Regionales de la OMS participaron en el proceso.

Las Guías se consideran reflejo de la opinión oficial del sistema de las Naciones Unidas sobre cuestiones relativas a la calidad del agua y de la salud, así como el de ONU-Agua, el organismo que coordina a los 24 organismos y programas de las Naciones Unidas interesados en cuestiones relativas al agua. Esta edición de las Guías profundiza los conceptos, métodos e información presentados en ediciones anteriores.

La experiencia ha demostrado que los peligros microbianos continúan siendo la principal preocupación tanto de los países desarrollados como de los países en desarrollo. Asimismo



ha señalado el valor de la aplicación de un método sistemático para garantizar la inocuidad microbiana.

La presente edición comprende una ampliación significativa de la orientación sobre el modo de garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo, que desarrolla los principios como el sistema de barreras múltiples y la importancia de la protección de las fuentes ya considerados en ediciones anteriores. Las Guías se complementan con documentos que describen métodos para cumplir los requisitos de inocuidad microbiana del agua y proporcionan orientación sobre prácticas correctas para garantizar su inocuidad.

Se ha actualizado e incluido la información sobre numerosas sustancias químicas que no se habían considerado previamente, se han introducido correcciones basadas en información científica y se ha recortado en algunos casos la información sobre sustancias consideradas de menor prioridad.

En la presente edición se describen las funciones y responsabilidades de los principales interesados en la garantía de la inocuidad del agua de consumo.

Es necesario aplicar instrumentos y métodos diferentes para apoyar la gestión de los grandes sistemas de abastecimiento de agua entubada (por tuberías) para los pequeños sistemas de abastecimiento comunitarios. La presente edición describe las características principales de los diferentes métodos.

Se reconoce cada vez más que la exposición por medio del agua de consumo a unas pocas sustancias químicas, como el fluoruro, el arsénico y el nitrato, produce grandes efectos sobre la salud, y otras sustancias, como el plomo, el selenio y el uranio, pueden producir también efectos significativos en determinadas condiciones. El interés por los peligros derivados de la presencia de sustancias químicas en el agua de consumo aumentó como consecuencia del reconocimiento de la magnitud de la exposición del arsénico presente en Bangladesh y en otros lugares. La versión actualizada de las Guías y las publicaciones asociadas proporcionan orientación para la determinación de las prioridades locales y para la gestión de las sustancias químicas asociadas con efectos a gran escala.

La OMS recibe solicitudes de orientación acerca de la aplicación de las Guías para la calidad del agua potable en situaciones diferentes de las de los sistemas de abastecimiento comunitarios o los servicios gestionados por entidades públicas. Esta edición actualizada incluye información sobre la aplicación de las Guías en varias circunstancias específicas y se complementa con documentos que profundizan en algunos de estos aspectos.

Las Guías para la calidad del agua potable se mantienen actualizadas mediante un proceso de revisión continuado que conlleva la publicación periódica de documentos que pueden ampliar o reemplazar la información del presente volumen. La presente versión de las Guías integra la tercera edición, publicada en 2004, con el primer apéndice a la tercera edición, publicado en 2005.

Las Guías se dirigen principalmente a los responsables de la elaboración y gestión de políticas en materia de agua y salud, y a sus asesores, para orientarles en la elaboración de normas nacionales. Otras personas utilizan las Guías y los documentos asociados como fuente de información acerca de la calidad del agua y de la salud, así como también sobre métodos de gestión eficaces.



4.3.3. Normatividad y criterios de calidad de agua para cianobacterias

En el ámbito internacional, la Organización Mundial de la Salud es la única institución que propone criterios para regular la concentración de cianobacterias en fuentes de abastecimientos de agua potable (WHO, 1998).

Este organismo establece tres niveles de alerta con base en valores límites para la concentración de clorofila-a, que es un parámetro indirecto de la presencia de cianobacterias y para la densidad de células cianobacteriales. En caso de que se presenten dichos niveles de alerta, propone llevar a cabo acciones como las descritas en la Tabla 4-1.

Nivel de alerta	Densidad de células de cianobacterias o concentración de clorofila-a	Acciones
Vigilancia	200 células cianobacteriales/mL	Detectar cianobacterias en muestras de agua. Realizar monitoreos continuos semanalmente. No existen condiciones de bloom por la poca densidad detectada.
1	2,000 células cianobacteriales/mL o 1 µg/L de clorofila-a	Aplicar un tratamiento, ya que se observan tendencias a un incremento de cianobacterias o a mantener un número moderado. Hacer pruebas de toxinas en las fuentes de agua potable, particularmente si predominan las especies tóxicas. Contabilizar semanalmente la cantidad de cianobacterias y emitir informes al público. Existe un bajo riesgo de irritación en la piel o de enfermedades gastrointestinales, por contacto recreacional primario (nadar, esquí acuático, etc.).
2	100,000 células cianobacteriales/mL o 50 µg/L de clorofila-a	Realizar pruebas de toxicidad semanalmente en todos los abastecimientos. Persiste un alto número de cianobacterias tóxicas en todos los recursos acuáticos, localizadas a simple vista, se forman películas y el agua sin tratamiento adecuado no es apta para beber. Efectuar conteos de cianobacterias semanalmente y de forma continua, ya que se incrementa el riesgo de efectos adversos para la salud de las personas que tengan contacto recreativo con las fuentes de abastecimiento. Aumentar la divulgación en los medios para alertar a la población acerca del riesgo que se corre en las fuentes de abastecimiento.

Tabla 4-1. Guía de la OMS para cianobacterias en fuentes de abastecimiento de agua potable. (Chorus y Bartram, 1999).

En el nivel de alerta clasificado como de Vigilancia, sólo se considera el criterio de densidad de células con un valor bajo (200 Org/mL) (en este criterio la salud no tiene riesgo causado por la presencia de cianobacterias). En los Niveles de alerta 1 y 2 se incrementa la cantidad de células cianobacteriales/mL, se considera también la concentración de clorofila-a, el nivel de riesgo se incrementa significativamente y por lo tanto, las acciones están dirigidas a cuantificar y disminuir dicho riesgo. Algunos ejemplos de esas acciones son: 1) Cuantificar toxicidad y cianotoxinas y 2) Tratar el agua cruda.



En México no se tienen criterios que consideren a las cianobacterias o a la clorofila-a (parámetro indirecto). En los Criterios Ecológicos para fuentes de abastecimiento de agua potable y para protección de vida acuática (Tabla 4-2), la Comisión Nacional del Agua solamente establece valores límites para características bacteriológicas (1 parámetro), físicas (2 parámetros) y químicas (14 parámetros).

Características	Parámetros	Criterio Ecológico	Indicador indirecto de presencia de cianobacterias
Bacteriológicas	Coliformes fecales	1.0 NMP/100 MI	NO
Físicas	Color	75 U Pt-Co	SI
	Olor	Ausente	SI
Químicas	Aluminio	0.02 mg/L	NO
	Demanda química de oxígeno	10 mg/L	NO
	Grasas y aceites	Ausente	NO
	Hierro	0.3 mg/L	NO
	Manganeso	0.1 mg/L	NO
	Nitratos	5 mg/L	SI
	Nitritos	0.05 mg/L	SI
	Sólidos totales	1.0 mg/L	NO
	Sólidos suspendidos totales	500 mg/L	SI
	Sólidos disueltos totales	500 mg/L	NO
	Sulfatos	500 mg/L	NO
	Ortofosfatos	0.1 mg/L	SI
	Oxígeno disuelto	4 mg/L	SI
	pH	5-9	SI

Tabla 4-2. Criterios ecológicos para fuentes de abastecimiento de agua potable. (CNA, 2005).

De estos 17 parámetros, ocho son indicadores indirectos de la presencia de cianobacterias en fuentes de abastecimiento, como: color, olor, nitratos, nitritos, sólidos suspendidos totales, ortofosfatos, oxígeno disuelto y pH.

Cuando es menor el valor del parámetro relativo al color, se tiene una mayor penetración de luz solar, que favorece la captación por las cianobacterias. El olor puede indicar la presencia de metabolitos de las cianobacterias, 2-metilisoborneol y geosmina, causantes de un problema estético en el agua (olor y sabor terro-mohoso).

Las concentraciones de nitritos (0.1 mg/L), nitratos (0.1 mg/L) y fosfatos (0.01 mg/L), se consideran indicadores de crecimiento algal, ya que estos parámetros son nutrientes para las cianobacterias (Msagati et al., 2006).

Los sólidos suspendidos totales son indicadores indirectos de la presencia de cianobacterias, debido a que éstas son microorganismos que poseen un sistema de flotación.

El oxígeno disuelto es un indicador indirecto del estado eutrófico del agua. En un embalse "ideal", la concentración de oxígeno es de 12 ó 13 mg/L; en estado eutrófico la concentración oscila entre 9 y 4 mg/L (Volterra y Bovalam, 2002).

El pH en un intervalo de 6-9 favorece el desarrollo de cianobacterias (Msagati et al., 2006).



4.3.4. Consideraciones y principios generales

Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud.

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

El agua de consumo inocua (agua potable), según se define en las Guías, no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. Las Guías son aplicables al agua envasada y al hielo destinado al consumo humano. No obstante, puede necesitarse agua de mayor calidad para algunos fines especiales, como la diálisis renal y la limpieza de lentes de contacto y para determinados usos farmacéuticos y de producción de alimentos. Las personas con inmunodeficiencia grave posiblemente deban tomar precauciones adicionales, como hervir el agua, debido a su sensibilidad a microorganismos cuya presencia en el agua de consumo normalmente no sería preocupante. Las Guías pueden no ser adecuadas para la protección de la vida acuática o para algunas industrias.

La finalidad de las Guías es apoyar el desarrollo y la ejecución de estrategias de gestión de riesgos que garanticen la inocuidad del abastecimiento de agua por medio del control de los componentes peligrosos del agua. Estas estrategias pueden incluir normas nacionales o regionales desarrolladas basándose en la información científica que proporcionan las Guías. Las Guías describen los requisitos mínimos razonables que deben cumplir las prácticas seguras para proteger la salud de los consumidores, y determinan «valores de referencia» numéricos de los componentes del agua o los indicadores de la calidad del agua. Para definir límites obligatorios es preferible considerar los valores de referencia en el contexto de las condiciones locales o nacionales de tipo medioambiental, social, económico y cultural.

El motivo principal para no promover la adopción de normas internacionales sobre la calidad del agua de consumo es preferiblemente crear normas y reglamentos nacionales basados en un método de análisis de riesgos y beneficios (de tipo cualitativo o cuantitativo). Además, el mejor modo de aplicar las Guías es por medio de un marco integrado de gestión preventiva de la seguridad, aplicado desde la cuenca de captación hasta el consumidor.

Las Guías proporcionan una base científica que pueden utilizar las autoridades nacionales como punto de partida para el desarrollo de reglamentos y normas sobre el agua de consumo adecuada para la situación de su país. En el desarrollo de normas y reglamentos, debe procurarse evitar recursos escasos al desarrollo de normas y el



monitoreo de sustancias cuya importancia para la salud pública es relativamente menor. El método que aplican estas Guías tiene por finalidad generar normas y reglamentos nacionales que puedan aplicarse y hacerse cumplir fácilmente y que protejan la salud pública.

Las normas sobre el agua de consumo pueden diferir, en naturaleza y forma, de uno país o región a otro. No hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y aplicación de normas, es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes y en proyecto relativas al agua, a la salud y al gobierno local, así como evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos de cada país. Los métodos que pueden funcionar en un país o región no necesariamente podrán transferirse a otros países o regiones. Para desarrollar un marco reglamentario, es fundamental que cada país examine sus necesidades y capacidades.

La determinación de la seguridad, o de qué riesgo se considera aceptable en circunstancias concretas, es un asunto que concierne al conjunto de la sociedad. En último término, es responsabilidad de cada país decidir si las ventajas de adoptar como norma nacional o local alguna de las directrices o valores de referencia justifican su costo.

Aunque las Guías describen una calidad del agua tal que sea aceptable su consumo a lo largo de toda la vida, no debe considerarse que la aplicación de estas Guías, incluidos los valores de referencia, implique que la calidad del agua de consumo pueda degradarse hasta el nivel recomendado. De hecho, debe realizarse un esfuerzo continuo por mantener la calidad del agua de consumo en su nivel más alto posible.

Un concepto importante en la asignación de recursos para mejorar la seguridad del agua de consumo es la realización de mejoras progresivas conducentes a la consecución de objetivos a largo plazo. Las prioridades establecidas para remediar los problemas más urgentes (por ejemplo, la protección frente a microorganismos patógenos) pueden vincularse a objetivos a largo plazo de mejora adicional de la calidad del agua.

Los requisitos básicos y esenciales para garantizar la seguridad del agua de consumo son: un marco para la seguridad del agua que comprenda metas de protección de la salud establecidas por una autoridad con competencia en materia de salud, sistemas adecuados y gestionados correctamente (infraestructuras adecuadas, monitoreo correcto, y planificación y gestión eficaces) y un sistema de vigilancia independiente.

La aplicación de un enfoque integral a la evaluación y a la gestión de los riesgos de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo aumenta la confianza en la inocuidad del agua. Este enfoque conlleva la evaluación sistemática de los riesgos en la totalidad de un sistema de abastecimiento de agua de consumo desde el agua de origen y la cuenca de captación al consumidor y la determinación de las medidas que pueden aplicarse para gestionar estos riesgos, así como de métodos para garantizar el funcionamiento eficaz de las medidas de control. Incorpora estrategias para abordar la gestión cotidiana de la calidad del agua y hacer frente a las alteraciones y averías.

Las Guías pueden aplicarse a los sistemas de abastecimiento de agua de consumo entubada, tanto de grandes ciudades como de pequeñas comunidades y a los sistemas de abastecimiento de agua sin tuberías en comunidades y viviendas individuales. Se pueden aplicar asimismo al agua consumida en diversas circunstancias específicas, como en grandes edificios, en medios de transporte y por viajeros.



La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos). No obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo.

4.3.5. Aspectos microbiológicos

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación (desde la cuenca de captación al consumidor) de barreras múltiples para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de barreras múltiples, como la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento, y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de patógenos a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de patógenos.

Las posibles consecuencias para la salud de la contaminación microbiana son tales que su control debe ser siempre un objetivo de importancia primordial y nunca debe comprometerse.

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos.

Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones acusadas y bruscas de la calidad microbiológica del agua. Pueden producirse aumentos repentinos de la concentración de patógenos que pueden aumentar considerablemente el riesgo de enfermedades y pueden desencadenar brotes de enfermedades transmitidas por el agua. Además, pueden exponerse a la enfermedad numerosas personas antes de que se detecte la contaminación microbiana. Por estos motivos, para garantizar la inocuidad microbiana del agua de consumo no puede confiarse únicamente en la realización de análisis del producto final, incluso si se realizan con frecuencia.

Para garantizar sistemáticamente la inocuidad del agua de consumo y proteger la salud pública, debe prestarse especial atención a la aplicación de un marco para la seguridad del agua y de planes de seguridad del agua (PSA) completos.

Para gestionar la inocuidad microbiana del agua de consumo es preciso: a) evaluar el conjunto del sistema, para determinar los posibles peligros; b) determinar las medidas de control necesarias para reducir o eliminar los peligros y realizar un monitoreo operativo para garantizar la eficacia de las barreras del sistema y c) elaborar planes de gestión que describan las medidas que deben adoptarse en circunstancias normales y si se producen incidentes. Estos son los tres componentes de un PSA.



Si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales e infecciosas. Es importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad.

Además de los patógenos fecales, pueden tener importancia para la salud pública en determinadas circunstancias otros peligros microbianos, las cianobacterias tóxicas y las legionelas.

Las formas infecciosas de muchos helmintos, como los nematodos y platelmintos parásitos, pueden transmitirse a las personas por medio del agua de consumo, esta no debe contener larvas maduras ni huevos fertilizados, ya que un único ejemplar puede ocasionar una infección.

Las legionelas son bacterias ubicuas en el medio ambiente y pueden proliferar a las temperaturas elevadas existentes en ocasiones en los sistemas de distribución de agua de consumo entubada, sobre todo en los sistemas de distribución de agua caliente y templada. La exposición a las legionelas presentes en el agua de consumo se produce mediante inhalación y puede evitarse mediante la aplicación de medidas básicas de gestión de la calidad del agua en los edificios y mediante el mantenimiento de concentraciones residuales de desinfectantes en todo el sistema de distribución por tuberías.

El peligro para la salud pública de las cianobacterias deriva de su capacidad de producir diversas toxinas, conocidas como "cianotoxinas". Al contrario que las bacterias patógenas, las cianobacterias no se multiplican en el organismo humano tras su ingestión, sino únicamente en el agua antes de ser ingerida. Si bien los péptidos tóxicos (por ejemplo, las microcistinas) se encuentran habitualmente en el interior de las células y pueden, por consiguiente, eliminarse, en gran parte, por filtración, se liberan también al agua alcaloides tóxicos, como la cilindrospermopsina y las neurotoxinas, que pueden atravesar los sistemas de filtración.

Algunos microorganismos forman biopelículas sobre superficies que están en contacto con agua. La mayoría de estos microorganismos, con pocas excepciones, como las legionelas, no causan enfermedades en las personas sanas, pero pueden resultar molestos ya que generan sabores y olores o la coloración del agua de consumo. La proliferación que se produce después del tratamiento del agua de consumo se conoce con frecuencia como "reproliferación". Normalmente, se refleja en un aumento del recuento de heterótrofos en placa (RHP) en muestras de agua. Los valores de RHP aumentan sobre todo en partes de los sistemas de distribución por tuberías donde se produce estancamiento de agua, en instalaciones de fontanería domésticas, en agua envasada, en algunos casos, y en dispositivos conectados a las instalaciones de fontanería, como descalcificadores, filtros de carbón y máquinas expendedoras automáticas.

Aunque el agua puede ser una fuente muy importante de microorganismos infecciosos, muchas de las enfermedades que pueden transmitirse por el agua pueden transmitirse también por otras vías, como el contacto entre personas, las gotículas y aerosoles, y la ingesta de alimentos. En determinadas circunstancias, en ausencia de brotes de origen acuático, estas vías pueden ser más importantes que la transmisión por el agua.



4.3.6. Desinfección

La desinfección es una operación de importancia incuestionable para el suministro de agua potable. La destrucción de microorganismos patógenos es una operación fundamental que muy frecuentemente se realiza mediante productos químicos reactivos como el cloro.

La desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal. La desinfección residual se utiliza como protección parcial contra la contaminación con concentraciones bajas de microorganismos y su proliferación en el sistema de distribución.

La desinfección química de un sistema de abastecimiento de agua de consumo que presenta contaminación fecal reducirá el riesgo general de enfermedades, pero no garantizará necesariamente la seguridad del suministro. Por ejemplo, la desinfección con cloro del agua de consumo tiene una eficacia limitada frente a los protozoos patógenos (en particular *Cryptosporidium*) y frente a algunos virus. La eficacia de la desinfección puede también ser insatisfactoria frente a patógenos presentes en flóculos o partículas que los protegen de la acción del desinfectante. Una turbidez elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro. Una estrategia general de gestión eficaz añade a la desinfección, para evitar o eliminar la contaminación microbiana, barreras múltiples, como la protección del agua de origen y operaciones de tratamiento adecuadas, así como la protección del agua durante su almacenamiento y distribución.

El uso de productos químicos desinfectantes en el tratamiento del agua genera habitualmente subproductos. No obstante, los riesgos para la salud que ocasionan estos subproductos son extremadamente pequeños en comparación con los asociados a una desinfección insuficiente, y es importante que el intento de controlar la concentración de estos subproductos no limite la eficacia de la desinfección.

El intento de controlar los subproductos de la desinfección (SPD) no debe poner en peligro la desinfección.

Puede medirse y controlarse fácilmente la concentración de algunos desinfectantes del agua de consumo, como el cloro, y se recomienda realizar análisis frecuentes si se practica la cloración del agua.

4.3.7. Aspectos químicos

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de



consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

En situaciones en las que no es probable que una exposición de corta duración perjudique la salud, suele ser más eficaz concentrar los recursos disponibles para medidas correctoras en la detección y eliminación de la fuente de contaminación que en instalar un sistema caro de tratamiento del agua de consumo para la eliminación del componente químico.

Puede haber numerosos productos químicos en el agua de consumo, sin embargo, sólo unos pocos suponen un peligro inmediato para la salud en cualquier circunstancia determinada. La prioridad asignada a las medidas de monitoreo y de corrección de la contaminación del agua de consumo debe gestionarse de tal modo que se evite utilizar innecesariamente recursos escasos para el control de contaminantes químicos cuya repercusión sobre la salud es pequeña o nula.

La exposición a concentraciones altas de fluoruro, de origen natural, puede generar manchas en los dientes y, en casos graves, fluorosis ósea incapacitante. De modo similar, el agua de consumo puede contener arsénico de origen natural y una exposición excesiva al mismo puede ocasionar un riesgo significativo de cáncer y lesiones cutáneas. Otras sustancias de origen natural, como el uranio y el selenio, pueden también ocasionar problemas de salud cuando su concentración es excesiva.

La presencia de nitratos y nitritos en el agua se ha asociado con la metahemoglobinemia, sobre todo en lactantes alimentados con biberón. La presencia de nitratos puede deberse a la aplicación excesiva de fertilizantes o a la filtración de aguas residuales u otros residuos orgánicos a las aguas superficiales y subterráneas. Sobre todo en zonas con aguas corrosivas o ácidas, la utilización de cañerías y accesorios o soldaduras de plomo puede generar concentraciones altas de plomo en el agua de consumo, que ocasionan efectos neurológicos adversos.

Son pocas las sustancias cuya presencia en el agua de consumo suponga una contribución importante a la ingesta general en términos de prevención de enfermedades. Un ejemplo es el efecto potenciador de la prevención contra la caries dental del fluoruro del agua de consumo. Las Guías no pretenden definir concentraciones mínimas deseables de sustancias químicas en el agua de consumo.

Se han calculado valores de referencia para muchos componentes químicos del agua de consumo. Un valor de referencia representa normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida. Algunos valores de referencia se han fijado con carácter provisional basándose en la concentración alcanzable mediante tratamiento y la capacidad de detección analítica. En estos casos, el valor de referencia es mayor que el calculado basándose en efectos sobre la salud.



4.3.8. Aspectos radiológicos

Debe tenerse en cuenta el riesgo para la salud asociado a la presencia en el agua de consumo de radionúclidos de origen natural, aunque su contribución a la exposición total a radionúclidos es muy pequeña en circunstancias normales.

No se fijan valores de referencia formales para radionúclidos individuales en agua de consumo, sino que se utiliza un sistema basado en el análisis de la radiactividad alfa total y beta total en el agua de consumo. Aunque la detección de niveles de radiactividad superiores a los umbrales de selección no indica que exista un riesgo inmediato para la salud, debe impulsar una investigación adicional para determinar qué radionúclidos son responsables de la radiactividad y los posibles riesgos existentes, teniendo en cuenta las circunstancias locales.

Los niveles de referencia recomendados no son aplicables a sistemas de abastecimiento de agua de consumo contaminados durante situaciones de emergencia originadas por la liberación accidental de sustancias radiactivas al medio ambiente.

El agua no debe presentar sabores u olores que pudieran resultar desagradables para la mayoría de los consumidores.

Los consumidores evalúan la calidad del agua de consumo basándose principalmente en sus sentidos. Los componentes microbianos, químicos y físicos del agua pueden afectar a su aspecto, olor o sabor y el consumidor evaluará su calidad y aceptabilidad basándose en estos criterios. Aunque es posible que estas sustancias no produzcan ningún efecto directo sobre la salud, los consumidores pueden considerar que el agua muy turbia, con mucho color, o que tiene un sabor u olor desagradable es insalubre y rechazarla. En casos extremos, los consumidores pueden evitar consumir agua que es inocua pero inaceptable desde el punto de vista estético y consumir en cambio agua de otras fuentes cuyo aspecto sea más agradable pero que puede ser insalubre. Es, por consiguiente, sensato conocer las percepciones del consumidor y tener en cuenta, además de los valores de referencia relacionados con efectos sobre la salud, criterios estéticos al evaluar sistemas de abastecimiento de agua de consumo y al elaborar reglamentos y normas.

Los cambios en el aspecto, olor y sabor del agua de consumo de un sistema de abastecimiento con respecto a sus características organolépticas normales pueden señalar cambios en la calidad del agua bruta o cruda (sin tratar) de la fuente o deficiencias en las operaciones de tratamiento y deben investigarse.

4.3.9. Funciones y responsabilidades en la gestión de la seguridad del agua de consumo

La gestión preventiva es el mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo y debe tener en cuenta las características del sistema de abastecimiento de agua, desde la cuenca de captación y la fuente hasta su utilización por los consumidores. Dado que muchos aspectos de la gestión de la calidad del agua de consumo no suelen ser responsabilidad directa del proveedor de agua, es fundamental adoptar un sistema de colaboración entre los múltiples organismos que tienen responsabilidades en aspectos



específicos del ciclo del agua, para garantizar su participación en la gestión de la calidad del agua. Por ejemplo, dicha colaboración es importante cuando las cuencas de captación y las aguas de origen están fuera de la jurisdicción del proveedor del agua de consumo. Será generalmente necesario consultar con autoridades los aspectos de la gestión de la calidad del agua de consumo, como los requisitos de monitoreo e información, los planes de respuesta a situaciones de emergencia y las estrategias de comunicación.

El mejor sistema para garantizar la seguridad del agua de consumo es una gestión integrada y preventiva en la que colaboren todos los organismos pertinentes.

Se debe impulsar a los principales interesados que pudieran afectar o verse afectados por las decisiones o actividades del proveedor del agua de consumo a que coordinen los aspectos pertinentes de sus actividades de planificación y gestión. Entre estos interesados pueden estar, por ejemplo, los organismos con competencias en materia de salud y de gestión de recursos, los consumidores, las industrias y los fontaneros. Deben crearse sistemas de documentación y mecanismos adecuados para facilitar el compromiso y la participación de los interesados.

Debe exigirse a los organismos que intervienen en el abastecimiento de agua para el consumo por cualquier medio que garanticen y comprueben que los sistemas que administran sean capaces de suministrar agua inocua y que lo hacen de forma sistemática.

Un organismo de vigilancia es responsable de la vigilancia independiente (externa) mediante auditorías periódicas de todos los aspectos relativos a la seguridad, pruebas de verificación, o ambas.

La vigilancia de la calidad del agua de consumo puede definirse como la "evaluación y examen, de forma continua y vigilante, desde el punto de vista de la salud pública, de la inocuidad y aceptabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo" (OMS, 1976).

En la mayoría de los países, el organismo responsable de la vigilancia de los servicios de abastecimiento de agua de consumo es el ministerio de salud (o de salud pública) y sus oficinas regionales o departamentales. En algunos países, la responsabilidad puede recaer en un organismo de protección del medio ambiente, mientras que en otros pueden tener cierta responsabilidad las oficinas de salud ambiental de los gobiernos locales.

La vigilancia requiere un programa sistemático de estudios, que pueden incluir auditorías, análisis, inspecciones sanitarias y, en su caso, aspectos institucionales y comunitarios. Debe abarcar la totalidad del sistema de agua de consumo, incluidas las fuentes y las actividades en la cuenca de captación, las infraestructuras de conducción, las plantas de tratamiento, los embalses de almacenamiento y los sistemas de distribución (con o sin tuberías).

Uno de los objetivos de un programa de vigilancia debe ser garantizar la pronta adopción de medidas para evitar los problemas y que se corrijan las averías. En ocasiones, puede ser preciso aplicar multas para fomentar y garantizar el cumplimiento de las normas. Por consiguiente, el organismo encargado de la vigilancia debe estar respaldado por leyes sólidas y aplicables. No obstante, es importante que dicho organismo desarrolle una relación positiva con los proveedores y les preste apoyo, recurriendo a la aplicación de multas como último recurso.



Los proveedores de agua de consumo son responsables de la calidad y la inocuidad del agua que producen.

Las leyes deben facultar al organismo de vigilancia a obligar a los proveedores de agua a que recomienden que se hierva el agua o se apliquen otras medidas cuando se detecte la presencia de contaminación microbiana que pudiera poner en peligro la salud pública.

4.3.10. Autoridades de salud pública

Para prestar un apoyo eficaz a la protección de la salud pública, una entidad nacional con responsabilidad en materia de salud pública actuará normalmente en los cuatro ámbitos siguientes:

1. Vigilancia del estado y la evolución de la salud pública, incluida la detección e investigación de brotes, generalmente de forma directa, pero en algunos casos por medio de un organismo descentralizado. Elaboración directa de reglamentos y normas relativas al agua de consumo. Las autoridades nacionales de salud pública tienen con frecuencia la responsabilidad primaria de establecer normas relativas al abastecimiento de agua de consumo. Sus responsabilidades pueden incluir la fijación de metas relativas a la calidad del agua, metas relativas a la eficacia y a la inocuidad, y requisitos especificados directamente (por ejemplo, el tratamiento del agua).

2. Plasmación de la preocupación por los peligros para la salud en el desarrollo de políticas de mayor alcance, en particular de políticas de salud y de gestión integrada de los recursos hídricos. La preocupación por la salud sugerirá a menudo una función de apoyo a la asignación de recursos a quienes se ocupan de la ampliación y mejora del abastecimiento de agua de consumo; con frecuencia conllevará ejercer presión política para dar prioridad a la obligación primaria de satisfacer las necesidades de agua de consumo con respecto a otras necesidades y puede acarrear la participación en la resolución de conflictos.

3. Intervención directa, generalmente por medio de órganos subsidiarios (por ejemplo, administraciones de salud ambiental regionales y locales) o proporcionando orientación a otras entidades locales (por ejemplo, gobiernos locales) en cuestiones relativas a la vigilancia de los sistemas de abastecimiento de agua de consumo. Estas responsabilidades varían en gran medida en función de las estructuras y responsabilidades nacionales y locales, y con frecuencia incluyen una función de apoyo a los proveedores de las comunidades, donde frecuentemente intervienen las autoridades locales directamente.

4. La vigilancia de la salud pública (la vigilancia de su estado y evolución) contribuye a la verificación de la inocuidad del agua de consumo. Toma en consideración la incidencia de enfermedades en el conjunto de la población que puede estar expuesta a microorganismos patógenos procedentes de diversas fuentes, no sólo del agua de consumo. Las autoridades nacionales de salud pública pueden también realizar o dirigir investigaciones para evaluar la importancia del agua como factor de riesgo de enfermedades, por ejemplo, mediante estudios de casos y testigos, de cohortes o de intervención. Los equipos de vigilancia de la salud pública actúan normalmente en los ámbitos nacional, regional y local, así como en ciudades y en centros de salud rurales. La vigilancia sistemática de la salud pública incluye:



- ✓ El monitoreo permanente de las enfermedades de notificación obligatoria, muchas de las cuales pueden deberse a microorganismos patógenos transmitidos por el agua;
- ✓ La detección de brotes;
- ✓ El análisis de la evolución a largo plazo; el análisis geográfico y demográfico;
- ✓ La información a las autoridades responsables del agua.

Existen diversas formas de mejorar la vigilancia de la salud pública para detectar posibles brotes de enfermedades transmitidas por el agua en respuesta a sospechas derivadas de una incidencia anormal de alguna enfermedad o tras el deterioro de la calidad del agua. Las investigaciones epidemiológicas incluyen:

- ✓ Investigaciones de brotes;
- ✓ Estudios de intervención para evaluar las opciones de intervención
- ✓ Estudios de casos y testigos o de cohortes para evaluar la importancia del agua como factor de riesgo de enfermedades.

No obstante, no puede confiarse en la vigilancia de la salud pública como fuente de información en tiempo oportuno para permitir la adopción de medidas operativas a corto plazo para controlar enfermedades transmitidas por el agua, dado que presenta las siguientes limitaciones:

- ✓ Brotes de enfermedades que no son de notificación obligatoria;
- ✓ Tiempo transcurrido desde que se produce la exposición hasta que se manifiesta la enfermedad;
- ✓ Tiempo transcurrido desde que se manifiesta la enfermedad hasta que se notifica; tasas bajas de notificación;
- ✓ Dificultades en la identificación de los patógenos causantes de las enfermedades y sus fuentes.

La autoridad de salud pública actúa de forma reactiva, además de proactiva, en el ámbito del conjunto de políticas de salud pública e interactuando con todos los interesados.

En el contexto de la salud pública, se dará normalmente prioridad a los grupos desfavorecidos, lo que conllevará, por lo general, equilibrar la gestión y mejora de la seguridad del agua de consumo con la necesidad de garantizar el acceso a un suministro confiable de cantidades suficientes de agua potable.

Para comprender la situación del abastecimiento de agua de consumo en el ámbito nacional, la autoridad nacional de salud pública debe elaborar informes periódicos que describan la calidad del agua a nivel nacional y que destaquen las preocupaciones y prioridades en materia de salud pública en el contexto de las prioridades generales de salud pública. Para ello, es preciso un intercambio eficaz de información entre los organismos locales, regionales y nacionales.

Las autoridades de salud nacionales deben dirigir o participar en la formulación y ejecución de políticas destinadas a garantizar el acceso a algún tipo de sistema de abastecimiento de agua de consumo inocua y confiable. En los casos en que no se haya conseguido este objetivo, deberán disponerse los instrumentos y las medidas de educación pertinentes para poner en práctica tratamientos y sistemas de almacenamiento seguro del agua individuales o domésticos.



4.3.11. Autoridades locales

Las autoridades locales de salud ambiental desempeñan con frecuencia una función importante en la gestión de los recursos hídricos y el abastecimiento de agua de consumo. Dicha función puede incluir la inspección de la cuenca de captación y la facultad para autorizar en la misma, actividades que pudieran afectar a la calidad del agua de origen. Puede también incluir la comprobación y auditoría (vigilancia) de la gestión de los sistemas formales de abastecimiento de agua de consumo. Las autoridades locales de salud ambiental proporcionarán asimismo orientación específica a comunidades o a personas concretas sobre el diseño, la ejecución y la corrección de deficiencias de sistemas de abastecimiento de agua de consumo comunitario y doméstico, y pueden ser también responsables de la vigilancia del abastecimiento comunitario y doméstico de agua de consumo. Tienen una importante responsabilidad de educación de los consumidores en los casos en que es preciso el tratamiento doméstico del agua.

La gestión del abastecimiento de agua de consumo a hogares y comunidades pequeñas generalmente conlleva la aplicación de programas educativos sobre dicho abastecimiento y la calidad del agua. Estos programas deberán incluir normalmente:

- ✓ Concienciación en materia de higiene del agua;
- ✓ Capacitación técnica básica y transferencia de tecnología en materia de abastecimiento y gestión del agua de consumo;
- ✓ Consideración de las barreras socioculturales a la aceptación de las medidas relativas a la calidad del agua y de métodos para superarlas;
- ✓ Actividades de motivación, movilización y mercadotecnia social;
- ✓ Un sistema continuado de apoyo, seguimiento y difusión del programa de calidad del agua para lograr su sostenibilidad y mantenerla.

Estos programas pueden administrarse en el ámbito comunitario, por las autoridades locales de salud o por otras entidades, como organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Si el programa de educación y capacitación sobre la calidad del agua es iniciativa de otras entidades, se recomienda fuertemente la participación de la autoridad local de salud en su desarrollo y ejecución.

4.3.12. Gestión de los recursos hídricos

La gestión de los recursos hídricos es un componente integral de la gestión preventiva de la calidad del agua de consumo. La prevención de la contaminación microbiana y química del agua de origen es la primera barrera contra la contaminación del agua de consumo que supone un peligro para la salud pública.

La gestión de los recursos hídricos y las actividades humanas potencialmente contaminantes en la cuenca de captación influirán en la calidad del agua aguas abajo y en los acuíferos. A su vez, esto influirá en las operaciones de tratamiento que se precisarán para garantizar la seguridad del agua, pero puede ser preferible adoptar medidas preventivas que mejorar los tratamientos.



Este componente integral debe comprender la evaluación del efecto de los usos de la tierra en la calidad del agua. Esta evaluación no la realizan normalmente, de forma independiente, las autoridades de salud ni los organismos proveedores de agua de consumo, y debe tener en cuenta:

- ✓ La modificación de la cubierta vegetal; las actividades mineras;
- ✓ La construcción o modificación de vías fluviales;
- ✓ La aplicación de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas u otros productos químicos; la densidad ganadera y la aplicación de estiércol;
- ✓ La construcción, mantenimiento y uso de carreteras; diversas actividades recreativas;
- ✓ El desarrollo residencial, urbano o rural, con particular atención a la eliminación de excrementos, el saneamiento, los vertederos y la eliminación de residuos;
- ✓ Otras actividades humanas potencialmente contaminantes, como las industrias, las zonas militares, etc.

La gestión de los recursos hídricos puede ser responsabilidad de los organismos encargados de la gestión de las cuencas de captación o de otras entidades que controlan o afectan a los recursos hídricos, como las industriales, agropecuarias, de navegación y de control de inundaciones.

El grado de responsabilidad en materia de gestión de los recursos hídricos de los organismos con competencias en materia de salud o de suministro de agua de consumo varía mucho de entre los distintos países y comunidades. Con independencia de las estructuras gubernamentales y de las responsabilidades sectoriales, es importante que las autoridades de salud se coordinen y colaboren con los sectores que gestionan los recursos hídricos y regulan los usos de la tierra en la cuenca de captación.

El establecimiento de una colaboración estrecha entre la autoridad de salud pública, el proveedor de agua y el organismo que gestiona los recursos facilita el reconocimiento de los posibles peligros para la salud que pueda haber en el sistema. Dicha colaboración es también importante para garantizar que la protección de los recursos hídricos destinados al consumo se tiene en cuenta en las decisiones relativas a los usos de la tierra o en los reglamentos relativos al control de la contaminación de los recursos hídricos. En determinadas circunstancias, puede conllevar la participación de otras actividades o sectores, como la agricultura, el tráfico, el turismo o el desarrollo urbano.

Para garantizar una protección adecuada de las fuentes de agua de consumo, las autoridades nacionales mantendrán normalmente contactos con otros sectores durante la formulación de políticas nacionales relativas a la gestión integrada de los recursos hídricos. Se crearán estructuras regionales y locales para la ejecución de las políticas y las autoridades nacionales guiarán y proporcionarán los instrumentos precisos a las autoridades regionales y locales.

Las autoridades regionales de medio ambiente o de salud pública tienen la responsabilidad de participar en la elaboración de planes de gestión integrada de los recursos hídricos para garantizar la máxima calidad posible de la fuente de agua de consumo. El lector puede obtener información adicional en los documentos complementarios Protecting Surface Waters for Health (Protección de las aguas



superficiales para la salud) y Protecting Groundwaters for Health (Protección de las aguas subterráneas para la salud).

4.3.13. Consumidores individuales

Todo el mundo consume agua de una u otra fuente y los consumidores desempeñan a menudo tareas importantes en la captación, tratamiento y almacenamiento de agua. Los consumidores pueden, por medio de sus acciones, ayudar a garantizar la inocuidad del agua que consumen, así como contribuir a mejorar o bien a contaminar el agua que consumen otros. Tienen la responsabilidad de asegurarse de que sus acciones no afecten negativamente a la calidad del agua. La instalación y mantenimiento de redes de fontanería domésticas deben realizarlas preferiblemente fontaneros cualificados y autorizados u otras personas que tengan los conocimientos precisos para garantizar que no se producen conexiones cruzadas ni reflujos que puedan contaminar el sistema de abastecimiento de agua local.

En la mayoría de los países, hay personas que obtienen agua de fuentes domésticas, como pozos privados o agua de lluvia. En hogares que utilizan sistemas de abastecimiento de agua sin tuberías, es preciso aplicar medidas adecuadas para garantizar que la captación, el almacenamiento y en su caso, el tratamiento del agua de consumo se realizan en condiciones seguras. En algunas circunstancias, no sólo cuando no hay sistemas de abastecimiento comunitarios, sino también cuando se sabe que éstos están contaminados o producen enfermedades transmitidas por el agua, puede ser aconsejable que los hogares y las personas traten el agua para poder confiar más en su inocuidad. Las autoridades de salud pública, de vigilancia u otras autoridades locales pueden proporcionar orientación a hogares y a consumidores individuales para garantizar la inocuidad del agua que consumen. La mejor forma de proporcionar esta orientación es por medio de un programa comunitario de educación y capacitación.



Capítulo 5. CONTEXTO MUNDIAL Y CONTINENTAL

5.1. Registros de toxicidad de cianobacterias

Entre los principales daños a la salud ocasionados por cianobacterias, se encuentran las intoxicaciones gastrointestinales y la dermatitis. Las Tablas 5-1 y 5-2 muestran reportes de diferentes países sobre las afecciones causadas por las cianobacterias en varios periodos.

La primera referencia mundial relacionada con estos aspectos de toxicidad de cianobacterias en ambientes acuáticos continentales se remonta al año 1878, cuando en el lago Alexandrina (Australia) se produjo la mortandad de animales, entre ellos vacas, caballos, perros, ovejas y cerdos, luego de que estos bebieran agua del mencionado cuerpo de agua donde se desarrollaba una floración de *Nodularia spumigena* (Francis, 1878).

Desde ese momento y principalmente en las últimas décadas, el registro de sucesos similares se ha incrementado a nivel mundial tanto en el número de especies responsables, como frecuencia, intensidad y extensión geográfica.

En la Tabla 5-1 se resume un estudio epidemiológico presentado por Stewart et al. (2004), donde describen 45 casos de intoxicación por cianobacterias en aguas recreativas. El estudio señala que 75% de las intoxicaciones afectaron a nadadores, el 17.7% fueron por ingesta de agua, 4.4% por pesca y 2.2% por contacto con la película (capa formada en la superficie del agua) producida por cianobacterias. En función de las estaciones del año, las intoxicaciones ocurrieron en un 57.7% durante el verano, el 17.7% en el otoño, el 18.8% en la primavera y no reporta la estación en el 15.5%.

Se observa que en los meses de verano ocurre el mayor número de reportes de intoxicaciones, es decir, cuando existe una gran densidad de cianobacterias. Durante estos meses se tiene la presencia de los factores (alta intensidad de la luz, baja precipitación, poco viento, estancamiento de agua, etc.) que favorecen el desarrollo de estos microorganismos.

La Tabla 5-2 muestra el número de personas intoxicadas por cianobacterias en cuatro países diferentes: en Australia (1995) el número elevado de personas intoxicadas ascendió a 777, en Estados Unidos (1986) se tuvieron 80 intoxicaciones, en Inglaterra (1996) se registran 11 personas y en Brasil (1989) se presentaron 8 casos.

Año	País	Estación	Género y/o Especie	Efectos tóxicos	Referencia
1936	Estados Unidos	Verano	Oscillatoria	Congestión nasal, conjuntivitis y asma	Heise (1940)
1949-1952	Estados Unidos	Verano	Anabaena	Dermatitis	Cohen y Reif (1953)
1977	Azerbaiyán	Verano	Lyngbya	Dermatitis	Pashkevich (1979)
1989	Inglaterra	Primavera	<i>Microcystis aeurogenosa</i>	Gastroenteritis	NRA (1990)
1992	Australia	Primavera	Anabaena	Gastroenteritis	Williamson y Corbett (1993)
1996	Inglaterra	Verano	<i>Planktothrix agardhii</i>	Dermatitis y vómito	Codd et al. (1999)
2002	Estados Unidos	Verano	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Encefalitis	Behm (2003)

Tabla 5-1. Reportes de intoxicación por cianobacterias en aguas recreativas (Stewart et al. 2004)



Año	País	Número de personas intoxicadas	Género	Efectos tóxicos	Referencia
1986	Estados Unidos	80 personas	Lyngbya majuscula	Gastroenteritis	Osborne et al. (2001)
1989	Brasil	8 personas	Microcystis	Gastroenteritis, dolor de garganta, ampollas en la boca, dolor abdominal, fiebre y vómito	Turner et al. (1990)
1995	Australia	777 personas	Anabaena, Aphanizomenon, Microcystis, y Nodularina	Gastroenteritis, ampollas en la boca, fiebre, vómito e irritación en ojos y orejas	Pilotto et al. (1997)
1996	Inglaterra	11 personas	Oscillatoria	Dermatitis y vómito	Codd et al. (1997)

Tabla 5-2. Reportes de intoxicaciones por cianobacterias en aguas de contacto directo y recreativas (Codd, 2000)

En América, el país con mayor número de florecimientos de cianobacterias (Svrcek et al., 2004) corresponde a Estados Unidos (27 estados), seguido por Canadá (5 provincias). Como ya se mencionó, en México se identificó un episodio de cianobacterias, aunque el artículo no especifica qué cianobacteria fue la reportada, ni el lugar exacto de la detección (Metcalf y Codd, 2004). En Europa el mayor número de reportes corresponden a Finlandia (6 géneros de cianobacterias), Alemania y Reino Unido (4 géneros cada uno). En función del número de detecciones le siguen Asia, África y Oceanía.

En cuanto a los dos géneros de cianobacterias más reportados son *Microcystis* y *Anabaena*; aunque cabe mencionar que en 53 casos no se señala el género de cianobacteria detectada.

Existen varias explicaciones para que estas dos cianobacterias sean las más reportadas, algunas de ellas obedecen a que:

- ✓ Los primeros reportes de florecimientos de cianobacterias corresponden precisamente a *Microcystis* y *Anabaena*.
- ✓ A través de los años, se tiene un monitoreo constante de estos géneros.
- ✓ La variación de las poblaciones de cianobacterias dependen de varios factores, entre ellos, condiciones climatológicas y del cuerpo de agua.
- ✓ Se cree que existen épocas del año donde un género de cianobacterias abunda más que otro, por ejemplo, *Anabaena* puede tener mayor presencia en el verano y *Microcystis* en la primavera (Svrcek y Smith, 2004).

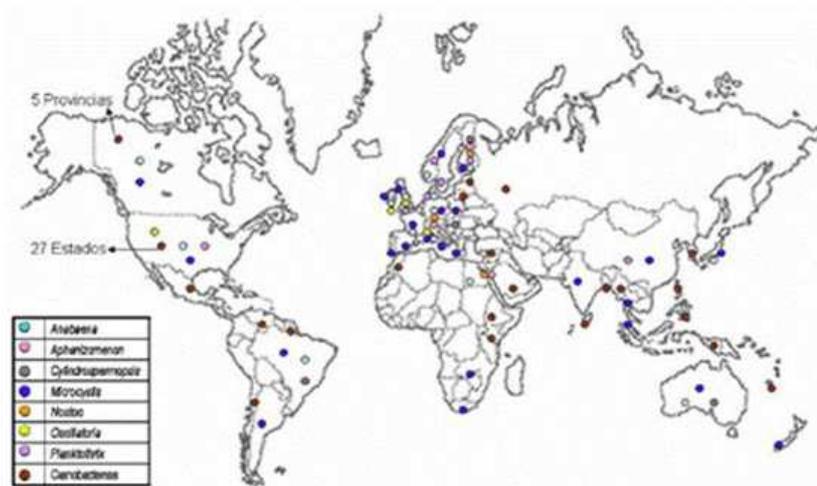


Figura 5-1. 20 Países donde se observan floraciones de cianobacterias en el verano y Microcystis en la primavera (Sverck y Smith, 2004).

A continuación se ilustra un gráfico con datos de casos atribuidos a cianobacterias en agua potable, recreacional y otras rutas de exposición [2].

Casos atribuidos a cianotoxinas en el agua potable

- 1931: EUA: un afloramiento masivo de *Microcystis* en los ríos Ohio y Potomac causó enfermedades a 5000 - 6000 personas abastecidas de agua potable proveniente de estos ríos. El tratamiento de agua potable por precipitación, filtración y cloración no fue suficiente para eliminar las toxinas (Tisdale 1931).
- 1968: numerosas casos de enfermedades del aparato digestivo después de la exposición a crecimientos de mas cianobacterias fueron compilados por Schwimmer & Schwimmer 1968.
- 1975: choque endotóxico de 23 pacientes de diálisis en Washington D.C. se atribuye a un afloramiento de cianobacterias en un reservorio de agua potable (Hindman et al. 1975)
- 1979: Australia: Se combatió el afloramiento de *Cylindrospermopsis raciborskii* en un reservorio de agua potable en Palm Island con sulfato de cobre, lo cual conllevó a la liberación de toxinas de las células en el agua y por tanto, causó enfermedades graves (con hospitalización) a 141 personas abastecidas de este reservorio (Falconer 1993 y 1994).
- 1981: Australia: En la ciudad de Armidale, se elevaron las actividades de enzimas en el hígado en la sangre de la población abastecida con agua superficial contaminada por *Microcystis* spp. (Falconer et al. 1983)
- 1985: EUA: Carmichael (1985) compiló estudios de casos sobre náuseas, vómitos, diarrea, fiebre, infecciones a oído y garganta, después de la exposición a crecimientos de masa de cianobacterias
- 1993: China: la incidencia de cáncer hepático se relaciona claramente con las fuentes de agua y es significativamente mayor para poblaciones que usaban aguas superficiales infectadas con cianobacterias comparado con aquellas que bebían aguas subterráneas (Yu, 1995).
- 1993: Australia: Falconer (1993) calcula que debido a afloramientos de cianobacterias tóxicas, más de 600.000 personas se pierden anualmente por la abstracción de agua potable.
- 1994: Suecia cerca de Malmö: el uso ilegal de agua de río no tratada en una fábrica de azúcar condujo a una conexión cruzada accidental con el abastecimiento de agua potable para un número incierto de horas. El agua del río estaba densamente poblada con *Planktothrix agardhii*, y las muestras tomadas pocos días después del incidente mostraron que estas cianobacterias contenían microcistinas. Un total de 304 habitantes del pueblo (así como algunos perros y gatos) se enfermaron con vómitos, diarrea, retortijones musculares, náuseas (Cronberg et al. 1997)



Casos atribuidos a cianotoxinas en el agua recreacional

- 1959: Saskatchewan: a pesar de la muerte del ganado y advertencias contra el uso recreacional, la gente continuaba nadando en el lago infestado con cianobacterias. Trece personas se enfermaron (cefaleas, náuseas, dolores musculares, diarrea dolorosa). En las excretas de un paciente - un médico que había ingerido accidentalmente 300 ml de agua - se pudieron identificar claramente numerosas células de *Microcystis* spp. y algunos tricomas de *Anabaena circinalis* (Dillenberg y Dehnel, 1959).
- 1989: Inglaterra: de 10 a 20 soldados se enfermaron después de nadar y remar en canoa en el agua con un afloramiento significativo de *Microcystis* spp; dos de ellos contrajeron neumonía grave atribuida a la inhalación de una toxina de *Microcystis* y requirieron hospitalización y terapia intensiva (Turner et al. 1990). Las habilidades de natación y la cantidad de agua ingerida parecer haber tenido relación con el grado de enfermedad.
- 1995: Australia: Evidencia epidemiológica de los efectos adversos sobre la salud después de contacto con el agua recreacional de un estudio prospectivo que incluía 852 participantes, mostró la elevada incidencia de diarrea, vómitos, síntomas de gripe, erupciones cutáneas, úlceras en la boca, fiebres, irritaciones de ojos u oídos, dentro de 2 - 7 días después de exposición (Pilotto et al. 1997). Los síntomas aumentaron significativamente con la duración del contacto con el agua y la densidad de las células cianobacterianas, pero no estuvieron relacionados con su contenido de cianotoxinas conocidas como se enumera en el cuadro 1.

Casos debidos a otras rutas de exposición

- 1996: Caruaru en Brasil: Un total de 131 pacientes de diálisis estaban expuestos a microcistinas con el agua usada para la diálisis; 56 de ellos murieron. Al menos 44 de estas víctimas mostraron los típicos síntomas asociados con microcistina, ahora denominado "Síndrome de Caruaru", y el contenido de microcistina en el hígado correspondió al de los animales de laboratorio que habían recibido una dosis letal de microcistina (Carmichael, 1996; Jochimsen et al. 1998).

5.2. Problemas asociados a la presencia de cianotoxinas

La presencia de cianotoxinas ocasiona problemas asociados con daños a la salud, que se correlacionan directamente con concentraciones de cianobacterias y rebasan los criterios establecidos internacionalmente.

La Tabla 5-3 contiene datos sobre intoxicaciones ocurridas en seis países en diferentes años. Las rutas de intoxicación fueron el agua potable, y para Estados Unidos (1974) y Brasil (1996), la hemodiálisis.

En comparación con la Tabla 5-2 (Reportes de intoxicaciones por cianobacterias en agua de contacto directo y recreativa), los daños a la salud son solamente dérmicos (por contacto de la cianobacteria) o gastrointestinales (por ingesta), en cambio en la Tabla 5-3 se observa que las intoxicaciones por cianotoxinas, en ocasiones causaron daños crónicos en un órgano del cuerpo.

En la Tabla 5-3 se observa también que la microcistina es el metabolito que más intoxicaciones produce, sobresale el alto número de personas muertas en China y en una escala menor, en Brasil.

Año	País	Número de personas intoxicadas	Cianotoxina	Efectos tóxicos
1974	Estados Unidos	23 personas	Anatoxina-a, Saxitoxinas y Microcistina	Fiebre, migraña, vomito
1975	Estados Unidos	5.000 personas	No Reportado	Gastroenteritis
1979	Australia	149 personas	Cilindrospermopsina	Gastroenteritis, daño en riñón, hígado e intestino
1981	Australia	25.000 personas	Microcistina	Daño en hígado
1972-1990	China	Muerte de 100.000 personas	Microcistina	Cáncer primario en el hígado
1988	Brasil	2.000 personas, Muerte de 88 personas	Microcistina	Gastroenteritis
1989	Inglaterra	No Reportado	Microcistina	Neumonía y diarrea
1994	Suecia	121 personas	Microcistina	Vómitos, diarrea, calambres musculares y náuseas
1996	Brasil	117 personas, Muerte de 50 personas	Microcistina	Distorsión visual, nauseas, vómito y daño en el hígado

Tabla 5-3. Reportes de intoxicación por cianobacterias en agua potable (Cood, 2000; Höger, 2003)

Los cinco continentes presentan intoxicaciones por metabolitos de cianobacterias, diecisiete detecciones se localizan en Europa, once en América, siete en Asia, cinco en Oceanía y dos en África. De acuerdo con los estudios Estados Unidos y Australia son los países donde el número de episodios ha sido mayor.

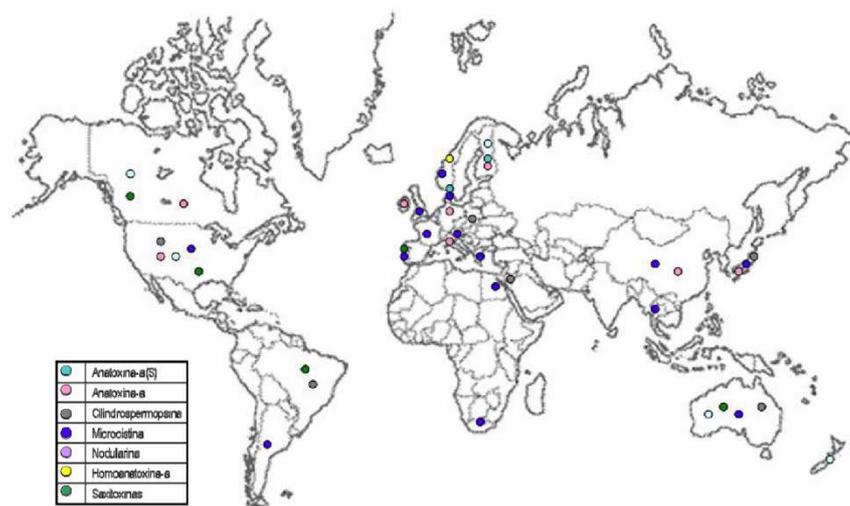


Figura 5-2. 21 Países donde se observan floraciones de cianotoxinas

5.3. Intoxicaciones en el ser humano: Registro de Brasil

Las intoxicaciones de poblaciones humanas por ingesta de agua contaminada por cepas tóxicas de cianobacterias ya han sido descritas, entre otros, en países como Australia, Inglaterra, China y Sudáfrica (Carmichael & Falconer, 1993). El primer registro de



muertes humanas causadas por cianotoxinas ocurrió en 1996, en una clínica de la ciudad de Caruaru (Brasil). En esa ocasión, 130 pacientes renales crónicos, luego de ser sometidos a sesiones de hemodiálisis, presentaron un cuadro clínico compatible con una grave hepatotoxicosis. Del total, aproximadamente 60 pacientes fallecieron antes de los 10 meses posteriores al inicio de los síntomas. Los análisis confirmaron la presencia de microcistinas y cylindrospermopsina en el carbón activado utilizado en el sistema de purificación del agua de la clínica y de microcistinas en muestras de sangre e hígado de los pacientes intoxicados (Carmichael, 1996; Jochimsen et al., 1998; Falconer, 1998; Kuiper-Goodman et al., 1999; Azevedo, com. pers.). Asimismo, las observaciones microscópicas de muestras de agua del embalse que proveía de agua a la clínica así como al resto de la ciudad, indicaban una significativa dominancia de *Cyanobacteria* toxígenas.

5.4. Registros de cianobacterias planctónicas en la Bahía de Jigüey, Cuba

Las cianobacterias (phylum Cyanobacteria), en general, se pueden encontrar en todos los ecosistemas marinos y de agua dulce y constituyen el componente mejor representado en ambientes hipersalinos pues presentan características morfofisiológicas que les permite desarrollarse en salinidades elevadas (Oren, 2012). La Bahía de Jigüey (21°52'12'' N y

77°52'01'' W y los 22°17'31'' N y 78°08'09'' W), constituye un ecosistema costero atípico pues se caracteriza por presentar una elevada salinidad con valores que oscilan entre 60-85 ups durante todo el año, favorecida por el desequilibrio de la precipitación y la evaporación y un intercambio reducido con las aguas oceánicas adyacentes que conlleva a un elevado tiempo de residencia de las aguas (67 días) (Montalvo & Loza, 2006).

En Cuba se conoce muy poco acerca de la composición de la comunidad de cianobacterias en los ecosistemas costeros. En este sentido, los trabajos forman parte de estudios más genéricos que comprenden el análisis de toda la biota microalgal lo que explica que hasta la actualidad solo existen 37 taxones registrados para aguas costeras (Dobal, Loza & Lugioyo, 2011).

Los muestreos se realizaron en los meses de diciembre del 2010 y septiembre del 2011 en una red compuesta por 7 estaciones.

Se identificaron un total de 21 especies que no habían sido informadas para aguas costeras cubanas con anterioridad. Todas las especies han sido encontradas en otras regiones marino-costeras del Caribe, América, Europa, Asia y África (Komárek & Anagnostidis, 1999 y 2005). Estudios realizados en ecosistemas hipersalinos por Post (1981) y Roney et al. (2009) en Great Salt Lake, Utah, EE.UU. refieren la presencia de especies de algunos de los géneros identificados en la bahía de Jigüey como *Aphanothece*, *Oscillatoria* y *Spirulina*. Por su parte Potts (1980) y Wieland & Köhl (2000) también informaron géneros como *Aphanothece*, *Cyanothece*, *Oscillatoria*, *Spirulina* y *Synechococcus*, así como la especie *A. stagnina* en SolarLake, Egipto.



Capítulo 6. CONTEXTO NACIONAL

En Argentina, el primer evento cianotóxico se remonta a 1944 en la laguna Bedetti (Santo Tomé, Santa Fe). En esa oportunidad Mullor (1945), dio a conocer un suceso en el cual, tras la ingesta de agua en la que se estaba desarrollando una floración de una especie del género *Anabaena*, murieron aproximadamente 1000 patos de granja y una serie de animales silvestres (reptiles, anfibios, aves, etc).

Posteriormente, en 1954 se analizó una mortandad de peces en la laguna del Monte (provincia de Buenos Aires) que se asoció a una proliferación masiva de varias especies de *Cyanobacteria* entre las que se encontraban *Polycystis* (*Microcystis*) *flosaquae*, *Anabaena* *Circinalis* y *A. Inaequalis*. (Ringuelet et al., 1955)

En 1984, Odriozola y colaboradores evaluaron la mortandad de 72 vacas ocurrida en un campo de la localidad de Goyena (Buenos Aires). Efectuados ensayos de toxicidad aguda, sobre el contenido ruminal y estomacal de las vacas, se determinó que las muertes habían ocurrido como consecuencia de la ingesta de agua de un charco presente en un potrero. En ese cuerpo de agua se desarrollaba un florecimiento de *Microcystis Aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae* y *Nodularia spumigena*.

A partir de la década del 90, los estudios relacionados con los aspectos nocivos de las *Cyanobacterias* se incrementaron significativamente en la República Argentina. En distintos centros de investigación del país se han realizado estudios sobre la presencia de *cyanobacterias* tóxicas, desde aquellos meramente taxonómicos, en los que se describen las especies nocivas a los relacionados con la dinámica poblacional de las especies de riesgo. Asimismo, se desarrollaron estudios toxicológicos: ensayos de toxicidad, análisis de toxinas e incluso evaluación de los efectos que éstas producen en la fauna de ambientes acuáticos continentales.

Durante el 2004 se organizó la red global "CYANONET" en el marco del Programa de Hidrología Internacional (UNESCO), con el objetivo de nuclear los antecedentes disponibles a nivel mundial relacionados con la presencia de floraciones nocivas de *Cyanobacterias* y evaluar los posibles planes de manejo de situaciones de riesgo. Dentro de esta recopilación, se incluyeron los antecedentes de la Argentina que permitieron establecer el estado de situación de esta problemática en nuestro país hasta la fecha. De la información recopilada en esa oportunidad, se destaca el hecho que los casos de desarrollos masivos de *Cyanobacterias* tóxicas, son frecuentes en diferentes cuerpos de agua continentales de casi todo nuestro país.

Recientemente, en nuestro país se han ampliado, tanto la lista de taxanocivos, como de ambientes en situación de riesgo toxicológico. Por otra parte, se han llevado a cabo estudios de evaluación de presencia de *cyanobacterias* y *cianotoxinas* en sistemas de abastecimiento de agua potable, así como de caracterización y análisis filogenético mediante estudios moleculares de poblaciones naturales y/o de cultivos.

En cuanto a los fenómenos relacionados con los cambios de características orgánolépticas, los más destacados en nuestro país son los ocurridos en San Luis (Silva et al., 1995) y en Bahía Blanca (Echenique et al., 2003; 2006). En ambas oportunidades, el estudio estuvo relacionado a los trastornos generados por la presencia de *geosmina* en el agua de red domiciliaria.

Como consecuencia de los estudios llevados a cabo en esta temática se destaca el desarrollo de reuniones de discusión entre distintos actores de la sociedad. La primera de ellas fue la llevada a cabo en el Museo de La Plata en 2004, organizada por la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires y FREPLATA. En esta oportunidad, la reunión estuvo centrada en analizar la problemática generada por la presencia de floraciones tóxicas de *Microcystis aeruginosa* en el Río de la Plata. Poco tiempo después, en el mismo año, se realizó una nueva reunión en la Cámara de Diputados de la Nación, en esta ocasión, la discusión sobre los problemas provocados por la acción de las cianobacterias fue a nivel nacional y participaron investigadores, miembros de Gendarmería Nacional y políticos, prácticamente, de todo el país.

6.1. Situación

En Argentina están presentes la mayoría de las especies tóxicas descritas en el mundo y se han informado florecimientos de cianobacterias asociadas con muerte de peces en lagunas e intoxicaciones de animales domésticos a los que se suman las frecuentes observaciones de muerte de ganado, peces (por ejemplo la periódica muerte de sábalos en el Río de la Plata) posiblemente asociados a florecimientos de especies tóxicas informada por parte de veterinarios, productores e investigadores.

Sin embargo, hasta la fecha sólo se ha descrito la presencia de microcistinas y saxitoxinas aunque se estima altamente probable que también estén presentes cilindrospermopsinas y anatoxinas.

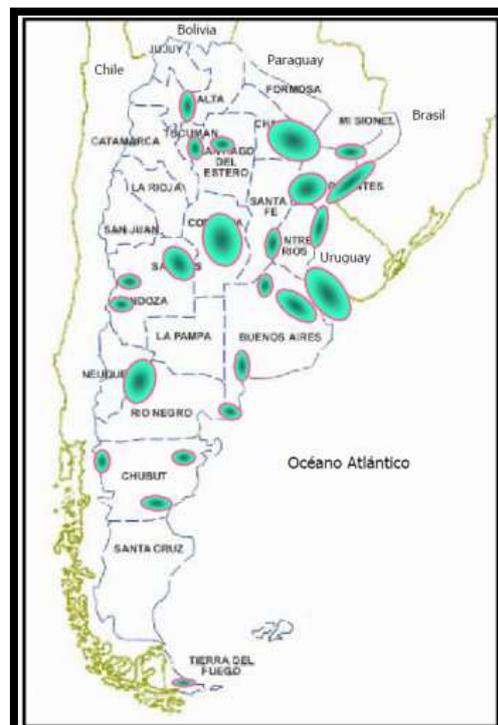


Figura 6-1. . Distribución espacial de floraciones de cianobacterias nocivas en la República Argentina



6.2. Distribución geográfica de las cianobacterias

Debido a la gran variedad climática y peculiar distribución orográfica norte-sur, los sistemas de lago de Argentina incluyen una amplia diversidad de ambientes acuáticos. Una clasificación detallada de sus lagos y embalses se obtuvo para un grupo de 108 ambientes acuáticos distribuidos entre las latitudes 25 y 55°S a lo largo y a lo ancho de las regiones áridas del centro-oeste y el noroeste, la llanura chaco-pampeana, la meseta patagónica, los Andes patagónicos y la Tierra del Fuego. Los lagos más profundos se sitúan en los Andes patagónicos y Tierra del Fuego, y sus estados tróficos generalmente varían desde ultraoligotrófico a oligotrófico. Todos los lagos situados en la llanura chaco-pampeana son lagos generalmente someros y su estado trófico oscila entre eutrófico e hipertrófico o son lagos salinos.

La mayoría de los embalses del centro-oeste y noroeste, y los estados tróficos de los lagos y embalses de la meseta patagónica oscilan entre mesotrófico y eutrófico. Más de la mitad de los embalses del noroeste tienen concentraciones de oxígeno disuelto muy bajas en el hipolimnio durante el verano.

Sobre un total de 98 ambientes distribuidos a lo largo y a lo ancho de todo el territorio de Argentina (Tabla 6-1), un 23,5% presentó a las cianobacterias como grupo dominante (> 50%) del fitoplancton, y un 36,7% superó el 20% de cianobacterias.

Los que presentaron mayor numerosidad, tanto absoluta como relativa, son aquellos ambientes situados en la región chaco-pampeana, seguidos de aquellos ubicados en las regiones oeste y noroeste Tabla 6-1. Por otra parte, los ambientes situados en la planicie patagónica y la Patagonia andina presentaron las menores numerosidades absolutas y relativas Tabla 6-1.

Sin embargo, debe observarse que, especialmente para los más pequeños de los situados en la Patagonia andina, algunos cuerpos de agua se desvían drásticamente del patrón general para su región. Esos cuerpos de agua se encuentran generalmente bajo acción antrópica intensa, en especial debido a actividades agropecuarias y/o urbanas en sus respectivas cuencas de drenaje.

De los 61 ambientes con $P > 10$ mg/m³ en los cuales no se detectaron cianobacterias, todos presentaron una relación N:P superior a 35. Los mismos se distribuyeron en todos los distritos de lago, excepto el pampeano; 4 de ellos fueron dominados por Bacillariophyceae y 3 por Chlorophyceae.



	Nº	GEOREGION	Área (km ²)	Zmean (m)	SDL (m)	TP (mg/m ³)	TN (mg/m ³)	TN:TP	Chl a (mg/m ³)
Chaco - Pampa	25	2	98	2.2	0.87	290	8586	56	63.8
		Max	1984	7.3	4.6	1288	28570	145	405.3
		min	1.4	0.7	0.15	23	2660	6	1.6
Oeste y noreste	27	3	30.6	15	1.84	68	2008	60	20.3
		Max	330	36.2	5.8	477	11200	147	218.1
		min	0.1	3	0.28	5	653	6	0.9
Patagonia andina	33	4	103.7	64.8	10.11	7	697	146	2.3
		Max	1466	166	19	33	2242	335	54.1
		min	0.6	3.8	0.9	1	186	31	0.2
Planicie Patagónica	13	5	252.3	23	2.78	111	2515	48	9
		Max	816	79.4	8.5	608	7900	75	41.8
		min	0.6	1.1	0.07	4	223	4	0.4

Tabla 6-1. Principales características limnológicas de los lagos y embalses estudiados, numero de ambientes en cada distrito

Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (BACI), Cianobacteria (CYANO), Chrysophyceae (CHRYSO), Euglenophyceae (EUGL), Xanthophyceae (XANTO) y Dinophyceae (DINO).

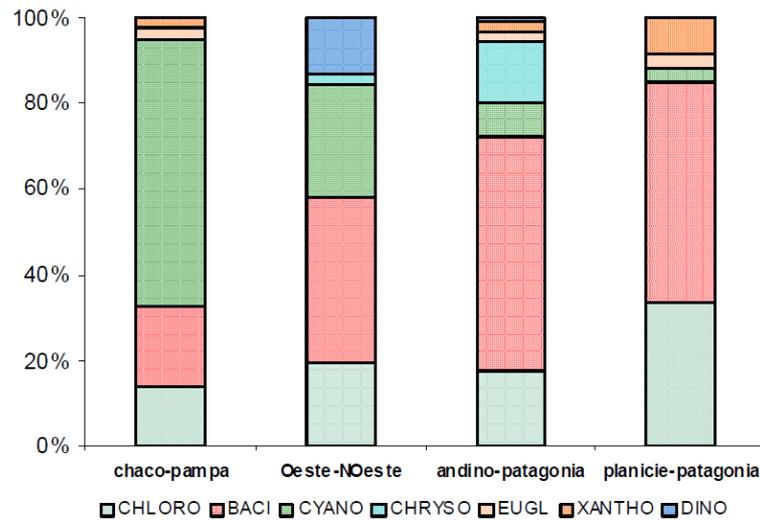
	Nº	GEOREGION	NUMFITO ind/ml	NUMCYANO ind/ml	CHLORO %	BACI %	CYANO %	CHRYSO %	EUGL %	XANTHO %
Chaco - Pampa	25	2	2205.8	1604.3	13.6	18.8	62.5	0.1	2.6	2.4
		Max	13454.0	12983.1	12983.1	68.7	99.1	2.6	18.5	43.6
		min	28.7	8.5	8.5	0.6	2.6	0.0	0.0	0.0
Oeste y noreste	27	3	527.9	527.9	166.3	39.8	26.8	2.4	0.1	0.1
		Max	3908.0	3908.0	1547.9	98.7	95.9	19.9	2.3	1.2
		min	0.9	0.9	0.03	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Patagonia andina	33	4	1031.5	1031.5	787.1	54.7	8.1	14.4	2.2	2.3
		Max	30251.0	30251.0	25710.3	99.4	85.0	61.1	26.4	24.2
		min	0.8	0.8	0.03	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Planicie Patagónica	13	5	921.3	921.3	40.7	51.2	3.6	0.3	2.8	8.6
		Max	8833.0	8833.0	459.3	95.8	15.4	3.7	20.8	63.2
		min	0.5	0.5	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 6-2. Principales características medidas del fitoplancton de los lagos y embalses estudiados, # número de ambientes en cada distrito

Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (BACI), Cianobacteria (CYANO), Chrysophyceae (CHRYSO), Euglenophyceae (EUGL), Xanthophyceae (XANTO) y Dinophyceae (DINO).

6.3. Distribución del fitoplancton según su distribución geográfica

Las cianobacterias dominaron, en general, los ambientes chaco-pampeanos mientras que las diatomeas dominaron los ambientes patagónicos y alcanzaron un 40% en promedio en los ambientes del oeste y noroeste de Argentina. Las clorofitas oscilaron entre un 15 y un 30% mientras que las crisofitas y las dinofíceas solo fueron relevantes en los ambientes andino patagónicos y los de las zonas áridas del oeste y noroeste respectivamente.

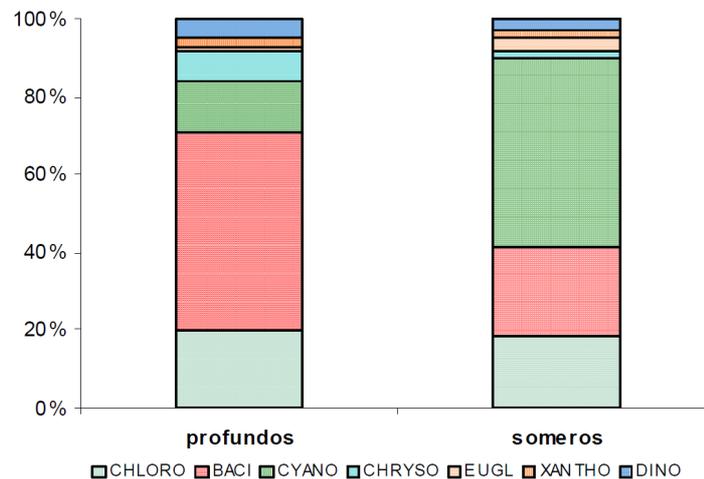


Distribución geográfica de las clases del fitoplancton en lagos y embalses de Argentina. Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (BACI), Cianobacteria (CYANO), Chrysophyceae (CHRYSO), Euglenophyceae (EUGL), Xanthophyceae (XANTO) y Dinophyceae (DINO).

Gráfico 6-1. Distribución geográfica y porcentual del fitoplancton

6.4. Distribución del fitoplancton según la morfología del ambiente

Con respecto a la distribución del fitoplancton según la profundidad de los ambientes, la conclusión es casi directa: los ambientes profundos estuvieron dominados por las diatomeas y los someros por las cianobacterias. En ambos tipos de ambientes las clorofitas alcanzaron, en promedio, un 20% del total relativo.

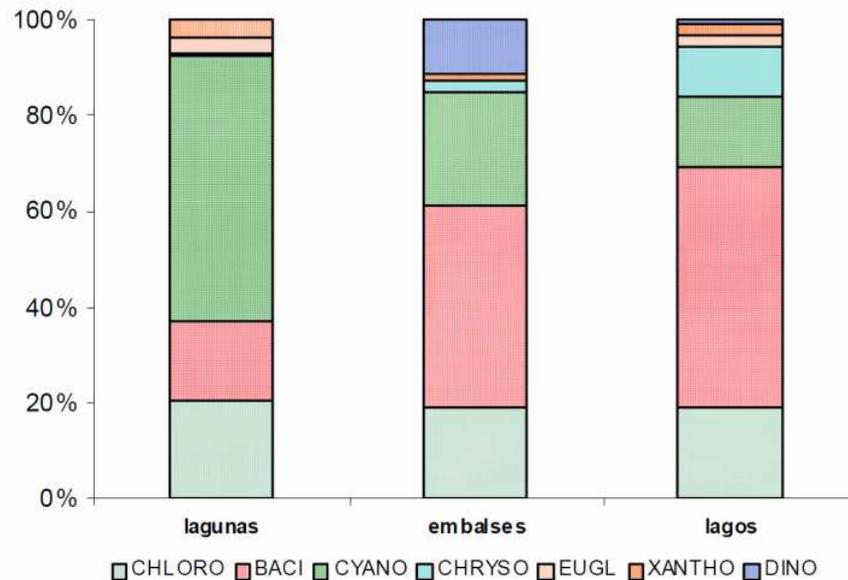


Distribución geográfica de las clases del fitoplancton en lagos y embalses de Argentina según la morfología del ambiente. Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (BACI), Cianobacteria (CYANO), Chrysophyceae (CHRYSO), Euglenophyceae (EUGL), Xanthophyceae (XANTO) y Dinophyceae (DINO).

Gráfico 6-2. Distribución morfológica y porcentual del fitoplancton.

6.5. Distribución del fitoplancton según el tipo de ambiente

El fitoplancton de las lagunas estuvo dominado por cianobacterias mientras el de los lagos lo estuvo por diatomeas. Los embalses se ubicaron en una posición intermedia con cierta predominancia de las diatomeas. En los tres tipos de ambientes las clorofitas alcanzaron, en promedio, un 20% del total relativo. Las dinofíceas y crisofíceas solamente fueron relevantes en embalses y en lagos respectivamente.



Distribución de las clases del fitoplancton en lagos y embalses de Argentina según el tipo de ambiente. Chlorophyceae (CHLORO), Bacillariophyceae (BACI), Cianobacteria (CYANO), Chrysophyceae (CHRYSO), Euglenophyceae (EUGL), Xanthophyceae (XANTO) y Dinophyceae (DINO).

Gráfico 6-3. Distribución del fitoplancton según el tipo de ambiente

6.6. Fitoplancton en un ambiente costero, Bahía Nueva (Chubut)

En el estuario del río Chubut, se han realizado trabajos referidos a la caracterización ambiental de esta zona y la relación de las especies de fitoplancton a las condiciones de salinidad y temperatura (Santinelli y col. 1990; Santinelli y Esteves, 1993).

Se realizaron estudios de las condiciones ambientales del golfo Nuevo (De Vido y Esteves (2000) Gil (2001)) se analizó el rol del nitrógeno en el proceso de eutrofización en la Bahía Nueva e identifican la carga estimada de nitrógeno y fósforo al sistema y el balance de nutrientes y aplican un modelo (LOICZ) para una determinada época del año, si bien dicho modelo sugiere que el metabolismo neto de la bahía sería casi neutro y que la carga de nitrógeno antropogénico aplicada por unidad de área o volumen sería baja, a nivel de la franja costera existen evidencias de cambios.

Diaz y col. (2002) reportan cambios en las asociaciones de macroalgas que evidencian síntomas de eutrofización en el Golfo Nuevo.



Con respecto a episodios de floraciones algales nocivas, en nuestro país se han registrado desde el año 1980, numerosos episodios de toxicidad por VPM (veneno paralizante de moluscos), que se conocen a través de los trabajos de Carreto y col. (1981; 1985; 1986; 1993) en la plataforma del Mar Argentino y en los que se demuestra la expansión del fenómeno a gran parte de la zona costera. Episodios ocurridos en estas áreas están descriptos en los trabajos de Vecchio y col. (1986), Esteves y col. (1992), Santinelli y col (1994; 1995). El organismo responsable de la producción de VPM ha sido en todos los casos *Alexandrium tamarense*.

Otros dinoflagelados potencialmente nocivos productores de toxinas diarreicas identificados fueron *Prorocentrum lima* (Gayoso y col., 2002) y *Dinophysis acuminata* (Santinelli y col., 2002).

Sastre y col, (2006) informan del primer registro de ácido domoico, en aguas costeras patagónicas y se presenta por primera vez en el Mar Argentino, la especie *P. fraudulenta*, como responsable de la producción de ácido domoico.

Recientemente se ha elaborado el Atlas de Sensibilidad del Mar Argentino donde se realiza una actualización de la situación de la contaminación en la zona costera del Mar Argentino; se brinda una descripción de las actividades que se desarrollan en las principales ciudades costeras y el aporte de efluentes parcial o totalmente maltratados al sistema costero marino con evidencias de los procesos de eutrofización que se están manifestando.

6.7. Presencia de cianobacterias en el agua de los embalses cordobeses

Estos organismos, se encuentran en zonas cercanas a las tomas de agua para provisión potable, lo que implica un riesgo para la salud humana, ya que pueden provocar cuadros de diarreas, vómitos, mareos y trastornos digestivos.

Así como las lluvias evitan la concentración de estos organismos, la gran sequía del año pasado produjo un aumento de estas floraciones. Señalan que en el dique San Roque se observó cianobacterias. Con la última sequía, el embalse cambió su dinámica de comportamiento y empezó a tener un funcionamiento similar al de una laguna y es probable que las cianobacterias se vean favorecidas por esta situación.

En un trabajo realizado a fines de marzo, Marcelo Pierotto junto a otra investigadora del Laboratorio, Claudia Daga, muestrearon el agua de cinco embalses: San Roque, La Quebrada, La Falda, El Cajón y Cruz del Eje. Como resultado constataron la presencia de cianobacterias exclusivamente en el San Roque. “En la zona del paredón de ese embalse se ve una gran mancha de color verde. Las muestras tomadas allí fueron llevadas al laboratorio y luego de 24 horas de incubación en una cámara formaron una película compacta de tres centímetros de espesor. La especie encontrada en las muestras es *Microcystis* sp. conocida por ser tóxica para las personas y para los animales de vida silvestre, ya que afecta el funcionamiento del hígado.

Aunque hasta el momento no se conocieron intoxicaciones causadas por cianobacterias en pobladores de la provincia, esta investigación reviste un alto interés sanitario, dado que según explica Pierotto “en los centros sanitarios la mayor parte de las diarreas y trastornos gastrointestinales son atribuidos a otras bacterias, sin tener en cuenta la posible presencia

de cianobacterias y sus metabolitos en aguas de consumo humano. Quienes sí conocen bien esa relación son los lugareños, quienes cuentan cuando sus vacas o caballos toman agua en la costa de embalses con presencia de manchas verdes, tienen diarreas.

La concentración de este tipo de bacterias representa nuevos desafíos para las plantas potabilizadoras de agua y para los agentes sanitarios, por lo que la información obtenida por el Laboratorio de Hidrobiología es de sumo interés para las cooperativas de agua y entes reguladores.

En 2006, por un convenio con el ministerio de Salud de la Nación y secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, el Laboratorio realizó un monitoreo de sistemas acuáticos en seis provincias de Argentina (Córdoba, San Juan, Mendoza, Buenos Aires, Jujuy y Neuquén). Se concluyó que la mayoría de los embalses ubicados en la zona centro-norte del país presentaban floraciones algales recurrentes.



Figura 6-2. Presencia de cianobacterias en el Embalse San Roque, Córdoba

6.8. Programas y conferencias sobre problemas de cianobacterias

Se han desarrollado conferencias y mesas redondas en distintas reuniones científicas en las que se abordó la problemática de las Cianobacterias tóxicas.

Si bien es cierto que a nivel nacional e internacional distintos especialistas han llevado a cabo investigaciones científicas relacionadas con los diversos aspectos nocivos de las Cianobacterias, este tema de considerable importancia sanitaria y económica, no ha sido igualmente valorado por la mayoría de las autoridades responsables de asegurar la calidad del agua de consumo domiciliario y recreativo. Esta situación resulta un potencial riesgo para la población, sería factible incorporarlo como tema prioritario en un futuro no muy lejano, por lo que aquí encontramos otro incentivo para nuestra investigación basada fundamentalmente en la zona de estudio abordada pero que no nos limita a realizar un análisis más extenso de la problemática en el futuro.



Capítulo 7. CARACTERÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS Y LAS LOCALIDADES QUE COMPRENDEN EL TRAMO DE ESTUDIO.

7.1. Provincia de Entre Ríos

7.1.1. Ubicación

La provincia de Entre Ríos se divide en 17 departamentos. Se encuentra situada entre los 30° 9' y 34° 2' de latitud sur y entre los 57° 48' y 60°47' de longitud oeste. Limita al norte con Corrientes, al oeste con Santa Fe, al sur con Buenos Aires y al este con la República Oriental del Uruguay.

Las fronteras provinciales de Entre Ríos están marcadas por ríos, el Paraná por el oeste y el sur, el Uruguay al este y al norte, el Guayquiraró con su afluente, el arroyo Basualdo y el Mocoretá con su arroyo de las Tunas. Sólo una pequeña franja entre estos arroyos norteros une por tierra a Entre Ríos con Corrientes y en esta zona los ríos y sus afluentes toman otro nombre. El Paraná es el "Pariete del mar" y tiene como afluentes al Guayquiraró, el Feliciano, los arroyos Hernandarias, Las conchas, salto y Ensenada.

El Uruguay, llamado "Río de los pájaros", recibe al Mocoretá, el Mandisoví Chico, el Mandisoví Grande, el Gualaguaycito, el Ayuí, el Yuquerí y el Palmar, el Ceibal, el Ñancay y el Gualaguaychú, denominado "Agua Tranquila" o "Agua de Andar Despacio", el más importante. El Gualaguay, o "Río de la Cueva del chancho" es el eje de la pendiente central y recoge aguas que transporta al Delta. La compleja red de ríos y arroyos de esta provincia es la más rica del país [6].

7.1.2. Relieve

El relieve entrerriano presenta un paisaje de llanura sedimentaria originado en la erosión, levemente ondulada, de alturas no superiores a los 100 metros. Estas alturas, mal llamadas cuchillas, son en realidad lomadas que constituyen una prolongación del relieve de Corrientes y que al ingresar a la provincia se divide en dos brazos: el occidental o de Montiel, de dirección sudoeste que llega hasta las cercanías del arroyo Hernandarias y el brazo oriental o Grande que desde el sudeste llega hasta el sur del departamento Uruguay. Estas lomadas determinan la divisoria de aguas es decir las pendientes hacia el río Paraná y hacia los ríos Uruguay y Gualaguay.

Además de estas lomadas, existen tres prolongaciones de dirección Norte - Sur, entre los arroyos Nogoyá y Clé, entre éste y el río Gualaguay y entre el río Gualaguay y el Gualaguaychú.

En la zona de Diamante, Victoria y Gualaguay, las lomadas dan al paisaje un aspecto de toboganes gigantes.

La base de la llanura sedimentaria es de origen precámbrico, sobre su superficie se fueron depositando los sedimentos afectados por movimientos epirogénicos, especialmente por formaciones del período Cenozoico con ingresos de origen marinos del Mioceno-Plioceno y del Holoceno.

Desde su propio nombre, la provincia denota la fuerte presencia de cauces hídricos que han determinado su demarcación geográfica e influido en su economía. Los dos



principales, el Paraná y el Uruguay, aglutinan a las grandes localidades en sus márgenes. Estos dos ríos forman subsistemas o pendientes dentro de la provincia a los cuales se han sumado otros dos.

7.1.2.1. Río **Paraná**

Presenta cauces que se encuentran entre los ríos Gualeguay y Paraná y desembocan en este, único de esta pendiente que nace fuera de la provincia, en el territorio brasileño y tras un recorrido de más de 3.800 km, desemboca en forma de Delta, en confluencia con el río Uruguay. La costa entrerriana del río Paraná es alta y barrancosa hasta la ciudad de Diamante, y a partir de aquí, la altura de la costa se invierte, dando lugar a la formación del Delta. Los principales ríos de esta pendiente son: el Guayquiraró (140 km.) que sirve de límite con la provincia de Corrientes; el río Feliciano (198 km.), nace en la lomada del Mocoretá y desemboca en las inmediaciones de Piedras Blancas; el Hernandarias (limita los departamentos de La Paz y Paraná); el arroyo de Las Conchas, que desemboca en Villa Urquiza; el arroyo Salto, lo hace en las cercanías de La Juanita y el arroyo Ensenada, que desemboca al norte de la ciudad de Diamante.

7.1.2.2. Río **Uruguay**

En torno a este río, el cual nace en Brasil, y desemboca formando con el Paraná, el Río de la Plata, después de recorrer 1.600 km. Los principales ríos y arroyos de esta pendiente son: el Mocoretá (limita Entre Ríos con la provincia de Corrientes), el Mandisoví Chico, el Mandisoví Grande, el Gualeguaycito, el Ayuí Grande, el Yuquerí Grande, el Yuquerí Chico, el Yerúa, el Chico de Pedernal, el Palmar, el Pos Pos, el Perucho, el Urquiza, el Curro, De la China, Tala, Osuna, el Gualeguaychú (182 km.), el Ceibal, Ñancay y el Naranjo.

7.1.2.3. Río **Gualeguay**

El río Gualeguay nace en Federación y tiene un recorrido de 375 km., desembocando en el Paraná-Pavón y Paraná-Ibicuy. Es de régimen pluvial y sus principales afluentes son: a margen derecha, Taraguy, Sauce, Federal, Diego López, Ortiz Mojones, El Tigre, el Tigresito, Raíces, Altamirano, Tala, Jacinta; y en su margen izquierda Chañar, Lucas, Cañada Grande, Sandoval, Vizcacheras, Villaguay, Bergara, Calá, San Antonio y Ceballos

7.1.2.4. **Delta del Paraná.**

Este recurso está ubicado en una región de territorio bajo, inundable y de islas, a partir de Punta Gorda, al sur de la provincia. La integran, el riacho Victoria, los arroyos de Las Cuevas, Paranacito, Correntoso, Barrancoso, Doll, Los Ceibos, Manantiales y el arroyo Nogoyá, de 132 km. de largo, entre otros. Dentro del Delta, al sur del río Gualeguay, se localizan el Paraná-Pavón y el Paraná-Ibicuy y en el Delta propiamente dicho: el río Paranacito, el Sagastune, el Brazo Largo, el Brazo Chico, el Gutiérrez, el Paraná Bravo, el Sauce, el Paraná-Guazú.

En Entre Ríos no se encuentran lagos, aunque en las partes bajas de sus lomadas se forman bañados o esteros. Ejemplo de esto son: el Yacaré, la Laguna del Pescado, del Sauzal, del Rabón, de los Toldos, de las Cañas, esteros de Morán, la laguna Carabajal, la laguna de los Gauchos, la laguna Larga, la laguna de Las Tejas, de Montiel y otras.



7.1.3. Clima

Por su situación geográfica en Entre Ríos la temperatura disminuye de norte a sur. Dado esto podemos encontrar dos regiones climáticas: una subtropical sin estación seca y otra cálida.

La primera afecta a los departamentos de Federación, Feliciano, Federal y norte de La Paz. Los inviernos son suaves y los veranos con temperaturas promedio superiores a los 26°C. La temperatura media anual es de 20°C. Las precipitaciones superan los 1000 mm anuales y predominan los vientos norte, este y noreste.

La segunda región climática, que corresponde al resto del territorio, presenta inviernos cuya temperatura media oscila entre los 7° C y 10° C, en verano, entre los 19°C y 23°C. La amplitud media varía entre los 10°C y 16°C. En esta zona se encuentran presentes vientos del sur, sureste, noreste y pampero. Las precipitaciones, en promedio, son inferiores a los 1000 mm anuales.

7.1.4. Economía

Una de las tradicionales producciones entrerrianas es la ganadera que a partir de la no existencia de la fiebre aftosa y de otras enfermedades, ha cobrado un nuevo impulso generándose un importante número de nuevas colocaciones para las carnes vacunas en los mercados más prestigiosos como el de la Comunidad Económica Europea, el de los Estados Unidos y el del Sur de Brasil.

Existen en Entre Ríos aprox. 4.000.000 de cabezas de ganado vacuno, concentrado especialmente en las tierras del norte y sur de la provincia, cuyas condiciones naturales para la crianza y engorde de los mismos son excepcionales para las razas más cotizadas del mercado.

El crecimiento de la agricultura permanente en el laboreo y las hectáreas sembradas, como también los excepcionales rindes que se obtienen de sus tierras, han colocado a la provincia en una posición importante en la producción de granos dentro de las provincias no pampeanas.

Los rindes por hectárea sembradas en los principales granos promedian los siguientes valores (en quintales):

- ✓ Arroz - 52,80
- ✓ Soja - 23,30
- ✓ Maíz - 52,70
- ✓ Sorgo - 37,60
- ✓ Girasol - 19,40
- ✓ Lino - 8,30
- ✓ Trigo - 16,80

En el caso particular del cultivo de arroz, Entre Ríos es la primera productora del país y la principal provincia exportadora, con ventas que rondan las 750.000 toneladas anuales, siendo Brasil su principal comprador.

Por su parte, la producción láctea ha experimentado en la última década un crecimiento sorprendente, de ser una provincia con pequeñas explotaciones tamberas incluso con una gran proporción destinada al consumo familiar del granjero ha pasado a producir para el



mercado nacional y para satisfacer la demanda del comercio de exportación, fundamentalmente orientada al mercado brasileño.

La aplicación de nuevas tecnologías en el ordeño, el pastoreo, la alimentación en general y la genética, la ampliación de caminos rurales afirmados y la extensión masiva de la electrificación rural han contribuido en forma fundamental a apuntalar este crecimiento sostenido y cuyas proyecciones hacia el futuro cercano sobrepasan incluso el marco geográfico del Mercosur. Prueba de esto es el proceso ininterrumpido de inversiones que está realizando la industria del sector en sus principales empresas.

La citricultura por su parte, cuenta con una asentada tradición, dedicada mayoritariamente a la producción de naranjas, pomelos, mandarinas y limones frescos para la Comunidad Económica Europea y grandes centros urbanos, como así también en la elaboración de jugos naturales al 100%, tan codiciados en la actualidad.

Entre Ríos la primera provincia citrícola exportadora de la República Argentina, y permitiendo desarrollar además una importante red de pequeñas y medianas empresas elaboradoras de jugos varios, cremogenados, concentrados, esencias, deshidratados, etc. que generan gran número de empleos.

La avicultura con un gran desarrollo en la costa del río Uruguay e importantes núcleos productivos en el resto del territorio, la crianza de aves se encuentra integrada con los procesos de faenamiento y comercialización, a través de varias empresas, muchas de ellas líderes en el mercado regional que proveen todo el paquete tecnológico a los criadores.

Largos y constantes esfuerzos superadores han dado sus frutos en productos que hoy son reconocidos por su precio y por su calidad.

Asimismo la producción de huevos está integrada a semejanza de la crianza de aves, lo que permite proveer al mercado nacional con el producto fresco, e internacionalmente con las más avanzadas técnicas de huevo en polvo.

Los recursos forestales son un vector que registra un crecimiento constante dentro de la economía.

Actualmente se encuentran implantadas más de 91.000 hectáreas, principalmente en tierras aledañas a la costa del río Uruguay, al norte, existiendo un potencial en toda la provincia de 2.500.000 has.

La especie de mayor gravitación es el eucaliptus, seguido por el pino y las salicáceas.

Junto con la implantación también se desarrolló una infraestructura de aserraderos y establecimientos elaboradores de maderas.

Un dato que grafica la importancia de esta economía regional lo constituye la instalación del proyecto maderero más grande de la Argentina concretado en la ciudad de Concordia en el año 1993 cuya inversión a la fecha supera los U\$S 200 millones. Este emprendimiento está orientado principalmente al mercado del Mercosur, con la comercialización de paneles decorativos, maderas para muebles y bienes medios y/o finales con la utilización de los residuos de maderas provenientes de los aserraderos.

Aserraderos, este sector de la actividad representa un gran potencial para el futuro crecimiento productivo y económico de la provincia de Entre Ríos. Actualmente posee poco peso en el contexto nacional.



Existen un total de 1.347 establecimientos industriales en la Provincia, de los cuales 163 son aserraderos. En general estos últimos en un 90 % están ubicados en el área forestal Gualeguaychú - Chajarí.

La distribución departamental es la siguiente:

- ✓ Federación - 54
- ✓ Concordia - 34
- ✓ Colón - 28
- ✓ Uruguay - 7
- ✓ Gualeguaychú - 9
- ✓ Paraná - 10
- ✓ La Paz - 9
- ✓ Otros - 12

Cabe mencionar que en los últimos años se formó un nuevo polo industrial de la madera en la localidad de Ubajay y alrededores, en donde se han radicado 15 aserraderos, algunos con moderna tecnología.

Toda esta estructura está exclusivamente orientada al procesamiento de madera de pino y eucaliptus, con la excepción de algunos aserraderos de la zona de islas sobre el río Paraná que trabajan con salicáceas.

Apicultura, la producción de miel y derivados se concentra en una amplia zona de la provincia de Entre Ríos se destacan los departamentos de Concordia, Paraná, Rosario del Tala, Victoria y Gualeguaychú, todos ellos dedicados a esta actividad.

La industria entrerriana surgió hace varias décadas atrás ante la imperiosa necesidad de superar el aislamiento crónico con el resto del país y de la región, y su objetivo primordial fue proveer a sus ciudades, pueblos y zonas rurales de bienes de consumo e intermedios para la producción.

La producción industrial, que algunas veces se desarrolla de manera conjunta en establecimientos mixtos, procesa la carne vacuna, ovina y de ave se hallan instalados en la provincia frigoríficos mixtos y curtiembres en los departamentos de Concordia, Colón, Gualeguaychú y Paraná, que envasan carne deshuesada y congelada para exportación, conservas y concentrados de carne.

El turismo como punto importante se ha incorporado con gran fuerza a las actividades económicas de la provincia, el que ha crecido considerablemente en los últimos años de la mano de los parques termales distribuidos a lo largo de la costa del río Uruguay complementados por los numerosos balnearios y parques autóctonos propios de la flora de esta provincia.

Actualmente las empresas entrerrianas han conformado un liderazgo importante en el vector agroalimentario, a la vez que se destacan por la producción metalmecánica y de máquinas, herramientas e instrumentos de calidad para la actividad agrícola, ganadera y el resto de las empresas industriales, fruto de una experiencia creativa que acompañó al país en sus distintos avatares económicos.

Consciente de la necesidad de seguir creciendo con rentabilidad, bajos costos y calidad, varias empresas de la provincia han comenzado a aplicar las normativas ISO con excelentes resultados.



Caracterizadas además por un trato completamente desburocratizado y fluido, las industrias entrerrianas representan una importante oportunidad para lograr acuerdos de cooperación [6].

7.2. Localidades del tramo de estudio

7.2.1. Concordia

7.2.1.1. Ubicación y población

Concordia es un departamento del noreste de la provincia de Entre Ríos en la República Argentina, toma el nombre de su cabecera, la ciudad de Concordia. Es el sexto más pequeño de la provincia, con 3259 km², y el segundo más poblado, con 169 459 habitantes, de acuerdo a los datos provisionales del censo de 2010 (INDEC).

Limita al oeste con los departamentos Federal y San Salvador, al norte con el departamento Federación, al sur con el departamento Colón y al este con la República Oriental del Uruguay, de la cual está separado por el Río Uruguay y el embalse de la represa de Salto Grande sobre el mismo río.

Su ciudad cabecera, por su población, ocupa el segundo lugar entre las ciudades de la provincia, siendo sólo superada por Paraná y es además, la de mayor población de la cuenca del Río Uruguay. La autovía nacional N° 14 es la principal vía de comunicación de Concordia con el resto del país y con países vecinos [6].

7.2.1.2. Características hidrográficas.

Concordia se ubica aproximadamente a 430 km al norte de la Ciudad de Buenos Aires, frente a la ciudad de Salto, de la cual está separada por el río Uruguay, el cual tiene entre 500 y 700 m de ancho normal en la zona. Este río en Concordia es atravesado por el llamado salto Chico, formado por varios encadenamientos rocosos, además de otros grupos como los arrecifes de playa Nébel que llegan hasta la mitad del río y aguas abajo de la ciudad las rocas de Hervidero y Corralito. Algunos kilómetros al norte de la represa hidroeléctrica de Salto Grande se hallaba el salto Grande (Ytuí o Ituí en la lengua guaraní), que interrumpía la navegación del río Uruguay, hasta la construcción de la represa de Salto Grande [6].

7.2.1.3. Turismo

Termas Concordia fue inaugurado el 3 de abril del año 1998. Sus aguas termales surgen de una perforación de 1.200 mts. de profundidad, obteniendo un caudal de 400.000 lts. por hora y una temperatura de 49° en boca de pozo, por lo que las mismas se denominan Hipertermales.

Este Complejo Termal, está dispuesto para la recepción del turismo, se encuentra en medio de un excepcional entorno natural conformado por bosques de pinos y eucaliptos, y a menos de 15 minutos de la ciudad de Concordia.

En la actualidad, Termas de Concordia cuenta con seis piscinas de temperaturas oscilantes entre los 36° y 44° C, una de estas aparece cubierta; un sector exclusivamente



constituido por piletas para niños, una piscina con agua termal fría durante el verano y un lago termal

El lago-embalse formado por la Represa de Salto Grande es utilizado para deportes náuticos, en él se encuentran los puertos deportivos: Luis, San Rafael y Concordia Yachting Club.

Existen playas sobre el lago: Punta Viracho, Las Palmeras, Playa Los Médicos, Las Palmeritas, las Perdices, Playa Sol, etc. el río Uruguay: playa Los Sauces, Nebel, Balneario Municipal, Salto Chico, Camping La Tortuga Alegre, etc. y sobre diversos arroyos como el Yuquerí Chico, el Ayuí Grande y el Yuquerí Grande: Cascaditas de Dri, Tribilín, Los Lobos, Don Matías, Cambá Paso, entre otras[6].

7.2.1.4. Actividades económicas

Como “Capital Nacional de la Citricultura”, desde el año 1963, Concordia posee un cinturón de quintas cítricas que rodea la ciudad. Sus frutos son importados gracias a la desarrollada Industria Citrícola.

El arroz ocupa un lugar preponderante, cuya calidad lo hace exportable. La actividad forestal, de pinos y eucaliptos, posee aserraderos y empresas que absorben mucha mano de obra, obteniendo así importantes beneficios.

También forman parte del desarrollo económico de esta ciudad, la ganadería y la apicultura.

Actualmente se desarrolla la actividad de los arándanos lo que ha atraído numerosas empresas del exterior que se instalan en la zona[6].

7.2.1.5. Tema de interés

En los últimos años se han desarrollado, en el embalse de la Represa de Salto Grande, floraciones de cianobacterias con mayor intensidad, en cuanto a su densidad y tiempo de duración. Los géneros de cianofíceas predominantes son potencialmente productores de toxinas, principalmente microcistinas, por lo cual es un tema que se ha instalado en la agenda de la salud pública por su eventual efecto perjudicial sobre el uso del recurso hídrico a los fines de recreación, turismo y lo más importante, como fuente para la producción de agua potable.

A la altura de la Planta Potabilizadora de la ciudad de Concordia, ubicada en la margen derecha del río aproximadamente 10 km aguas abajo de la represa, urge la necesidad de estudiar el efecto que los distintos tratamientos aplicados a la potabilización del agua en la remoción de microcistinas.

Se realizan estudios comparativos sobre la remoción de microcistinas mediante la utilización de distintos agentes: cloro y carbón activado en polvo, en condiciones de laboratorio, y se analizan la posibilidad de aplicación de las alternativas estudiadas al proceso de potabilización de la planta potabilizadora de la ciudad de Concordia[7].



7.2.2. Colón

7.2.2.1. Ubicación, población

La ciudad fue fundada por el General Justo José de Urquiza, primer presidente constitucional del país, el 12 de abril de 1863. Tuvo marcado su destino turístico desde aquel día, cuando el fundador expresó en su proclama que ubicaba a la villa "en el más bello recinto de las hermosas riberas del Uruguay".

Colón es la capital del Depto. se encuentra a 295 Km de Paraná y a 320 Km. de Bs. As. se puede acceder a esta región del país a través del Puente Zárate-Brazo Largo, que se conecta con la Autovía nacional N° 12, luego empalma con la Autovía nacional N° 14, hasta el destino. Desde Uruguay se logra llegar a esta región por medio del Puente Int. Gral. Artigas que une a Colón con la ciudad de Paysandú, del vecino país[6].

7.2.2.2. Turismo

Se la considera la Capital Provincial del Turismo, debido a la llegada de turistas atraídos por las cinco playas sobre el río Uruguay, suman aproximadamente unos 14 km de arenales, conformando una de las playas más extensas de Entre Ríos y para las que se han desarrollado servicios de hotelería y camping. El principal hotel de la ciudad, el "Hotel Internacional Quirinale", cuenta con un casino. También existe el turismo alternativo, realizando tanto safaris náuticos como terrestres, con embarcaciones semirígidas o vehículos 4 x 4.

Parque Quirós.

Está ubicado en una de las partes más elevadas de la ciudad, constituyéndose en un mirador del paisaje costero. Está rodeado de barrancas, senderos peatonales y escalinatas. Se han dispuesto sectores destinados al deporte y la recreación tales como tenis, fútbol, básquet, rugby, aerobics, entre otros.5

Alternativas de todo tipo se suman al proyecto de este lugar pensado y preparado para recibir al turista cuya presencia es cada vez mayor. Cada una de las propuestas de Colón están teñidas de aventura y emoción, sus aguas termales, sus palmares, el río y la calidad de su excelente infraestructura, brindan al visitante la más cálida bienvenida

La conjunción de ríos y verdes, de playas blancas y un cielo límpido, le confieren a la ciudad una belleza singular.

La ciudad en su mejor época es visitada por 200.000 personas aproximadamente, cifra que se incrementa durante el festejo de la Fiesta Nacional de la Artesanía[6].

Termas

El complejo de piletas en Termas de Colón, Entre Ríos, le permite sumergirse y relajarse dejando que las propiedades del agua actúen. El visitante disfruta de las aguas termales en un microclima de calma y confort a pocos metros del Río Uruguay y del campo de Golf.

Se encuentra situada en un excepcional marco de tranquilidad y naturaleza, a pocos metros de la ciudad de Colón y con vista al río Uruguay, en verano y en invierno para disfrutar del descanso y la reconstitución psicofísica.



Cuenta con 9 piletas distribuidas en cuatros cuerpos: una pileta donde están ubicados los chorros a presión y duchas, 2 piletas de 1,20 m de profundidad, 2 piletas profundas de 1,60 m, 2 piletas de chicos (0.60 y 0.40 m) todos estos sectores están al aire libre [6].

Puerto

El Puerto de Colón está en el km 216 de la margen derecha del río Uruguay. No existen antecedentes de haberse segado la zona portuaria, no siendo necesario su dragado con periodicidad. Los dragados del canal portuario se hallan a cargo del Distrito Río Paraná. Pueden operar buques de cabotaje fluvial de hasta 60 m de eslora, de a uno a la vez debido a que el muelle central está inhabilitado y el muelle bajo obstaculizado por un buque hundido y dos en andana. Admite, uno amarrado al muelle alto y dos en andana. Los movimientos de embarcaciones menores se llevan a cabo en la Caleta Deportiva.

Fiesta Nacional de la Artesanía

La "Fiesta Nacional de la Artesanía" se remonta a la década de 1960, años en los cuales se realizaban pequeñas muestras. En 1986 fue reconocida Fiesta Nacional. Los artesanos inscriptos fueron 235.

Continuando el crecimiento del predio resultaba cada vez más estrecho para brindar comodidad a tantos expositores y público que visitaba el evento, debido a esto, en noviembre de 1990, la comisión organizadora decide realizar la próxima edición en el Parque Quirós, el éxito fue impactante y logró acrecentar aún más la cantidad de expositores y público.

En 1993 se realiza paralelamente el primer Congreso Nacional y latinoamericano de artesanías, como consecuencia de la apertura del Mercosur.

Durante los meses de enero y febrero, la ciudad de Colón da lugar a la fiesta del carnaval. Los corsos colonenses se constituyen en una fiesta popular que rescata la más viva tradición del pueblo colonense.

Pesca deportiva

El río Uruguay ofrece excelentes correderas de agua clara sobre bancos de arena para pescar con mosca o en spinning, canales y pozones ideales para hacer trolling, embarcaciones rápidas y cruceros totalmente equipados.

7.2.2.3. Actividad económica

El turismo es la actividad más desarrollada en esta ciudad. La ciudad entera funciona en torno a la demanda turística en temporada alta. Debido a esto se está ubicando como la ciudad de mayor índice en construcción

Entre los cultivos tradicionales tiene gran predominio el arroz y en menor medida el maíz. En la orilla del Río Uruguay se desarrolla la horticultura bajo cubierta, favorecida por el agua a poca profundidad y los suelos arenosos.

Se cultiva el trigo y frutas cítricas como productos agropecuarios y se destaca la presencia de aserraderos como productos industriales [6].



7.2.2.4. Tema de interés

Floración de algas

Asamblea Ciudadana Ambiental Colón (29/02/2012)

Por la floración de algas, el domingo pasado se realizó la reunión de vecinos en Plaza San Martín. En la misma se mostraron imágenes sobre las características físicas y biológicas de las algas que por estos días colmaron el río Uruguay. Debido al uso de químicos, como el fósforo y el nitrógeno, más la temperatura de las aguas, hizo que las cianobacterias se multiplicaran rápidamente en toda la cuenca del río. Las razones de la situación las encontramos en el uso de éstas sustancias en la agricultura que, progresivamente, van llegando a los cursos de agua por medio de las lluvias, más el aporte de los sistemas cloacales de las ciudades costeras y las industrias que no procesan sus efluentes. Con relación a los efectos sobre la salud se señaló que en casos de ingestión accidental los síntomas reportados incluyen dolor abdominal, náusea, vómito, diarrea, dolor faríngeo, tos seca, dolor de cabeza, úlceras en la boca, neumonía atípica y elevación de las enzimas hepáticas en el suero (especialmente en la gama-glutamil transferasa). Otro aspecto importante en relación con las cianotoxinas, es el efecto cancerígeno de las microcistinas. Cabe destacar que la primeras presencias de estas algas se reportan desde la década de los 80, desde entonces la situación se fue agravando año a año. Estamos ante la degradación progresiva de las aguas superficiales, situación que afecta a los sistemas de potabilización urbana. Como propuesta para ser analizada se señaló que la solución al problema es, en primera instancia que se reconozca como tal. Luego, petitionar ante quién corresponda para que se establezcan restricciones a las fumigaciones respecto de los cursos de agua y a los centros poblados, e implementar tratamientos a los vertidos tanto urbanos como industriales. Esta propuesta y otras que puedan surgir, se evaluarán en la próxima reunión de vecinos a realizarse el próximo domingo 4 de Marzo nuevamente a las 21 hs en Plaza San Martín. No faltes, tu aporte es necesario. Asamblea Ciudadana Ambiental Colón

7.2.3. Concepción del Uruguay

7.2.3.1. Ubicación y población

La ciudad se encuentra en las coordenadas 32°29'04"S 58°14'13"O, recostada sobre el arroyo Molino y el riacho Itapé, ambos afluentes del río Uruguay.

El radio municipal o ejido limita al norte, por la coordenada 14 del paralelo 32°24' sur del Ecuador, desde el río Uruguay hasta el arroyo Molino y por el cauce de éste hasta la coordenada 72°58' oeste de Greenwich, al oeste, por la mencionada coordenada desde el arroyo Molino hasta el arroyo El Tala por el sur, y al sur, por el arroyo El Tala hasta su desembocadura, esta posee 94.070 habitantes..

7.2.3.2. Características Hidrográficas

El estudio de las curvas de nivel, permiten apreciar en el departamento las estribaciones meridionales de la "Cuchilla Grande". Recordemos que en ese aspecto, la "Cuchilla Grande" junto con la del Montiel nacen al sur de Corrientes y ya en Entre Ríos se bifurcan, ésta última con orientación NE-SO y la "Cuchilla Grande" con orientación paralela al río Uruguay.



Al alcanzar el extremo norte del departamento Uruguay, se aprecia en ésta "Cuchilla Grande" una nueva bifurcación conformando dos claros ejes norte-sur, que actuarán como líneas divisorias de aguas en el departamento. La elevación del oeste que sigue la orientación de las poblaciones Las Moscas, Gdor. Urquiza, Líbaros, Basavilbaso, engendra una serie de arroyos y pequeños cursos hidrográficos como Las Moscas, San José, Obispo, Calá, Malo y A° Pancho, que se constituyen en afluentes del río Gualeguay; y el A° Gená con sus afluentes La Posta y Genacito, como afluentes del río Gualeguaychú.

La elevación del este que se ubica con marcado paralelismo al río Gualeguaychú sobre la margen izquierda de éste, actúa aún más claramente que la anterior como línea divisoria de aguas. Al oeste da nacimiento a numerosos arroyos que desembocan en el río Gualeguaychú. Ejemplo de ello son entre otros, de norte a sur, los arroyos Pantanoso, Crucecitas, Rana, El Sauce, San Pedro, Centella, Isletas, y al este, desembocando en el río Uruguay, los arroyos Urquiza y la cañada El Cordobés que lo origina y actúan como límite entre los departamentos Uruguay y Colón, y hacia el sur los arroyos Molino, de la China, Del Tala, Osuna, Planes, Cupalén y los arroyos Abrojal y La Verde que engendran al San Lorenzo.

7.2.3.3. Turismo

La ciudad tiene disponible su principal atractivo de "temporada alta": sus playas y balnearios. En efecto la ciudad cuenta con varios y diferentes sitios donde el turista podrá disfrutar del agua, la arena y la naturaleza, como ejemplo, Banco Pelay, tradicional balneario de Entre Ríos, todo en un marco de extensas playas de más de 5 kilómetros de extensión, doradas arenas y aguas tibias. Paso Vera, ubicado al norte de Banco Pelay, este balneario funciona en una de las pocas áreas naturales protegidas de esta provincia, con servicios y sector de camping y parrillas adaptados a su condición de zona natural. Isla Natural Cambacúa, ubicada en medio del río Uruguay, a esta extensa playa de finas arenas que se hunde lentamente en las aguas del "río de los pájaros" y es ideal para el disfrute sin riesgos de familias y chicos. Dotada de todos los servicios que requiere el turista actual se accede por medio de un catamarán con capacidad para 40 pasajeros. Para quienes buscan una mayor tranquilidad y seguridad de los pequeños, la ciudad cuenta con balnearios sobre los diferentes arroyos que recorren la geografía entrerriana, entre ellos merece destacarse "El viejo Molino", situado a orillas del arroyo Urquiza en el predio de lo que fuera un antiguo molino hidráulico del que aún se conservan sus ruinas, con un lago artificial y sitios para acampar o realizar el "clásico" asado de vacaciones. Una vez regresado el visitante a la ciudad, luego de un día de playa, Concepción del Uruguay le ofrece al visitante otras opciones como para prolongar el día de actividades y disfrute. El turista no puede dejar de concurrir al recientemente inaugurado complejo termal Termas Concepción.

Además, la ciudad ofrece numerosos vestigios de la historia grande de nuestro país representados por museos, monumentos y lugares históricos nacionales, entre ellos el Colegio Nacional y la Basílica de la Inmaculada Concepción que abren sus puertas adaptándose a la vida de playa de la ciudad.

Para quienes deseen prolongar la noche tras la cena es recomendable visitar el Casino, ubicado en pleno centro y en uno de los edificios declarado de "Interés Histórico" por el municipio local, simplemente pasear por la peatonal Rocamora y visitar el Mercado de



Arte 3 de Febrero dónde podrá recorrer los numerosos puestos atendidos por los mismos artesanos que venden sus trabajos.

Los más jóvenes disponen de una gran variedad de opciones para recibir el nuevo día: boliches, pubs y confiterías donde podrán divertirse bailando, haciendo nuevos amigos o escuchando grupos musicales locales o nacionales que con frecuencia se presentan en la ciudad.

Dependiendo de la época del año, el turista podrá disfrutar y participar de eventos de trascendencia nacional, tales como la Fiesta Nacional de la Playa de Río, que se realiza en el mes de enero en el balneario Banco Pelay.

7.2.3.4. Actividad económica

Puerto

El puerto de la ciudad es considerado como uno de los más importantes del país. Permite la operación tanto de barcos y buques fluviales como de ultramar, algunos de gran tonelaje. Ha sido tradicionalmente un puerto de exportación de cereales y oleaginosas como también de maderas. Dispone de un atracadero para la descarga de combustibles.

Las instalaciones portuarias tienen un elevador terminal con capacidad de almacenaje de 30.000 t y de 1.200 t/hora de carga. Seis galpones de 2.200 m² cada uno y una capacidad total de almacenamiento de 24.000 t. Posee una superficie de 170.000 m², siendo su extensión de unos 1.550 metros por 125 metros de ancho aproximadamente, pudiendo amarrar a lo largo del mismo varios buques de ultramar y de cabotaje, en forma simultánea.

Sitios de amarre: posee 23 muelles en total, 13 para carga general, 4 para enfriado y congelado, 5 cerealeros y 1 para descarga de combustibles.

Dispone asimismo de una zona franca anexa. La Zona Franca de Concepción del Uruguay fue creada en el año 1910 mediante la Ley N° 8092 y reglamentada –ochenta y dos años después– por el Poder Ejecutivo Nacional a través de los Decretos N° 1935/92 y N° 2409/93. La de Entre Ríos es una Zona Franca Comercial, de Servicios e Industrial para la exportación. El predio de la Zona Franca tiene una extensión de 111 hectáreas que están ubicadas cercanas al cruce de las Rutas Nacional N° 14 y Provincial N° 39, lindante al Parque Industrial de Concepción del Uruguay.

Industrias

Se destaca como actividad industrial a la actividad frigorífica avícola, con tres plantas de faena y procesamiento de aves que emplea a más de 2500 personas sólo en las del casco urbano. La mayor parte de la producción se destina a la exportación. La agroindustria es importante ya que cuenta con arroceras, molinos harineros, plantas de elaboración de aceites vegetales y otras. La industria maderera, la carrocería y la metalúrgica son también destacables. La ciudad cuenta con un parque industrial en las afueras de la misma con instalaciones aptas para la radicación de grandes fábricas.

7.2.4. Gualaguaychú

7.2.4.1. Ubicación

Gualaguaychú es un municipio del departamento Gualaguaychú del cual es cabecera, posee una población de 101.350 habitantes. El municipio comprende la localidad del



mismo nombre y un área rural. Se ubica a orillas del río Gualeguaychú, en el sudeste de la provincia, a 230 km de la ciudad de Buenos Aires y a 25 km de la República Oriental del Uruguay. Se encuentra en las coordenadas geográficas 33°00'28"S 58°30'40"O. Es la tercera ciudad más grande de la provincia de Entre Ríos en Argentina.

7.2.4.2. Turismo

Es una de las ciudades turísticas más cercanas a los conglomerados urbanos de las provincias de Buenos Aires y de Santa Fe, y una de las ciudades más visitadas por los turistas internacionales que buscan la tranquilidad de los verdes. Existe una demanda estacional (verano) de una elevada afluencia turística, con un movimiento de personas que alcanza las 400.000, fundamentalmente de Capital Federal y Provincia de Buenos Aires, notándose últimamente un gran incremento de turistas provenientes de las provincias de Santa Fe y Córdoba, atraídos por el Carnaval del País y las playas de la ciudad.

La oferta de servicios turísticos se compone de 22 hoteles sumando un total de 1.300 plazas, y se complementa con 33 complejos de bungalows, con una capacidad de aproximadamente 2.500 plazas, y con 17 campings con una capacidad total de aproximadamente 5.500 parcelas. En lo referente a la gastronomía, cabe destacar que se encuentra de lo más variado, para satisfacer todos los gustos.

La nueva Terminal de Ómnibus se encuentra ubicada en el extremo Sur-Oeste de la planta Urbana, a la vera del Acceso Sur. Los servicios de transporte de pasajeros son numerosos y de muy buena calidad, y permiten una comunicación fluida y rápida con los distintos puntos del país y del exterior.

Carnaval

El Corsódromo de la Ciudad de Gualeguaychú fue inaugurado en 1997. El Carnaval del País es considerado el espectáculo a cielo abierto más grande de la Argentina y el tercer mejor carnaval en el mundo luego de Río de Janeiro y Venecia, cada año en los sábados de enero, febrero y el primer sábado de marzo, el Corsódromo alberga alrededor de 30.000 personas por noche llegadas principalmente de Buenos Aires, Santa Fe y el resto del país, como también público extranjero. El show está formado por cinco comparsas pertenecientes a distintos clubes y centros sociales - deportivos de la ciudad, entre las cuales compiten cada año tres de ellas desfilando por el Corsódromo con imponentes vestuarios y carrozas con una inversión que ronda los 500.000 dólares cada una. Ellas son Papelitos (Club: Juventud Unida), Marí - Marí (Club: Central Entrerriano), O` Bahía (Club: Pescadores), Ará Yeví (Club: Tiro Federal) y Kamarr (Club Sirio Libanés).

Playa

En Gualeguaychú encontramos playas en la costa del río homónimo (Por ej: Costa Azul; Balneario Municipal (Parador uno); Bikini LA PLAYA; Solar del Este; Punta Sur; Costa Alegre; Puerta del Sol y Papaya) También en las costas del Arroyo Gualeyan encontramos balnearios privados o públicos como por ejemplo: Los algarrobos; y en la vera del río Uruguay encontramos el Balneario-Camping Ñandubaysal.

Otros atractivos

La piedra fundamental de la Iglesia Catedral de San José, bajo el patronazgo de la Virgen del Rosario y San José, se colocó el 30 de mayo de 1863. Fue padrino de ceremonia el Gobernador de Entre Ríos Justo José de Urquiza, quién concurrió al acto con su esposa



Dolores Costa. El proyecto de la obra es del arquitecto suizo Bernardo Poncini y la construcción estuvo a cargo de él y de su hermano Roberto. La obra quedó detenida y la inauguración se llevó a cabo el 19 de marzo de 1890. En 1910 se mostraron concluidas las torres y el pórtico. Luego de esto se procedió al arreglo de la Casa Parroquial. En 1959 debido a una inclinación en las torres con peligro de derrumbe, se demolieron y se reemplazaron por las actuales cúpulas.

El Palacio Clavarino, donde se desarrollan las actividades del Colegio de Nivel Medio y Polimodal Luis Clavarino fundado el 21 de octubre de 1905, el puente Méndez Casariego (puente La Balsa) que cruza el río Gualeguaychú hacia el Parque Unzué y Pueblo General Belgrano, y la reserva natural "Las Piedras". El puente debió repararse a finales de 2007 debido a que existía el peligro de derrumbe.

Otro atractivo turístico próximo a la ciudad son las Termas del Guaychú.

7.2.4.3. Actividad económica

La economía de la ciudad de Gualeguaychú gira alrededor de la producción agropecuaria y del turismo. El ingreso por este último rubro durante la temporada veraniega compensa durante el resto del año cierta inactividad cíclica en la afluencia de visitantes. La producción agropecuaria se ha volcado masivamente a los cultivos principalmente de soja.

7.2.4.4. Temas de interés

Quieren comprometer a Gualeguaychú en el uso responsable del agua

Inicia en la ciudad una campaña de concientización. Alertados por el consumo excesivo y el uso indebido del agua potable, el programa Compromiso Gualeguaychú, junto a las direcciones municipales de Obras Sanitarias y de Ambiente y Desarrollo Sustentable, encararán próximamente una serie de actividades destinadas a generar buenas prácticas ciudadanas en cuanto al uso adecuado del recurso. En ese marco, promotores asignados visitarán restaurantes y alojamientos con la propuesta.

La campaña, que comenzará en los próximos días, contará con material gráfico, spot de radio y televisión, además de promotores que recorrerán restaurantes y alojamientos con la finalidad de transmitir pequeños hábitos a partir de los cuales se puede evitar el derroche de agua potable.

La intención es convocar a todos los ciudadanos a que se sumen al compromiso de cuidar este recurso escaso y no renovable, haciéndoles notar que logrando una buena administración se asume una actitud solidaria con el vecino, ya que muchas veces el derroche de uno implica la falta de agua del otro.

“Sucede a menudo, cuando se riegan veredas y calles, se lava el auto o se llenan piletas varias veces en la semana, se perjudica al resto de los vecinos dejándolos sin agua para el consumo cotidiano. Por eso, el Municipio convoca a los ciudadanos a comprometerse y evitar el derroche, incorporando mejores hábitos y prácticas ciudadanas que no requieren un gran esfuerzo pero sí de una profunda concientización de la problemática”, rezan los argumentos de la campaña.

Cabe recordar que el programa Compromiso Gualeguaychú -dependiente de la Secretaría Jefatura de Gabinete y Gobierno-, es un programa de construcción y participación ciudadana abocado al tratamiento de temas definidos como prioritarios por



los vecinos. En este sentido, se plantea como una invitación a conocer y participar en la gestión de la política pública municipal, así como una herramienta de gestión para implementar prácticas ciudadanas con el fin de mejorar la calidad de vida de los vecinos.

Capítulo 8. MUESTREO Y ANÁLISIS

El presente análisis tiene como objeto realizar un relevamiento de la presencia de cianobacterias en el río Uruguay y su concentración en los puntos estudiados para luego introducir estos valores y resultados en el software de modelación unidimensional, esto nos permitirá contar con un modelo que nos entregara información referida a los factores que introducimos en la base de datos del modelo. De esta manera podremos predecir situaciones y tomar acciones preventivas o correctivas que fueran necesarias y alertar a entidades que obran en beneficio de la salud pública.

Para llevar adelante este estudio se cuenta con los siguientes dispositivos de medición y toma de valores en el campo.

8.1. Aquafluor

El *Aquafluor* es un fluorómetro de peso ligero, de mano. Posee un doble canal que permite al usuario medir ya sea fluorescencia o turbidez en una muestra.

Este equipo puede configurarse con cualquiera de los dos canales de la siguiente manera: *en vivo*, clorofila *a*, extracción clorofila *a*, las cianobacterias (o ficocianina ficoeritrina), turbidez, Rodamina WT, fluoresceína, Amonio, CDOM, abrillantadores ópticos o PTSA.

Consta de un recinto donde se introduce una cubeta de sección cuadrada que contiene el elemento a analizar, una pantalla LCD de 2 líneas por 16 caracteres, y un teclado para operar el dispositivo.



Figura 8-1. Imagen de Fluorómetro Aquafluor

8.2. Xplorer GLX

El Xplorer GLX es un dispositivo de recepción y análisis de datos obtenidos desde los distintos sensores que a él se conectan, generando una base de datos y entregando valores numéricos con las unidades que el usuario determine.

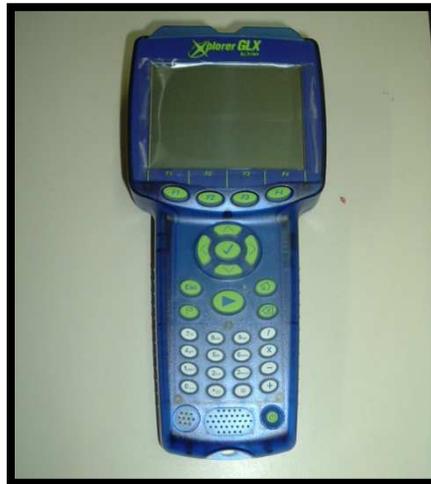


Figura 8-2. Imagen de central receptora de sensores Xplorer GLX

8.2.1. Sensores



Figura 8-3. Imagen de sensor para la medición de Turbiedad



Figura 8-4. Imagen de sensor para medir Temperatura, Presión, Velocidad del viento

8.3. Calibración inicial y puesta a punto.

Para comenzar a trabajar con estos dispositivos fue necesario realizar un estudio de los manuales de cada uno de ellos a fin de conocerlos y comprender los procedimientos adecuados de calibración, manipulación y recopilación de información.

8.3.1. Aquafluor

Como puntapié inicial para comenzar a manipular el aquafluor, se procedió a estudiar el manual del fabricante en el cual se detalla las características del mismo, los métodos de manipulación y cuidado, la calibración y por último la obtención de resultados o valores de las muestras de agua.

La calibración fue la tarea que implicó mayor dedicación, el dispositivo cuenta con dos canales de medición, el canal A y el canal B a partir de los cuales se pueden obtener valores de los parámetros a analizar según la necesidad de cada caso, para poder operar estos canales debemos en primera instancia calibrar el dispositivo y esto se realiza mediante la utilización de un patrón primario o uno secundario, lamentablemente no pudimos contar con el patrón primario para realizar la calibración directa, es por esto que debimos optar por la calibración alternativa con un patrón secundario que no nos daba certezas de veracidad en los resultados, se optó entonces por realizar muestras en zonas y puntos en los cuales ya se tenía parámetros de experimentos anteriores.

En primer lugar se realizaron campañas de prueba, con el objetivo de obtener valores y poder contrastarlos para luego adoptar el método adecuado y eficiente para el muestreo definitivo.

La primera de ellas se realizó el 25 de febrero de 2013 en el balneario Itapé de la localidad de Concepción del Uruguay, en esta se eligió un perfil transversal a la orilla en el que se identificó 6 puntos para los cuales se tomaban cinco lecturas por cada uno, esto se repitió cada 20 minutos.

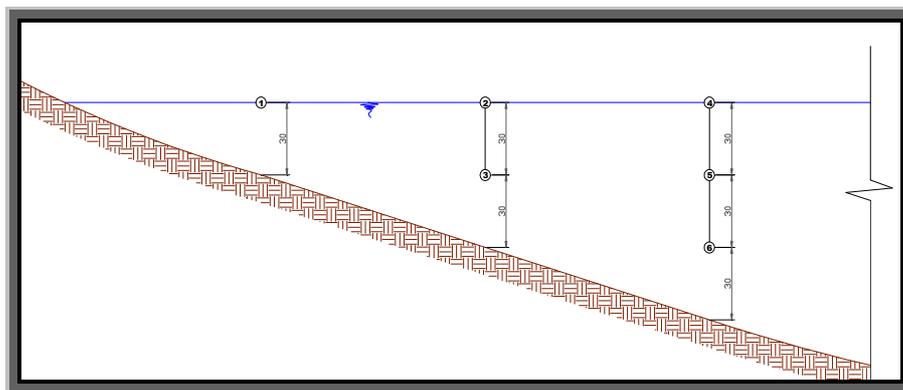


Figura 8-5. Primer perfil transversal utilizado para hacer la primera campaña de prueba de los instrumentos

La segunda campaña se realizó el día 8 de marzo de 2013 en la que se llevó a cabo la toma de muestras embarcados en el brazo secundario del río Uruguay en el tramo desde el km 148 al km 150 aproximadamente, en esta oportunidad se realizó un muestreo en la transecta de curso antes mencionado tomando 12 puntos a lo largo de ella a nivel de superficie y realizando 5 lecturas de cada punto. Las muestras obtenidas se guardaron en las cubetas de muestreo y cerradas dentro de su contenedor hasta el otro día donde se realizó nuevamente la lectura de todas ellas. Además se realizó una transecta en el riacho Itapé frente al balneario que lleva el mismo nombre donde se procedió a sacar 8 muestras en las mismas condiciones que las anteriores y se repitió la lectura al día siguiente.

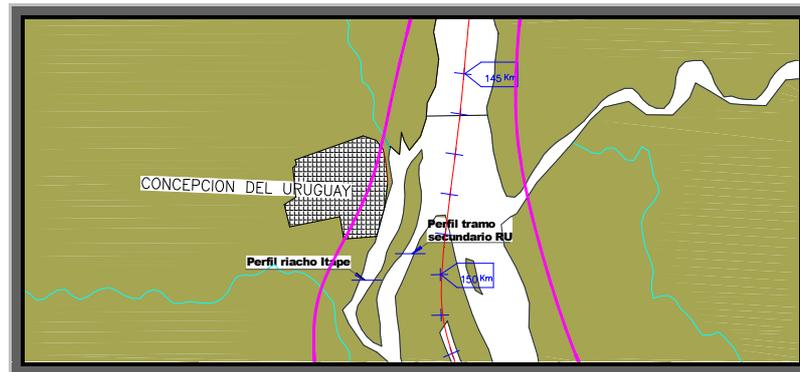


Figura 8-6. Transectas de muestreo de prueba realizadas en el riacho Itapé frente al balneario que lleva el mismo nombre

Una tercera experiencia se realizó el 16 de marzo de 2013 en un balneario de la localidad de Chajarí, en ella se realizaron varias pruebas:

Se adoptaron 10 puntos paralelos a la orilla para los cuales se hizo 5 lecturas por cada uno, esto se repitió 40 minutos más tarde

Se adoptó el mismo perfil transversal que en la experiencia del mes de febrero y se procedió de la misma manera, repitiendo esta toma de datos 40 minutos más tarde

Como última actividad se eligió el punto N° 8 del perfil paralelo a la orilla y se hicieron lecturas de la concentración de cianobacterias cada 40 minutos en un período de 2 horas.

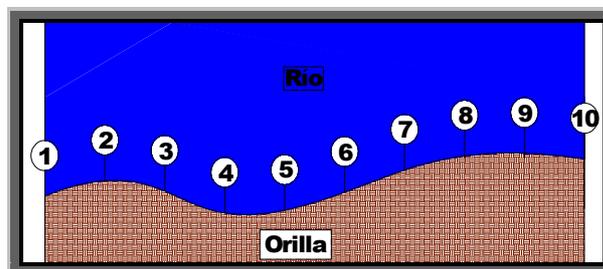


Figura 8-7. Perfil longitudinal de muestreo de prueba realizado en un balneario de la localidad de Chajarí

Como resultado de las experiencias realizadas, se pudo determinar un patrón de muestreo, el cual consiste en tomar 4 muestras en sentido transversal a la orilla del río como se ve en la Figura 8-8, cada una de ellas se lee 5 veces con el aquafluor y se toma nota de los valores obtenidos. Se repite este procedimiento en cada uno de los puntos geográfico; también se armó un archivo de Excel con fórmulas probabilísticas donde se vuelcan los valores obtenidos en las campañas y con este archivo obtenemos el promedio, la media y el desvío estándar permitiendo descartar valores que se encuentren fuera de la desviación estándar del muestreo realizado en cada punto geográfico eliminando así la posibilidad de tener datos erróneos o que se encuentran fuera de contexto.

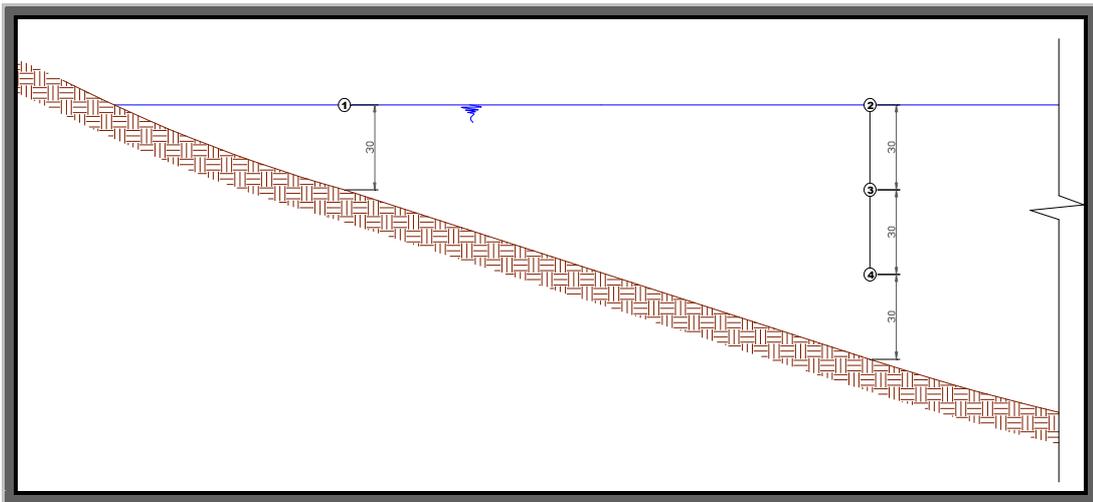


Figura 8-8. Perfil transversal definitivo utilizado para realizar los muestreos propios de esta investigación.

Relevamiento fotográfico



Figura 8-9. Imagen del estado de agitación del embalse al momento del muestreo.



Figura 8-10. Imagen de la coloración del agua en el embalse



Figura 8-11. Imagen de una cubeta de muestreo



Figura 8-12. Imagen de muestra obtenida



8.3.2. Xplorer GLX

En el caso del Xplorer GLX, no ocasionó mayores inconvenientes su puesta a punto dado que esta herramienta a diferencia del aquafluor ya había sido utilizada por el GECRU y más precisamente por uno de los integrantes de nuestro grupo de investigación, esto permitió una rápida implementación del dispositivo y todos sus sensores, cabe destacar que este dispositivo además de los sensores antes descriptos posee otros que también son propiedad del GECRU pero que en esta oportunidad y para este estudio no fueron necesarios.

Campañas de muestreo para contraste del equipamiento

Con las herramientas obtenidas de lo antes descripto se decidió realizar dos campañas de contraste a realizarse en el embalse de Salto Grande que consistían en 19 puntos geográficos distribuidos a lo largo de la margen izquierda del embalse es decir en la costa argentina, para esto fue necesario determinar los puntos a estudiar, la elección de los mismos se hizo teniendo en cuenta la accesibilidad por vía terrestre y la ubicación geográfica de los mismos intentando ubicarlos en las zonas de entrantes o cuñas donde se presentan aguas de mayor tiempo de permanencia y por consiguiente con mayor probabilidad de presencia de cianobacterias o de salientes donde el agua está más afectada por las corrientes y el viento en las que las probabilidades de tener altas concentraciones de cianobacterias disminuye.

Estas campañas se llevaron adelante los días 31 de marzo de 2013 y 21 de abril de 2013.

Los puntos se ubicaron desde la represa de Salto Grande hacia el norte hasta la ciudad de Mocoreta, Corrientes, en las Figuras 9-9 a 9-15 se identifican los puntos de muestreo en el embalse de Salto Grande a lo largo del tramo antes mencionado y ubicando los puntos de muestreo según lo expuesto.

En el Anexo 2 se identifican las tablas de valores obtenidos de los muestreos

8.3.3. Descripción y ubicación de los puntos elegidos

P1-SG: Campin playa El Sol a escasos metros de la represa Salto Grande

P2-SG: Por ruta pavimentada hacia la República Oriental del Uruguay en la cercanía del Museo Salto Grande

P3-SG: Por camino pavimentado a 1.15 km de camping Salto Grande.

P4-SG: A 600m de ruta provincial N° 28

P5-SG: Acceso por camino vecinal consolidado a escasos metros de hotel Punta Bonita

P6-SG: Pasando por comuna Los Cosechadores, a 2 km de ruta provincial N° 28 por camino vecinal consolidado.

P7-SG: A 7.5 km de ruta provincial N° 28 por camino vecinal consolidado

P8-SG: Intersección de ruta nacional N° 14 y A° Gualeguaycito

- P9-SG: A° secundario a 2.2 km de ruta nacional N° 14 por camino vecinal consolidado
- P10-SG: A° secundario a 10 km de ruta nacional N° 14 por camino vecinal consolidado
- P11-SG: Puente camino hacia la antigua ciudad de Federación. Acceso por ruta nacional N° 14, camino de acceso a Federación (16 km)
- P12-SG: Puente de tránsito pesado ciudad de Federación
- P13-SG: Intersección de ruta nacional N° 14 y A° Mandisoví Grande
- P14-SG: Balneario Camping Amigos del Lago, por camino vecinal consolidado (ex ruta nacional N° 14) a escasos metros de Camping de la ciudad de Chajarí.
- P15-SG: Por ruta provincial N° 2, balneario camping ciudad de Santa Ana.
- P16-SG: Balneario camping La Muela, por camino vecinal consolidado a 4 km de ruta provincial N° 2
- P17-SG: Destacamento de Prefectura Naval Argentina seccional Santa Eloísa.
- P18-SG: Propiedad privada, A° San Gabriel a 11 km de ruta provincial N° 2 por camino vecinal consolidado
- P19-SG: Destacamento de Prefectura Naval Argentina Seccional ciudad de Mocoretá, provincia de Corrientes.

8.3.4. Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en embalse Salto Grande

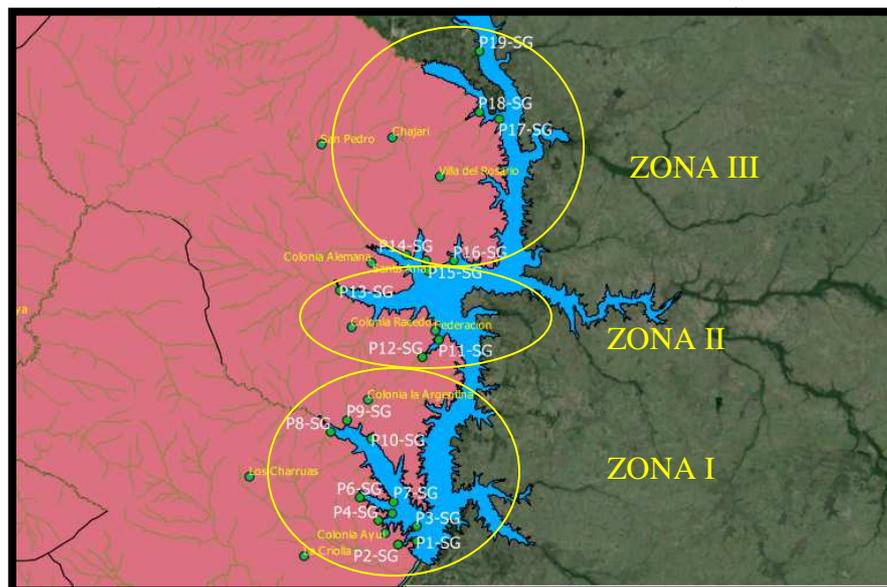


Figura 8-13. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el embalse Salto Grande



Figura 8-14. Representación geográfica de los puntos desde P1-SG a P10-SG correspondientes a la ZONA I

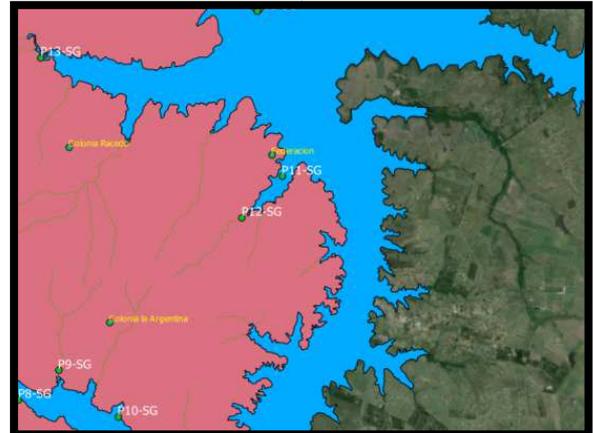


Figura 8-15. Representación geográfica de los puntos desde P10-SG a P13-SG P10SG correspondientes a la ZONA II

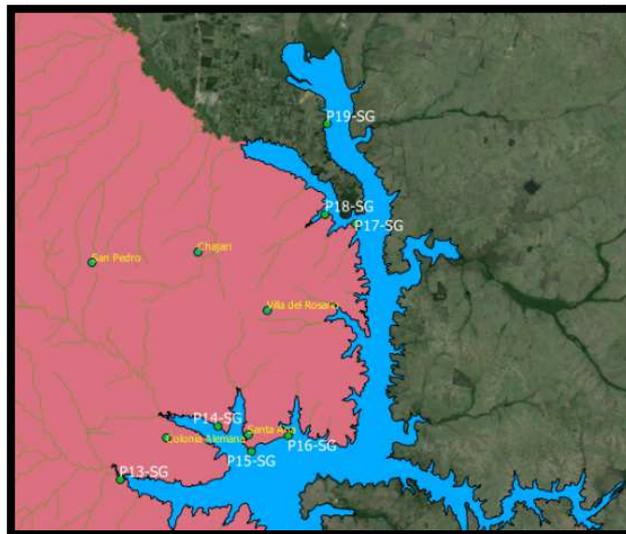


Figura 8-16. .Representación geográfica de los puntos desde P13-SG a P19SG P10SG correspondientes a la ZONA III

Los parámetros analizados en estas campañas de contraste fueron la Concentración de cianobacterias [mg/l], Turbiedad [NTU], Velocidad de viento [m/s], Temperatura del agua y del aire [°C] y la Presión atmosférica [HPa].

En la Tabla 8-10 se identifica la nomenclatura utilizada para referenciar cada parámetro en las tablas de datos obtenidos de los muestreos, en las cuales se identifica cada punto muestreado con una sigla compuesta por letras y números que con una rápida lectura permite identificar la ubicación del punto, ubicación de la muestra, tipo de parámetro, el perfil al que pertenece, profundidad, etc.



Nomenclatura	
FL	Clorofila a
TW	Temperatura del agua
TU	Turbiedad
TA	Temperatura ambiente
PR	Presión atmosférica
VA	Velocidad del aire

Tabla 8-1. Nomenclatura utilizada para identificar los parámetros muestreados.

8.3.5. Nomenclatura utilizada para identificar cada una de las lecturas de una muestra.

En primer lugar codificamos los puntos de muestreo de tal manera que tengan un identificador único por punto y campaña, para armar una base de datos y cargarlo en un Sistema de Información Geográfica.

El código comienza con una letra y un número que identifican a qué punto se refiere la muestra, a continuación dos letras identificando el sitio de emplazamiento de la muestra, luego un indicador sobre el tipo de grupo de datos al que pertenece el punto (Perfil Longitudinal (PL), Perfil Transversal (PT), seguido un indicador de canal: FL para Ficocianina, TU para Turbidez, luego, un indicador de orden de la muestra en el grupo, con dos dígitos, luego un indicador de profundidad de la muestra en decímetros, finalmente, un número indicador único para la muestra, que indique el número de orden de la misma, en el mismo sitio (es un número consecutivo, si se toman muestras en diferentes días pero en el mismo lugar, sigue la secuencia).

Ejemplo.-

P1-SG-PT-FL-01-00-01

Para este caso este código identifica la muestra de la siguiente manera:

P1: Punto N° 1.-	01: Punto 1 del perfil transversal.-
SG: Embalse Salto Grande.-	00: Profundidad.-
PT: Perfil transversal.-	01: N° de orden de la muestra.-
FL: Ficocianina (indicador de cianobacterias).-	

8.3.6. Relevamiento fotográfico

Campaña del día 31-03-2013



Figura 8-17. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-SG



Figura 8-18. Muestras obtenidas en el punto P2-SG



Figura 8-19. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-SG



Figura 8-20. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-SG



Figura 8-21. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-SG



Figura 8-22. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-SG



Figura 8-23. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-SG



Figura 8-24. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-SG



Figura 8-25. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-SG



Figura 8-26. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-SG

8.3.6.1. Campaña del día 21-04-2013



Figura 8-27. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-SG



Figura 8-28. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-SG



Figura 8-29. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-SG



Figura 8-30. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-SG



Figura 8-31. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-SG



Figura 8-32. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-SG



Figura 8-33. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-SG



Figura 8-34. Muestras obtenidas en el punto P8-SG



Figura 8-35. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-SG



Figura 8-36. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-SG



Figura 8-37. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-SG



Figura 8-38. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-SG



Figura 8-39. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-SG



Figura 8-40. Imagen del lugar de muestreo del punto P13-SG



Figura 8-41. Imagen del lugar de muestreo del punto P14-SG



Figura 8-42. Imagen del lugar de muestreo del punto P15-SG



Figura 8-43. Imagen del lugar de muestreo del punto P16-SG



Figura 8-44. Imagen del lugar de muestreo del punto P17-SG



Figura 8-45. Imagen del lugar de muestreo del punto P18-SG



8.4. Campaña de muestreo definitivo en tramo de estudio

Una vez realizadas las campañas de muestreo para contraste de equipamiento, llevamos a delante el contraste propiamente dicho con valores y parámetros que resultaron de un estudio anterior que había realizado el GECRU en el embalse de Salto Grande.

Como resultado del contraste se obtuvo que los valores entregados por los equipos estaban dentro de los estándares permitidos y aceptables referidos a lecturas con dispositivos de toma de muestras en el campo, es así que procedimos a comenzar con los trabajos necesarios para realizar el muestreo definitivo a lo largo del tramo de estudio, para esto, fue necesario comenzar con la ubicación geográfica de los puntos donde se pretendía obtener valores, la elección se hizo siguiendo un criterio similar al que se utilizó en las campañas realizadas en el embalse, los puntos debían estar ubicados en lugares que permitieran su acceso por vía terrestre y ser zonas donde se desempeñen actividades ya sea de uso recreativo ya sean balnearios y campings o zonas de pesca, también donde se pudiera presentar una toma de agua cercana destinada al agua de consumo, cabe destacar la importancia de la evaluación de puntos con estas dos últimas características ya que son importantes en los fundamentos de nuestra investigación.

8.4.1. Descripción y ubicación de los puntos elegidos

P1-RU: Balneario camping La Tortuga Alegre.

P2-RU: Propiedad privada a 7.5 km de ruta provincial N° 28 por camino de ripio consolidado.

P3-RU: Costanera ciudad de Concordia.

P4-RU: Ruta nacional N°14 cruce con Arroyo Yuquerí chico.

P5-RU: Balneario camping ciudad de Nueva Escocia.

P6-RU: Parque nacional El Palmar sobre Río Uruguay.

P7-RU: Parque nacional El Palmar sobre Arroyo El Palmar.

P8-RU: Playa Piedras Coloradas, ciudad de Colon.

P9-RU: Playa Banco Pelay, ciudad de Concepción del Uruguay.

P10-RU: Playa Itape, ciudad de Concepción del Uruguay.

P11-RU: Puerto Campichuelo, ciudad de Colonia Elia.

P12-RU: Balneario Nandubaysal, ciudad de Gualeguaychú.

8.4.2. Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en zona de estudio

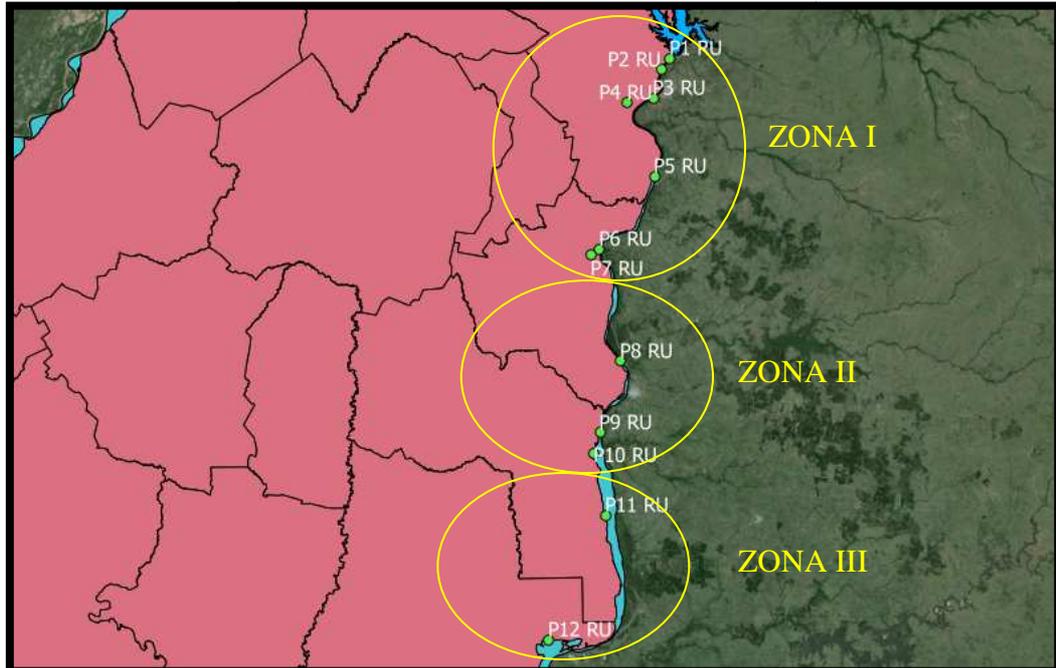


Figura 8-46. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el río Uruguay para el tramo de estudio

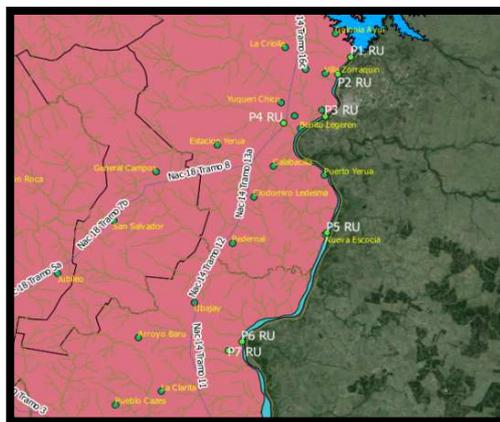


Figura 8-47. Representación geográfica de los puntos desde P1-RU a P7-RU correspondientes a la ZONA I



Figura 8-48. Representación geográfica de los puntos desde P7-RU a P10-RU correspondientes a la ZONA II

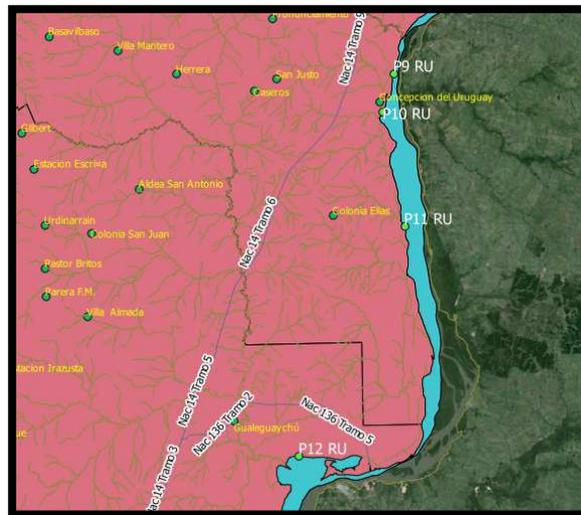


Figura 8-49. Representación geográfica de los puntos desde P10-RU a P12-RU correspondientes a la ZONA III

8.4.3. Resultados obtenidos

Al igual que en las campañas anteriores, se analizaron los siguientes parámetros:

Concentración de cianobacterias [ug/l],

Turbiedad [NTU],

Velocidad de viento [m/s],

Temperatura del agua [°C]

Temperatura del aire [°C]

Presión atmosférica [HPa].

8.4.3.1. Tablas de resultados.

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P1-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	08:15	47,8	ug/l	31,28711 S	57,95495 O
P1-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	08:17	49,8	ug/l	Promedio FL	52,0
P1-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	08:19	59,7	ug/l		
P1-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	08:21	50,9	ug/l		
P1-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	08:21	19,20	°C		
P1-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	08:21	23,00	NTU		
P1-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	08:21	15,70	°C		
P1-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	08:21	1025,10	Hpa		
P1-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	08:21	1,10	m/s		

Tabla 8-2. Tabla de resultados del punto P1-RU



Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P2-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	09:40	42,3	ug/l	31,32273 S	57,9846 O
P2-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	09:42	46,1	ug/l	Promedio FL	45,0
P2-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	09:44	48,0	ug/l		
P2-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	09:48	43,7	ug/l		
P2-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	09:48	20,00	°C		
P2-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	09:48	13,30	NTU		
P2-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	09:48	15,80	°C		
P2-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	09:48	1026,00	Hpa		
P2-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	09:48	0,00	m/s		

Tabla 8-3. Tabla de resultados del punto P2-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P3-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	10:25	38,2	ug/l	31,40999 S	58,01529 O
P3-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	10:27	35,2	ug/l	Promedio FL	35,9
P3-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	10:29	35,1	ug/l		
P3-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	10:31	35,1	ug/l		
P3-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	10:31	21,00	°C		
P3-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	10:31	14,50	NTU		
P3-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	10:31	20,50	°C		
P3-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	10:31	1025,50	Hpa		
P3-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	10:31	0,00	m/s		

Tabla 8-4. Tabla de resultados del punto P3-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P4-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	11:27	104,8	ug/l	31,42454 S	58,11142 O
P4-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	11:29	106,6	ug/l	Promedio FL	109,2
P4-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	11:31	108,0	ug/l		
P4-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	11:37	117,2	ug/l		
P4-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	11:37	18,20	°C		
P4-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	11:37	57,50	NTU		
P4-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	11:37	22,50	°C		
P4-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	11:37	1024,30	Hpa		
P4-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	11:37	0,60	m/s		

Tabla 8-5. Tabla de resultados del punto P4-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P5-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	12:30	58,2	ug/l	31,65088 S	58,01103 O
P5-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	12:32	56,6	ug/l	Promedio FL	59,0
P5-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	12:34	55,8	ug/l		
P5-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	12:35	65,5	ug/l		
P5-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	12:35	21,20	°C		
P5-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	12:35	43,50	NTU		
P5-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	12:35	23,00	°C		
P5-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	12:35	1024,30	Hpa		
P5-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	12:35	3,50	m/s		

Tabla 8-6. Tabla de resultados del punto P5-RU



Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P6-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	15:24	72,4	ug/l	31,42454 S	58,11142 O
P6-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	15:26	79,3	ug/l	Promedio FL	74,4
P6-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	15:28	71,0	ug/l		
P6-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	15:32	75,0	ug/l		
P4-RU-PO-TW-0-06-01	05/05/2013	15:32	18,20	°C		
P4-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	15:32	57,50	NTU		
P4-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	15:32	22,50	°C		
P4-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	15:32	1024,30	Hpa		
P4-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	15:32	0,60	m/s		

Tabla 8-7. Tabla de resultados del punto P6-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P7-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	15:52	83,2	ug/l	31,89289 S	58,23924 O
P7-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	15:54	82,9	ug/l	Promedio FL	84,2
P7-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	15:56	85,6	ug/l		
P7-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	16:02	85,2	ug/l		
P7-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	16:02	19,30	°C		
P7-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	16:02	60,40	NTU		
P7-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	16:02	23,50	°C		
P7-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	16:02	1022,50	Hpa		
P7-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	16:02	1,50	m/s		

Tabla 8-8. Tabla de resultados del punto P7-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P8-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	17:09	70,5	ug/l	32,21882 S	58,13274 O
P8-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	17:11	67,0	ug/l	Promedio FL	71,6
P8-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	17:13	74,3	ug/l		
P8-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	17:16	74,6	ug/l		
P8-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	17:16	20,00	°C		
P8-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	17:16	53,50	NTU		
P8-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	17:16	21,80	°C		
P8-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	17:16	1022,00	Hpa		
P8-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	17:16	0,00	m/s		

Tabla 8-9. Tabla de resultados del punto P8-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P9-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	17:48	49,6	ug/l	32,43697 S	58,20736 O
P9-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	17:50	43,4	ug/l	Promedio FL	43,5
P9-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	17:52	40,0	ug/l		
P9-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	17:53	41,1	ug/l		
P9-RU-PO-TW-04-06-01	09/05/2013	17:53	19,70	°C		
P9-RU-PO-TU-04-06-02	09/05/2013	17:53	18,10	NTU		
P9-RU-PO-TA-04-06-03	09/05/2013	17:53	21,70	°C		
P9-RU-PO-PR-04-06-04	09/05/2013	17:53	1017,00	Hpa		
P9-RU-PO-VA-04-06-05	09/05/2013	17:53	1,40	m/s		

Tabla 8-10. Tabla de resultados del punto P9-RU



Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P10-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	19:12	44,6	ug/l	32,50043 S	58,22811 O
P10-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	19:14	46,5	ug/l	Promedio FL	47,6
P10-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	19:16	42,2	ug/l		
P10-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	19:20	57,3	ug/l		
P10-RU-PO-TW-04-06-01	09/05/2013	19:20	19,20	°C		
P10-RU-PO-TU-04-06-02	09/05/2013	19:20	24,50	NTU		
P10-RU-PO-TA-04-06-03	09/05/2013	19:20	20,80	°C		
P10-RU-PO-PR-04-06-04	09/05/2013	19:20	1017,00	Hpa		
P10-RU-PO-VA-04-06-05	09/05/2013	19:20	2,50	m/s		

Tabla 8-11. Tabla de resultados del punto P10-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P11-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	16:40	75,6	ug/l	32,68893 S	58,18633 O
P11-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	16:42	47,3	ug/l	Promedio FL	54,0
P11-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	16:44	47,6	ug/l		
P11-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	16:46	45,4	ug/l		
P11-RU-PO-TW-04-06-01	09/05/2013	16:46	19,00	°C		
P11-RU-PO-TU-04-06-02	09/05/2013	16:46	15,50	NTU		
P11-RU-PO-TA-04-06-03	09/05/2013	16:46	22,80	°C		
P11-RU-PO-PR-04-06-04	09/05/2013	16:46	1017,00	Hpa		
P11-RU-PO-VA-04-06-05	09/05/2013	16:46	1,10	m/s		

Tabla 8-12. Tabla de resultados del punto P11-RU

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P12-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	19:05	142,1	ug/l	33,06722 S	58,3915 O
P12-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	19:07	169,0	ug/l	Promedio FL	168,4
P12-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	19:09	169,3	ug/l		
P12-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	19:15	193,1	ug/l		
P12-RU-PO-TW-04-06-01	05/05/2013	19:15	20,50	°C		
P12-RU-PO-TU-04-06-02	05/05/2013	19:15	40,30	NTU		
P12-RU-PO-TA-04-06-03	05/05/2013	19:15	16,00	°C		
P12-RU-PO-PR-04-06-04	05/05/2013	19:15	1022,00	Hpa		
P12-RU-PO-VA-04-06-05	05/05/2013	19:15	0,00	m/s		

Tabla 8-13. Tabla de resultados del punto P12-RU

Resumen de los valores máximos y mínimos obtenidos para cada parámetro en los muestreos realizados el día 5 de mayo de 2013.	Parámetros		Max	Min
	FL	Clorofila a	168,4	35,9
	TW	Temperatura del agua	21,20	18,20
	TU	Turbiedad	60,40	13,30
	TA	Temperatura ambiente	23,50	15,70
	PR	Presión atmosférica	1026,00	1017,00
	VA	Velocidad del aire	3,50	0,00

Tabla 8-14. Resumen de resultados de los muestreos realizados el 5-5-2013

8.4.4. Relevamiento fotográfico



Figura 8-50. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-RU (Represa Salto Grande)



Figura 8-51. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-RU (Propiedad privada)



Figura 8-52. Imagen del lugar de muestreo del punto P3-RU (Concordia)



Figura 8-53. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-RU (° Yuquerí)



Figura 8-54. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-RU (Nueva Escocia)



Figura 8-55. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-RU (El Palmar)



Figura 8-56. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-RU (A° El Palmar)



Figura 8-57. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-RU (Colon)



Figura 8-58. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-RU (Banco Pelay)



Figura 8-59. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-RU (Balneario Itape)



Figura 8-60. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-RU (Colonia Elías)

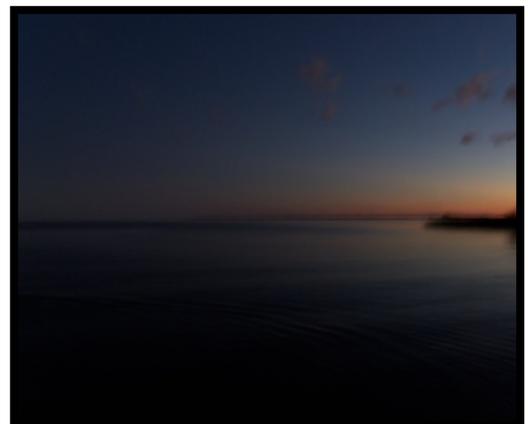


Figura 8-61. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-RU (Ñandubaysal)



En el Anexo 2 se encuentran las tablas de Excel donde se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el muestreo.

8.5. Campaña de muestreo adicional en época de estiaje

En última instancia fue realizada una campaña de muestreo adicional la que surgió de la necesidad de poder tener valores obtenidos a partir de los equipo de medición con los que cuenta el grupo GECRU en una época en que la probabilidad de existencia de floraciones sea más alta que en las fechas antes analizadas, cabe recordar que las floraciones algales son más frecuentes y perjudiciales en épocas en las que las temperaturas son elevadas y cuando los niveles del curso se encuentran en períodos de estiaje es decir por debajo del nivel medio del mismo.

Esta campaña se realizó en 12 puntos a lo largo de la costa del río Uruguay abarcando la zona de influencia del embalse Salto Grande y la zona de estudio propia de esta investigación.

8.5.1. Descripción y ubicación de los puntos elegidos

P1-01-14: Por ruta provincial N° 2, balneario camping ciudad de Santa Ana.

P2-01-14: Puente de transito pesado ciudad de Federación

P3-01-14: Intersección de ruta nacional N° 14 y A° Gualeguaycito

P4-01-14: Campin playa El Sol a escasos metros de la represa Salto Grande

P5-01-14: Balneario camping La Tortuga Alegre.

P6-01-14: Costanera ciudad de Concordia.

P7-01-14: Balneario camping ciudad de Puerto Yerua

P8-01-14: Balneario camping ciudad de Liebig

P9-01-14: Toma de agua para planta potabilizadora ciudad de Colon

P10-01-14: Playa Banco Pelay, ciudad de Concepción del Uruguay.

P11-01-14: Playa Itape, ciudad de Concepción del Uruguay.

P12-01-14: Balneario Nandubaysal, ciudad de Gualeguaychú.

8.5.2. Imágenes de ubicación de puntos de muestreo en zona de estudio

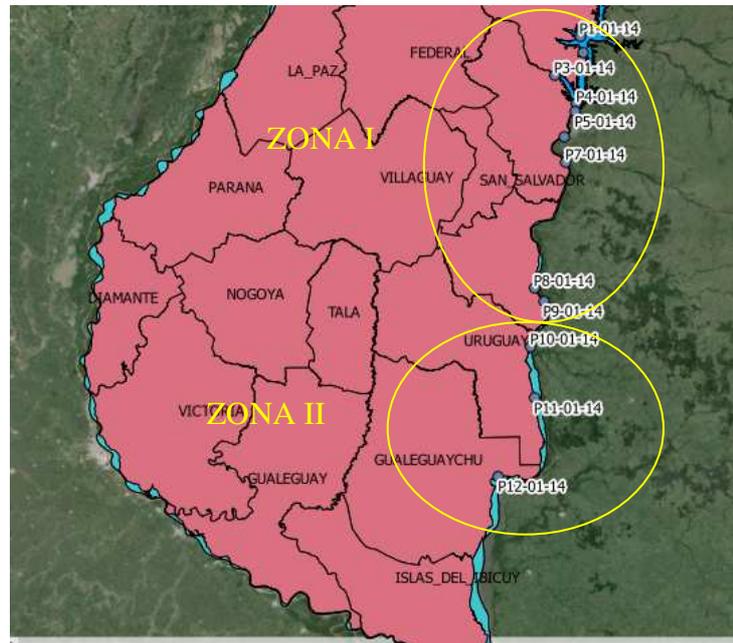


Figura 8-62. Representación geográfica de los puntos de muestreo en el río Uruguay para el tramo de estudio



Figura 8-63. Representación geográfica de los puntos desde P1-01-14 a P9-01-14 correspondientes a la ZONA I



Figura 8-64. Representación geográfica de los puntos desde P10-01-14 a P12-01-14 correspondientes a la ZONA II



8.5.3. Resultados obtenidos

Al igual que en las campañas anteriores, se analizaron los siguientes parámetros:

Concentración de cianobacterias [ug/l],

Turbiedad [NTU],

Velocidad de viento [m/s],

Temperatura del agua [°C]

Temperatura del aire [°C]

Presión atmosférica [HPa].

Resultando de las siguientes tablas de resultados.

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P1-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	08:00	45,9	ug/l	-58,00	-31,22
P1-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	08:03	43,1	ug/l	Promedio FL	44,4
P1-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	08:06	44,9	ug/l		
P1-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	08:10	43,8	ug/l		
P1-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	08:10	19,00	°C		
P1-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	08:10	17,50	NTU		
P1-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	08:10	16,00	°C		
P1-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	08:10	1014,00	Hpa		
P1-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	08:10	5,10	m/s		

Tabla 8-15. Tabla de resultados del punto P1-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P2-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	09:10	252,2	ug/l	-58,39	-33,07
P2-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	09:13	162,5	ug/l	Promedio FL	171,81
P2-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	09:16	171,8	ug/l		
P2-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	09:20	100,8	ug/l		
P2-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	09:20	25,30	°C		
P2-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	09:20	24,00	NTU		
P2-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	09:20	20,50	°C		
P2-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	09:20	1014,00	Hpa		
P2-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	09:20	2,40	m/s		

Tabla 8-16. Tabla de resultados del punto P2-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P3-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	09:45	465,7	ug/l	-58,24	-31,89
P3-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	09:50	430,3	ug/l	Promedio FL	450,6
P3-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	09:55	440,5	ug/l		
P3-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	10:00	466,0	ug/l		
P3-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	10:00	23,00	°C		
P3-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	10:00	57,00	NTU		
P3-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	10:00	19,40	°C		
P3-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	10:00	1014,00	Hpa		
P3-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	10:00	1,80	m/s		

Tabla 8-17. Tabla de resultados del punto P3-01-14



Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P4-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	10:20	31,8	ug/l	-57,95	-31,29
P4-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	10:26	41,6	ug/l	Promedio FL	37,4
P4-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	10:33	44,3	ug/l		
P4-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	10:40	31,8	ug/l		
P4-01-14-PO-TW-0-06-01	26/01/2014	10:40	26,90	°C		
P4-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	10:40	16,40	NTU		
P4-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	10:40	23,51	°C		
P4-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	10:40	1014,00	Hpa		
P4-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	10:40	4,00	m/s		

Tabla 8-18. Tabla de resultados del punto P4-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P5-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	10:55	30,5	ug/l	-57,91	-31,00
P5-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	11:00	30,4	ug/l	Promedio FL	30,2
P5-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	11:05	31,3	ug/l		
P5-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	11:10	28,7	ug/l		
P5-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	11:10	26,10	°C		
P5-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	11:10	12,70	NTU		
P5-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	11:10	24,00	°C		
P5-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	11:10	1018,00	Hpa		
P5-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	11:10	4,00	m/s		

Tabla 8-19. Tabla de resultados del punto P5-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P6-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	11:45	51,6	ug/l	-58,06	-30,94
P6-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	11:50	40,7	ug/l	Promedio FL	41,0
P6-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	11:55	34,9	ug/l		
P6-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	12:00	36,9	ug/l		
P6-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	12:00	28,20	°C		
P6-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	12:00	23,10	NTU		
P6-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	12:00	27,10	°C		
P6-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	12:00	1018,00	Hpa		
P6-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	12:00	1,50	m/s		

Tabla 8-20. Tabla de resultados del punto P6-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P7-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	12:45	34,7	ug/l	-58,01	-31,53
P7-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	12:50	34,2	ug/l	Promedio FL	34,2
P7-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	12:55	34,8	ug/l		
P7-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	13:00	33,2	ug/l		
P7-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	13:00	28,20	°C		
P7-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	13:00	15,20	NTU		
P7-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	13:00	26,20	°C		
P7-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	13:00	1017,00	Hpa		
P7-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	13:00	3,00	m/s		

Tabla 8-21. Tabla de resultados del punto P7-01-14



Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P8-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	14:50	37,9	ug/l	-58,19	-32,15
P8-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	14:55	39,1	ug/l	Promedio FL	38,5
P8-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	15:00	39,1	ug/l		
P8-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	15:05	38,0	ug/l		
P8-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	15:05	28,10	°C		
P8-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	15:05	22,00	NTU		
P8-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	15:05	26,10	°C		
P8-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	15:05	1014,00	Hpa		
P8-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	15:05	2,50	m/s		

Tabla 8-22. Tabla de resultados del punto P8-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P9-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	15:45	49,6	ug/l	-58,13	-32,22
P9-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	15:51	44,9	ug/l	Promedio FL	44,3
P9-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	15:56	42,1	ug/l		
P9-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	16:00	40,7	ug/l		
P9-01-14-PO-TW-04-06-01	26/01/2014	16:00	28,00	°C		
P9-01-14-PO-TU-04-06-02	26/01/2014	16:00	43,10	NTU		
P9-01-14-PO-TA-04-06-03	26/01/2014	16:00	29,60	°C		
P9-01-14-PO-PR-04-06-04	26/01/2014	16:00	1014,00	Hpa		
P9-01-14-PO-VA-04-06-05	26/01/2014	16:00	2,80	m/s		

Tabla 8-23. Tabla de resultados del punto P9-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P10-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	16:15	45,2	ug/l	-57,96	-30,89
P10-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	16:20	44,4	ug/l	Promedio FL	44,7
P10-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	16:25	44,3	ug/l		
P10-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	16:30	44,7	ug/l		
P10-01-14-PO-TW-04-06-01	27/01/2014	16:30	26,80	°C		
P10-01-14-PO-TU-04-06-02	27/01/2014	16:30	22,40	NTU		
P10-01-14-PO-TA-04-06-03	27/01/2014	16:30	26,40	°C		
P10-01-14-PO-PR-04-06-04	27/01/2014	16:30	1013,00	Hpa		
P10-01-14-PO-VA-04-06-05	27/01/2014	16:30	0,00	m/s		

Tabla 8-24. Tabla de resultados del punto P10-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P11-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	16:45	54,3	ug/l	-57,86	-30,72
P11-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	16:50	38,3	ug/l	Promedio FL	44,7
P11-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	16:55	46,5	ug/l		
P11-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	17:00	39,7	ug/l		
P11-01-14-PO-TW-04-06-01	27/01/2014	17:00	27,60	°C		
P11-01-14-PO-TU-04-06-02	27/01/2014	17:00	26,50	NTU		
P11-01-14-PO-TA-04-06-03	27/01/2014	17:00	26,60	°C		
P11-01-14-PO-PR-04-06-04	27/01/2014	17:00	1013,00	Hpa		
P11-01-14-PO-VA-04-06-05	27/01/2014	17:00	2,00	m/s		

Tabla 8-25. Tabla de resultados del punto P11-01-14

Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Unidad	Lat	Long
P12-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	18:30	127,0	ug/l	-57,85	-30,64
P12-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	18:35	82,5	ug/l	Promedio FL	95,06
P12-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	18:40	85,1	ug/l		
P12-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	18:45	85,6	ug/l		
P11-01-14-PO-TW-04-06-01	27/01/2014	18:45	27,70	°C		
P11-01-14-PO-TU-04-06-02	27/01/2014	18:45	38,00	NTU		
P11-01-14-PO-TA-04-06-03	27/01/2014	18:45	25,60	°C		
P11-01-14-PO-PR-04-06-04	27/01/2014	18:45	1012,00	Hpa		
P11-01-14-PO-VA-04-06-05	27/01/2014	18:45	2,20	m/s		

Tabla 8-26. Tabla de resultados del punto P12-01-14

Resumen de los valores máximos y mínimos obtenidos para cada parámetro en los muestreos realizados el día 26 de enero de 2014.	Parámetros		Max	Min
	FL	Clorofila a	450,6	30,2
	TW	Temperatura del agua	28,20	19,00
	TU	Turbiedad	57,00	12,70
	TA	Temperatura ambiente	29,60	16,00
	PR	Presión atmosférica	1018,00	1012,00
	VA	Velocidad del aire	5,10	0,00

Tabla 8-27. Resumen de resultados de los muestreos realizados el 26-01-2014

En el Anexo 2 se encuentran las tablas de Excel donde se realizó el análisis de los resultados obtenidos en el muestreo.

8.5.4. Relevamiento fotográfico



Figura 8-65. Imagen del lugar de muestreo del punto P1-01-14 (Balneario Santa Ana)



Figura 8-66. Imagen del lugar de muestreo del punto P2-01-14 (Federación)



Figura 8-67. Imagen del color del agua en el lugar de muestreo del punto P3-01-14 (A° Gualeguaycito)



Figura 8-68. Imagen del lugar de muestreo del punto P4-01-14 (Represa Salto Grande aguas arriba)



Figura 8-69. Imagen del lugar de muestreo del punto P5-01-14 (Represa Salto Grande aguas abajo)



Figura 8-70. Imagen del lugar de muestreo del punto P6-01-14 (Concordia)



Figura 8-71. Imagen del lugar de muestreo del punto P7-01-14 (Puerto Yerua)



Figura 8-72. Imagen del lugar de muestreo del punto P8-01-14 (Liebig)



Figura 8-73. Imagen del lugar de muestreo del punto P9-01-14 (Colon)



Figura 8-74. Imagen del lugar de muestreo del punto P10-01-14 (Banco Pelay)



Figura 8-75. Imagen del lugar de muestreo del punto P11-01-14 (Balneario Itape)



Figura 8-76. Imagen del lugar de muestreo del punto P12-01-14 (Ñandubaysal)



Capítulo 9. SOFTWARE UTILIZADO

9.1. Software libre

9.1.1. Historia

Entre los años 1960 y 1970, el software no era considerado un producto sino un añadido que los vendedores de las grandes computadoras de la época aportaban a sus clientes para que éstos pudieran usarlos. En dicha cultura, era común que los programadores y desarrolladores de software compartieran libremente sus programas unos con otros. Este comportamiento era particularmente habitual en algunos de los mayores grupos de usuarios de la época, como DECUS (grupo de usuarios de computadoras DEC). A finales de la década de 1970, las compañías iniciaron el hábito de imponer restricciones a los usuarios, con el uso de acuerdos de licencia.

En 1971, cuando la informática todavía no había sufrido su gran boom, las personas que hacían uso de ella, en ámbitos universitarios y empresariales, creaban y compartían el software sin ningún tipo de restricciones.

Con la llegada de los años 1980 la situación empezó a cambiar. Las computadoras más modernas comenzaban a utilizar sistemas operativos privativos, forzando a los usuarios a aceptar condiciones restrictivas que impedían realizar modificaciones a dicho software.

En caso de que algún usuario o programador encontrase algún error en la aplicación, lo único que podía hacer era darlo a conocer a la empresa desarrolladora para que ésta lo solucionara. Aunque el programador estuviese capacitado para solucionar el problema y lo deseara hacer sin pedir nada a cambio, el contrato le impedía que modificase el software.

El mismo Richard Matthew Stallman cuenta que por aquellos años, en el laboratorio donde trabajaba, habían recibido una impresora donada por una empresa externa. El dispositivo, que era utilizado en red por todos los trabajadores, parecía no funcionar a la perfección, dado que cada cierto tiempo el papel se atascaba. Como agravante, no se generaba ningún aviso que se enviase por red e informase a los usuarios de la situación.

La pérdida de tiempo era constante, ya que en ocasiones, los trabajadores enviaban por red sus trabajos a imprimir y al ir a buscarlos se encontraban la impresora atascada y una cola enorme de trabajos pendientes. Richard Stallman decidió arreglar el problema, e implementar el envío de un aviso por red cuando la impresora se bloqueara. Para ello necesitaba tener acceso al código fuente de los controladores de la impresora. Pidió a la empresa propietaria de la impresora lo que necesitaba, comentando, sin pedir nada a cambio, qué era lo que pretendía realizar. La empresa se negó a entregarle el código fuente. En ese preciso instante, Stallman se vio en una encrucijada: debía elegir entre aceptar el nuevo software propietario firmando acuerdos de no revelación y acabar desarrollando más software propietario con licencias restrictivas, que a su vez deberían ser más adelante aceptadas por sus propios colegas.

Con este antecedente, en 1984, Richard Stallman comenzó a trabajar en el proyecto GNU, y un año más tarde fundó la Free Software Foundation (FSF). Stallman introdujo la



definición de software libre y el concepto de "copy-left", que desarrolló para otorgar libertad a los usuarios y para restringir las posibilidades de apropiación del software.

9.1.2. Comparación con el software de código abierto

Aunque en la práctica el software de código abierto y el software libre comparten muchas de sus licencias, la Free Software Foundation opina que el movimiento del software de código abierto es filosóficamente diferente del movimiento del software libre. Apareció en 1998 con un grupo de personas, entre los que cabe destacar a Eric S. Raymond y Bruce Perens, que formaron la Open Source Initiative (OSI). Ellos buscaban darle mayor relevancia a los beneficios prácticos del compartir el código fuente, e interesar a las principales casas de software y otras empresas de la industria de la alta tecnología en el concepto. Por otro lado, la Free Software Foundation y Richard Stallman prefieren plantear el asunto en términos éticos empleando el término "software libre".

Los defensores del término "código abierto", en inglés open source, afirman que éste evita la ambigüedad del término en ese idioma que es free en free software. El término "código abierto" fue acuñado por Christine Peterson del think tank Foresight Institute, y se registró para actuar como marca registrada el término en inglés para los productos de software libre.

Mucha gente reconoce el beneficio cualitativo del proceso de desarrollo de software cuando los desarrolladores pueden usar, modificar y redistribuir el código fuente de un programa. El movimiento del software libre hace especial énfasis en los aspectos morales o éticos del software, viendo la excelencia técnica como un producto secundario de su estándar ético. El movimiento de código abierto ve la excelencia técnica como el objetivo prioritario, siendo la compartición del código fuente un medio para dicho fin. Por dicho motivo, la FSF se distancia tanto del movimiento de código abierto como del término "Código Abierto" (en inglés Open Source).

Puesto que la OSI sólo aprueba las licencias que se ajustan a la Open Source Definition (definición de código abierto), la mayoría de la gente lo interpreta como un esquema de distribución, e intercambia libremente "código abierto" con "software libre". Aun cuando existen importantes diferencias filosóficas entre ambos términos, especialmente en términos de las motivaciones para el desarrollo y el uso de tal software, raramente suelen tener impacto en el proceso de colaboración.

Aunque el término "código abierto" elimina la ambigüedad de libertad frente a precio (en el caso del inglés), introduce una nueva: entre los programas que se ajustan a la definición de código abierto, que dan a los usuarios la libertad de mejorarlos, y los programas que simplemente tiene el código fuente disponible, posiblemente con fuertes restricciones sobre el uso de dicho código fuente. Mucha gente cree que cualquier software que tenga el código fuente disponible es de código abierto, puesto que lo pueden manipular (un ejemplo de este tipo de software sería el popular paquete de software gratuito Graphviz, inicialmente no libre pero que incluía el código fuente, aunque luego AT&T le cambió la licencia). Sin embargo, mucho de este software no da a sus usuarios la libertad de distribuir sus modificaciones, restringe el uso comercial, o en general restringe los derechos de los usuarios.



9.1.3. Ventajas del Software Libre.

Escrutinio Público: Al ser muchos las personas que tienen acceso al código fuente, eso lleva a un proceso de corrección de errores muy dinámico, no hace falta esperar que el proveedor del software saque una nueva versión.

Independencia del proveedor.

Software de dominio público: este tipo de software no tienen licencias de uso, por lo tanto corre el peligro de dejar de serlo si alguien lo utiliza con el fin de apropiárselo.

Al disponer del código fuente, cualquier persona puede continuar ofreciendo soporte, desarrollo u otro tipo de servicios para el software.

No estamos supeditados a las condiciones del mercado de nuestro proveedor, es decir que si este se va del mercado porque no le conviene y discontinúa el soporte, nosotros podemos contratar a otra persona.

Manejo de la Lengua.

Traducción: cualquier persona capacitada puede traducir y adaptar un software libre a cualquier lengua.

Corrección ortográfica y gramatical: una vez traducido el software libre puede presentar errores de este tipo, los cuales pueden ser subsanados con mayor rapidez por una persona capacitada.

Mayor seguridad y privacidad.

Los sistemas de almacenamiento y recuperación de la información son públicos. Cualquier persona puede ver y entender cómo se almacenan los datos en un determinado formato o sistema.

Existe una mayor dificultad para introducir código malicioso como ser: espía (p/ej. Capturador de teclas), de control remoto (p/ej. Troyano), de entrada al sistema (p/ej. puerta trasera), etc.

Garantía de continuidad: el software libre puede seguir siendo usado aun después de que haya desaparecido la persona que lo elaboro, dado que cualquier técnico informático puede continuar desarrollándolo, mejorándolo o adaptándolo.

Ahorro en costos: en cuanto a este tópico debemos distinguir cuatro grandes costos: de adquisición, de implantación (este a su vez se compone de costos de migración y de instalación), de soporte o mantenimiento, y de interoperabilidad. El software libre principalmente disminuye el costo de adquisición ya que al otorgar la libertad de distribuir copias la puedo ejercer con la compra de una sola licencia y no con tantas como computadoras posea (como sucede en la mayoría de los casos de software propietario). Cabe aclarar que también hay una disminución significativa en el costo de soporte, no ocurriendo lo mismo con los costos de implantación y de interoperabilidad.



9.1.4. Desventajas del software libre

Dificultad en el intercambio de archivos: esto se da mayormente en los documentos de texto (generalmente creados con Microsoft Word), ya que si los queremos abrir con un Software Libre (p/ ej. Open Office o LaTeX) nos da error o se pierden datos. Pero está claro que si Microsoft Word creara sus documentos con un formato abierto (o público) esto no sucedería.

Mayores costos de implantación e interoperabilidad: dado que el software constituye "algo nuevo", ello supone afrontar un costo de aprendizaje, de instalación, de migración, de interoperabilidad, etc., cuya cuantía puede verse disminuida por: mayor facilidad en las instalaciones y/o en el uso, uso de emuladores (p/ej. Si el usuario utiliza Microsoft Windows, la solución sería instalar alguna distribución de GNU/Linux y luego un emulador de Windows, como Wine, VMWare, Terminal X, Win4Lin). Vale aclarar que el costo de migración está referido al software, ya que en lo que hace a Hardware generalmente el Software Libre no posee mayores requerimientos que el Software Propietario.

9.2. Software de posicionamiento global -GIS-

9.2.1. Historia de su desarrollo

Hace unos 15.000 años en las paredes de las cuevas de Lascaux (Francia) los hombres de Cro-Magnon pintaban en las paredes los animales que cazaban, asociando estos dibujos con trazas lineales que, se cree, cuadraban con las rutas de migración de esas especies. Si bien este ejemplo es simplista en comparación con las tecnologías modernas, estos antecedentes tempranos imitan a dos elementos de los Sistemas de Información Geográfica modernos: una imagen asociada con un atributo de información.

En 1854 el pionero de la epidemiología, el Dr. John Snow, proporcionaría otro clásico ejemplo de este concepto cuando cartografió, en un ya famoso mapa, la incidencia de los casos de cólera en el distrito de Soho en Londres. Este protoSIG, quizá el ejemplo más temprano del método geográfico, permitió a Snow localizar con precisión un pozo de agua contaminado como la fuente causante del brote.

Si bien la cartografía topográfica y temática ya existía previamente, el mapa de John Snow fue el único hasta el momento, que, utilizando métodos cartográficos, no solo representaba la realidad, sino que por primera vez analizaba conjuntos de fenómenos geográficos dependientes.

El comienzo del siglo XX vio el desarrollo de la "foto litografía" donde los mapas eran separados en capas. El avance del hardware impulsado por la investigación en armamento nuclear daría lugar, a comienzos de los años 60, al desarrollo de aplicaciones cartográficas para computadores de propósito general.

El año 1962 vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de Información Geográfica



de Canadá (Canadian Geographic Information System, CGIS) fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (Canada Land Inventory, CLI) - una iniciativa orientada a la gestión de los vastos recursos naturales del país con información cartográfica relativa a tipos y usos del suelo, agricultura, espacios de recreo, vida silvestre, aves acuáticas y silvicultura, todo ello escala de 1:50.000. Se añadió, así mismo, un factor de clasificación para permitir el análisis de la información.

El Sistema de Información Geográfica de Canadá fue el primer SIG en el mundo similar a tal y como los conocemos hoy en día, y un considerable avance con respecto a las aplicaciones cartográficas existentes hasta entonces, puesto que permitía superponer capas de información, realizar mediciones y llevar a cabo digitalizaciones y escaneos de datos. Asimismo, soportaba un sistema nacional de coordenadas que abarcaba todo el continente, una codificación de líneas en "arcos" que poseían una verdadera topológica integrada y que almacenaba los atributos de cada elemento y la información sobre su localización en archivos separados. Como consecuencia de esto, Tomlinson está considerado como "el padre de los SIG", en particular por el empleo de información geográfica convergente estructurada en capas, lo que facilita su análisis espacial. El CGIS estuvo operativo hasta la década de los 90 llegando a ser la base de datos sobre recursos del territorio más grande de Canadá. Fue desarrollado como un sistema basado en una computadora central y su fortaleza radicaba en que permitía realizar análisis complejos de conjuntos de datos que abarcaban todo el continente. El software, decano de los Sistemas de Información Geográfica, nunca estuvo disponible de manera comercial.

En 1964, Howard T. Fisher formó en la Universidad de Harvard el Laboratorio de Computación Gráfica y Análisis Espacial en la Harvard Graduate School of Design (LCGSA 1965-1991), donde se desarrollaron una serie de importantes conceptos teóricos en el manejo de datos espaciales, y en la década de 1970 había difundido código de software y sistemas germinales, tales como SYMAP, GRID y ODYSSEY - los cuales sirvieron como fuentes de inspiración conceptual para su posterior desarrollos comerciales a universidades, centros de investigación y empresas de todo el mundo.

En la década de los 80, M&S Computing (más tarde Intergraph), Environmental Systems Research Institute (ESRI) y CARIS (Computer Aided Resource Information System) emergerían como proveedores comerciales de software SIG. Incorporaron con éxito muchas de las características de CGIS, combinando el enfoque de primera generación de Sistemas de Información Geográfica relativo a la separación de la información espacial y los atributos de los elementos geográficos representados con un enfoque de segunda generación que organiza y estructura estos atributos en bases de datos.

En la década de los años 70 y principios de los 80 se inició en paralelo el desarrollo de dos sistemas de dominio público. El proyecto Map Overlay and Statistical System (MOSS) se inició en 1977 en Fort Collins (Colorado, EE. UU.) bajo los auspicios de la Western Energy and Land Use Team (WELUT) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos (US Fish and Wildlife Service). En 1982 el Cuerpo de Ingenieros del Laboratorio de Investigación de Ingeniería de la Construcción del Ejército de los Estados Unidos (USA-CERL) desarrolla GRASS como herramienta para la supervisión y gestión medioambiental de los territorios bajo administración del Departamento de Defensa.



Esta etapa de desarrollo está caracterizada, en general, por la disminución de la importancia de las iniciativas individuales y un aumento de los intereses a nivel corporativo, especialmente por parte de las instancias gubernamentales y de la administración.

Los 80 y 90 fueron años de fuerte aumento de las empresas que comercializaban estos sistemas, debido al crecimiento de los SIG en estaciones de trabajo UNIX y ordenadores personales. Es el periodo en el que se ha venido a conocer en los SIG como la fase comercial. El interés de las distintas grandes industrias relacionadas directa o indirectamente con los SIG crece en sobremanera debido a la gran avalancha de productos en el mercado informático internacional que hicieron generalizarse a esta tecnología.

En la década de los noventa se inicia una etapa comercial para profesionales, donde los Sistemas de Información Geográfica empezaron a difundirse al nivel del usuario doméstico debido a la generalización de los ordenadores personales o microordenadores.

A finales del siglo XX principio del XXI el rápido crecimiento en los diferentes sistemas se ha consolidado, restringiéndose a un número relativamente reducido de plataformas. Los usuarios están comenzando a exportar el concepto de visualización de datos SIG a Internet, lo que requiere una estandarización de formato de los datos y de normas de transferencia. Más recientemente, ha habido una expansión en el número de desarrollos de software SIG de código libre, los cuales, a diferencia del software comercial, suelen abarcar una gama más amplia de sistemas operativos, permitiendo ser modificados para llevar a cabo tareas específicas.

9.2.2. Sistema de Información Geográfica (GIS)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.

También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestres, construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Calvo, 2005).

9.2.3. El Software GIS

La información geográfica puede ser consultada, transferida, transformada, superpuesta, procesada y mostrada utilizando numerosas aplicaciones de software. Dentro de la industria empresas comerciales como ESRI, Intergraph, MapInfo, Bentley Systems, Autodesk o Smallworld ofrecen un completo conjunto de aplicaciones. Los gobiernos



suelen optar por modificaciones ad-hoc de programas SIG, productos de código abierto o software especializado que responda a una necesidad bien definida.

El manejo de este tipo de sistemas son llevados a cabo generalmente por profesionales de diversos campos del conocimiento con experiencia en Sistemas de Información Geográfica (cartografía, geografía, topografía, etc.), ya que el uso de estas herramientas requiere una aprendizaje previo que necesita de conocer las bases metodológicas sobre las que se fundamentan. Aunque existen herramientas gratuitas para ver información geográfica, el acceso del público en general a los geodatos está dominado por los recursos en línea, como Google Earth y otros basados en tecnología web mapping.

Originalmente hasta finales de los 90, cuando los datos del SIG se localizaban principalmente en grandes ordenadores y se utilizan para mantener registros internos, el software era un producto independiente. Sin embargo con el cada vez mayor acceso a Internet/Intranet y a la demanda de datos geográficos distribuidos, el software SIG ha cambiado gradualmente su perspectiva hacia la distribución de datos a través de redes. Los SIG que en la actualidad se comercializan son combinaciones de varias aplicaciones interoperables y APIs.

Hoy por hoy dentro del software SIG se distingue a menudo seis grandes tipos de programas informáticos:

SIG de escritorio. Son aquellos que se utilizan para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos. A veces se clasifican en tres subcategorías según su funcionalidad:

Visor SIG. Suelen ser software sencillo que permiten desplegar información geográfica a través de una ventana que funciona como visor y donde se pueden agregar varias capas de información.

Editor SIG. Es aquel software SIG orientado principalmente al tratamiento previo de la información geográfica para su posterior análisis. Antes de introducir datos a un SIG es necesario prepararlos para su uso en este tipo de sistemas. Se requiere transformar datos en bruto o heredados de otros sistemas en un formato utilizable por el software SIG. Por ejemplo, puede que una fotografía aérea necesite ser rectificadas mediante fotogrametría de modo tal que todos sus píxeles sean corregidos digitalmente para que la imagen represente una proyección ortogonal sin efectos de perspectiva y en una misma escala. Este tipo de transformaciones se pueden distinguir de las que puede llevar a cabo un SIG por el hecho de que, en este último caso, la labor suele ser más compleja y con un mayor consumo de tiempo. Por lo tanto es común que para estos casos se suele utilizar un tipo de software especializado en estas tareas.

SIG de análisis. Disponen de funcionalidades de análisis espacial y modelización cartográfica de procesos.

Sistemas de gestión de bases de datos espaciales o geográficas (SGBD espacial). Se emplean para almacenar la información geográfica, pero a menudo también proporcionan la funcionalidad de análisis y manipulación de los datos. Una base de datos geográfica o espacial es una base de datos con extensiones que dan soporte de objetos geográficos permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de información geográfica y datos espaciales. Si bien algunas de estas bases de datos geográficas están implementadas para permitir también el uso de funciones de geoprocetamiento, el



principal beneficio de estas se centra en la capacidades que ofrecen en el almacenamiento de datos especialmente georreferenciados. Algunas de estas capacidades incluyen un fácil acceso a este tipo de información mediante el uso de estándares de acceso a bases de datos como los controladores ODBC, la capacidad de unir o vincular fácilmente tablas de datos o la posibilidad de generar una indexación y agrupación de datos espaciales, por ejemplo.

Servidores cartográficos. Se utilizan para distribuir mapas a través de Internet.

Servidores SIG. Proporcionan básicamente la misma funcionalidad que los SIG de escritorio pero permiten acceder a estas utilidades de geoprocésamiento a través de una red informática.

Cientes web SIG. Permiten la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta de servidores SIG a través de Internet o intranet. Generalmente se distingue entre cliente ligero y pesado. Los clientes ligeros (por ejemplo, un navegador web para visualizar mapas de Google) sólo proporcionan una funcionalidad de visualización y consulta, mientras que los clientes pesados (por ejemplo, Google Earth o un SIG de escritorio) a menudo proporcionan herramientas adicionales para la edición de datos, análisis y visualización.

Bibliotecas y extensiones espaciales. Proporcionan características adicionales que no forman parte fundamental del programa ya que pueden no ser requeridas por un usuario medio de este tipo de software. Estas nuevas funcionalidades pueden ser herramientas para el análisis espacial (por ejemplo, SEXTANTE), herramientas para la lectura de formatos de datos específicos (por ejemplo, GDAL y OGR), herramientas para la correcta visualización cartográfica de los datos geográficos (por ejemplo, PROJ4), herramientas para funciones geométricas fundamentales (JTS), o para la implementación de las especificaciones del Open Geospatial Consortium (por ejemplo, GeoTools).

SIG móviles. Se usan para la recogida de datos en campo a través de dispositivos móviles (PDA, teléfonos inteligentes, tabletas, etc.). Con la adopción generalizada por parte de estos dispositivos de localización GPS integrados, el software SIG permite utilizarlos para la captura y manejo de datos en campo. En el pasado la recogida de datos en campo destinados a Sistemas de Información Geográfica se realizaba mediante la señalización de la información geográfica en un mapa de papel y, a continuación, se volcaba esa información a formato digital una vez de vuelta frente al ordenador. Hoy en día a través de la utilización de dispositivos móviles los datos geográficos pueden ser capturados directamente mediante levantamientos de información en trabajo de campo.

9.2.4. Funcionamiento GIS

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, facilitando

al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

Las principales cuestiones que puede resolver un Sistema de Información Geográfica, ordenadas de menor a mayor complejidad, son:

Localización: preguntar por las características de un lugar concreto.

Condición: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema.

Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica.

Rutas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos.

Pautas: detección de pautas espaciales.

Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas.

Por ser tan versátiles, el campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica es muy amplio, pudiendo utilizarse en la mayoría de las actividades con un componente espacial. La profunda revolución que han provocado las nuevas tecnologías ha incidido de manera decisiva en su evolución.

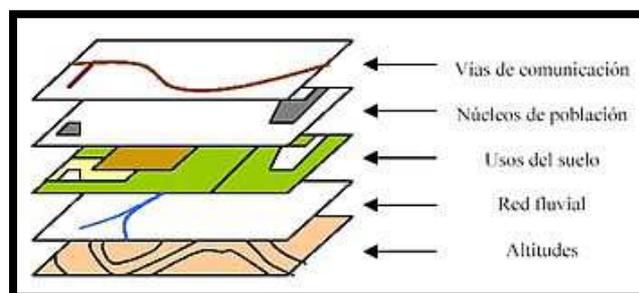


Figura 9-1. Estructura de capas de información georreferenciada en un SIG

Un Sistema de Información Geográfica puede mostrar la información en capas temáticas para realizar análisis complejos.

Estas "capas" contienen información que ayuda a describir, conocer y comprender los distintos componentes que forman el ambiente, tanto los naturales: ecosistemas, comunidades bióticas, topografía, hidrología, formaciones geológicas, tipos de suelo, etc.; como los relacionados al desarrollo humano: asentamientos poblacionales, vías de comunicación, servicios de salud, educación, aspectos culturales, infraestructura, datos sociales, económicos, poblacionales, etc.

9.2.5. Técnicas utilizadas en los Sistemas de Información Geográfica

La creación de datos

Las modernas tecnologías SIG trabajan con información digital, para la cual existen varios métodos utilizados en la creación de datos digitales. El método más utilizado es la digitalización, donde a partir de un mapa impreso o con información tomada en campo se

transfiere a un medio digital por el empleo de un programa de Diseño Asistido por Ordenador(DAO o CAD) con capacidades de georreferenciación.

Dada la amplia disponibilidad de imágenes orto-rectificadas (tanto de satélite y como aéreas), la digitalización por esta vía se está convirtiendo en la principal fuente de extracción de datos geográficos. Esta forma de digitalización implica la búsqueda de datos geográficos directamente en las imágenes aéreas en lugar del método tradicional de la localización de formas geográficas sobre un tablero de digitalización.

La representación de los datos

Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial.

Los SIG que se centran en el manejo de datos en formato vectorial son más populares en el mercado. No obstante, los SIG raster son muy utilizados en estudios que requieran la generación de capas continuas, necesarias en fenómenos no discretos; también en estudios medioambientales donde no se requiere una excesiva precisión espacial (contaminación atmosférica, distribución de temperaturas, localización de especies marinas, análisis geológicos, etc.).

Raster

Un tipo de datos raster es, en esencia, cualquier tipo de imagen digital representada en mallas. El modelo de SIG raster o de retícula se centra en las propiedades del espacio más que en la precisión de la localización. Divide el espacio en celdas regulares donde cada una de ellas representa un único valor. Se trata de un modelo de datos muy adecuado para la representación de variables continuas en el espacio.

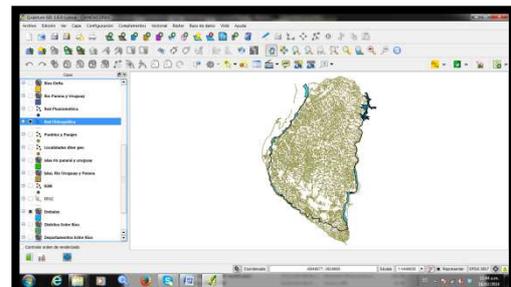
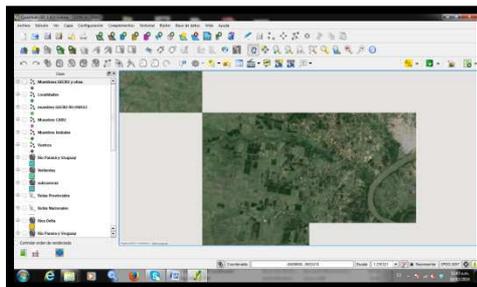


Figura 9-2. Interpretación cartográfica vectorial (derecha) y raster (izquierda) de elementos geográficos.

Cualquiera que esté familiarizado con la fotografía digital reconoce el píxel como la unidad menor de información de una imagen. Una combinación de estos píxeles creará una imagen, a distinción del uso común de gráficos vectoriales escalables que son la base del modelo vectorial. Si bien una imagen digital se refiere a la salida como una representación de la realidad, en una fotografía o el arte transferidos a la computadora, el tipo de datos raster reflejará una abstracción de la realidad. Las fotografías aéreas son una forma de datos raster utilizada comúnmente con un sólo propósito: mostrar una imagen detallada de

un mapa base sobre la que se realizarán labores de digitalización. Otros conjuntos de datos raster podrán contener información referente a las elevaciones del terreno (un Modelo Digital del Terreno), o de la reflexión de la luz de una particular longitud de onda (por ejemplo las obtenidas por el satélite LandSat), entre otros.

Los datos raster se compone de filas y columnas de celdas, cada celda almacena un valor único. Los datos raster pueden ser imágenes (imágenes raster), con un valor de color en cada celda (o píxel). Otros valores registrados para cada celda puede ser un valor discreto, como el uso del suelo, valores continuos, como temperaturas, o un valor nulo si no se dispone de datos. Si bien una trama de celdas almacena un valor único, estas pueden ampliarse mediante el uso de las bandas del raster para representar los colores RGB(rojo, verde, azul), o una tabla extendida de atributos con una fila para cada valor único de células. La resolución del conjunto de datos raster es el ancho de la celda en unidades sobre el terreno.

Los datos raster se almacenan en diferentes formatos, desde un archivo estándar basado en la estructura de TIFF, JPEG, etc. a grandes objetos binarios (BLOB), los datos almacenados directamente en Sistema de gestión de base de datos. El almacenamiento en bases de datos, cuando se indexan, por lo general permiten una rápida recuperación de los datos raster, pero a costa de requerir el almacenamiento de millones registros con un importante tamaño de memoria. En un modelo raster cuanto mayores sean las dimensiones de las celdas menor es la precisión o detalle (resolución) de la representación del espacio geográfico.

Vectorial

En un SIG, las características geográficas se expresan con frecuencia como vectores, manteniendo las características geométricas de las figuras.

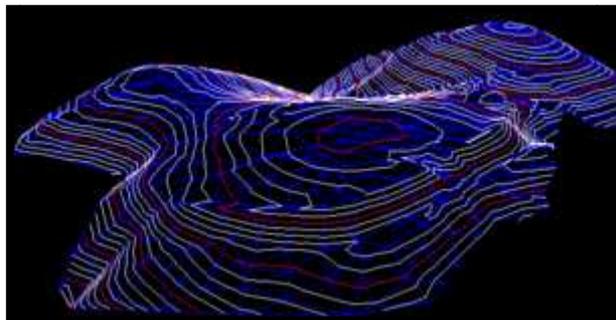


Figura 9-3. Representación de curvas de nivel sobre una superficie tridimensional generada por una malla TIN

En los datos vectoriales, el interés de las representaciones se centra en la precisión de localización de los elementos geográficos sobre el espacio y donde los fenómenos a representar son discretos, es decir, de límites definidos. Cada una de estas geometrías está vinculada a una fila en una base de datos que describe sus atributos. Por ejemplo, una base de datos que describe los lagos puede contener datos sobre la batimetría de estos, la calidad del agua o el nivel de contaminación. Esta información puede ser utilizada para crear un mapa que describa un atributo particular contenido en la base de datos. Los lagos pueden tener un rango de colores en función del nivel de contaminación. Además, las diferentes

geometrías de los elementos también pueden ser comparadas. Así, por ejemplo, el SIG puede ser usado para identificar aquellos pozos (geometría de puntos) que están en torno a 2 kilómetros de un lago (geometría de polígonos) y que tienen un alto nivel de contaminación.

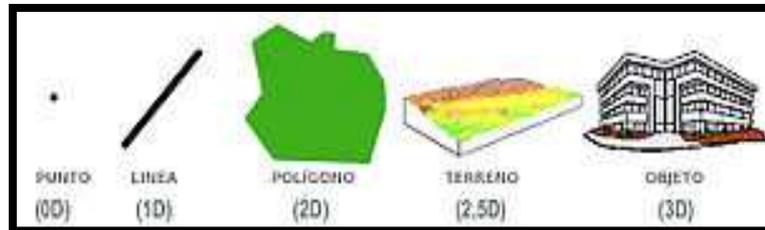


Figura 9-4. Dimensión espacial de los datos en un SIG

Los elementos vectoriales pueden crearse respetando una integridad territorial a través de la aplicación de unas normas topológicas tales como que "los polígonos no deben superponerse". Los datos vectoriales se pueden utilizar para representar variaciones continuas de fenómenos. Las líneas de contorno y las redes irregulares de triángulos (TIN) se utilizan para representar la altitud u otros valores en continua evolución. Los TIN son registros de valores en un punto localizado, que están conectados por líneas para formar una malla irregular de triángulos. La cara de los triángulos representan, por ejemplo, la superficie del terreno.

Para modelar digitalmente las entidades del mundo real se utilizan tres elementos geométricos: el punto, la línea y el polígono.

Puntos

Los puntos se utilizan para las entidades geográficas que mejor pueden ser expresadas por un único punto de referencia. En otras palabras: la simple ubicación. Por ejemplo, las localizaciones de los pozos, picos de elevaciones o puntos de interés. Los puntos transmiten la menor cantidad de información de estos tipos de archivo y no son posibles las mediciones. También se pueden utilizar para representar zonas a una escala pequeña. Por ejemplo, las ciudades en un mapa del mundo estarán representadas por puntos en lugar de polígonos.

Líneas o polilíneas

Las líneas unidimensionales o polilíneas son usadas para rasgos lineales como ríos, caminos, ferrocarriles, rastros, líneas topográficas o curvas de nivel. De igual forma que en las entidades puntuales, en pequeñas escalas pueden ser utilizados para representar polígonos. En los elementos lineales puede medirse la distancia.

Polígonos

Los polígonos bidimensionales se utilizan para representar elementos geográficos que cubren un área particular de la superficie de la tierra. Estas entidades pueden representar lagos, límites de parques naturales, edificios, provincias, o los usos del suelo, por ejemplo. Los polígonos transmiten la mayor cantidad de información en archivos con datos vectoriales y en ellos se pueden medir el perímetro y el área.



9.2.6. Ventajas y desventajas de los modelos raster y vectorial

Existen ventajas y desventajas a la hora de utilizar un modelo de datos raster o vector para representar la realidad.

Ventajas

Vectorial	Raster
La estructura de los datos es compacta. Almacena los datos sólo de los elementos digitalizados por lo que requiere menos memoria para su almacenamiento y tratamiento.	La estructura de los datos es muy simple.
Codificación eficiente de la topología y las operaciones espaciales.	Las operaciones de superposición son muy sencillas.
Buena salida gráfica. Los elementos son representados como gráficos vectoriales que no pierden definición si se amplía la escala de visualización.	Formato óptimo para variaciones altas de datos.
Tienen una mayor compatibilidad con entornos de bases de datos relacionales.	Buen almacenamiento de imágenes digitales
Las operaciones de re-escalado, reproyección son más fáciles de ejecutar.	
Los datos son más fáciles de mantener y actualizar.	
En algunos aspectos permite una mayor capacidad de análisis, sobre todo en redes.	

Tabla 9-1. Ventajas de los modelos raster y vectorial en un SIG



Desventajas

Vectorial	Raster
La estructura de los datos es más compleja.	Mayor requerimiento de memoria de almacenamiento. Todas las celdas contienen datos.
Las operaciones de superposición son más difíciles de implementar y representar.	Las reglas topológicas son más difíciles de generar.
Eficacia reducida cuando la variación de datos es alta.	Las salidas gráficas son menos vistosas y estéticas. Dependiendo de la resolución del archivo raster, los elementos pueden tener sus límites originales más o menos definidos.
Es un formato más laborioso de mantener actualizado.	

Tabla 9-2. Desventajas de los modelos raster y vectorial en un SIG

9.2.7. Datos no espaciales

Los datos no espaciales también pueden ser almacenados junto con los datos espaciales, aquellos representados por las coordenadas de la geometría de un vector o por la posición de una celda raster. En los datos vectoriales, los datos adicionales contiene atributos de la entidad geográfica. Por ejemplo, un polígono de un inventario forestal también puede tener un valor que funcione como identificador e información sobre especies de árboles. En los datos raster el valor de la celda puede almacenar la información de atributo, pero también puede ser utilizado como un identificador referido a los registros de una tabla.

9.2.8. La captura de los datos

La captura de datos y la introducción de información en el sistema consume la mayor parte del tiempo de los profesionales de los SIG. Hay una amplia variedad de métodos utilizados para introducir datos en un SIG almacenados en un formato digital.

Los datos impresos en papel o mapas en película PET pueden ser digitalizados o escaneados para producir datos digitales.

Con la digitalización de cartografía en soporte analógico se producen datos vectoriales a través de trazas de puntos, líneas, y límites de polígonos. Este trabajo puede ser desarrollado por una persona de forma manual o a través de programas de vectorización



que automatizan la labor sobre un mapa escaneado. No obstante, en este último caso siempre será necesario su revisión y edición manual, dependiendo del nivel de calidad que se desea obtener.

Los datos obtenidos de mediciones topográficas pueden ser introducidos directamente en un SIG a través de instrumentos de captura de datos digitales mediante una técnica llamada geometría analítica. Además, las coordenadas de posición tomadas a través un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) también pueden ser introducidas directamente en un SIG.

Los sensores remotos también juegan un papel importante en la recolección de datos. Son sensores, como cámaras, escáneres o LIDAR acoplados a plataformas móviles como aviones o satélites.

Actualmente, la mayoría de datos digitales provienen de la interpretación de fotografías aéreas. Para ello se utilizan estaciones de trabajo que digitalizan directamente elementos geográficos a través de pares estereoscópicos de fotografías digitales. Estos sistemas permiten capturar datos en dos y tres dimensiones, con elevaciones medidas directamente de un par estereoscópico de acuerdo a los principios de la fotogrametría.

La tele-observación por satélite proporciona otra fuente importante de datos espaciales. En este caso los satélites utilizan diferentes sensores para medir la reflectancia de las partes del espectro electromagnético, o las ondas de radio que se envían a partir de un sensor activo como el radar. La teledetección recopila datos raster que pueden ser procesados usando diferentes bandas para determinar las clases y objetos de interés, tales como las diferentes cubiertas de la tierra.

Cuando se capturan los datos, el usuario debe considerar si estos deben ser tomados con una exactitud relativa o con una absoluta precisión. Esta decisión es importante ya que no solo influye en la interpretación de la información, sino también en el costo de su captura.

Además de la captura y la entrada en datos espaciales, los datos de atributos también son introducidos en un SIG. Durante los procesos de digitalización de la cartografía es frecuente que se den fallos topológicos involuntarios (dangles, undershoots, overshoots, switchbacks, knots, loops, etc.) en los datos vectoriales y que deberán ser corregidos. Tras introducir los datos en un SIG, estos normalmente requerirán de una edición o procesamiento posterior para eliminar los errores citados. Se deberá de hacer una "corrección topológica" antes de que puedan ser utilizados en algunos análisis avanzados y, así por ejemplo, en una red de carreteras las líneas deberán estar conectadas con nodos en las intersecciones.

En el caso de mapas escaneados, quizás sea necesario eliminar la trama resultante generada por el proceso de digitalización del mapa original. Así, por ejemplo, una mancha de suciedad podría unir dos líneas que no deberían estar conectadas.

9.2.9. Conversión de datos raster-vectorial

Los SIG pueden llevar a cabo una reestructuración de los datos para transformarlos en diferentes formatos. Por ejemplo, es posible convertir una imagen de satélite a un mapa de elementos vectoriales mediante la generación de líneas en torno a celdas con una misma



clasificación determinando la relación espacial de estas, tales como proximidad o inclusión.

La vectorización no asistida de imágenes raster mediante algoritmos avanzados es una técnica que se viene desarrollando desde finales de los años 60 del siglo XX. Para ello se recurre a la mejora del contraste, imágenes en falso color así como el diseño de filtros mediante la implementación de transformadas de Fourier en dos dimensiones.

Al proceso inverso de conversión de datos vectorial a una estructura de datos basada en una matriz raster se le denomina rasterización.

Dado que los datos digitales se recogen y se almacenan en ambas formas, vectorial y raster, un SIG debe ser capaz de convertir los datos geográficos de una estructura de almacenamiento a otra.

9.2.10. Proyecciones, sistemas de coordenadas y re-proyección

Antes de analizar los datos en el SIG la cartografía debe estar toda ella en una misma proyección y sistemas de coordenadas. Para ello muchas veces es necesario re-proyectar las capas de información antes de integrarlas en el Sistema de Información Geográfica.

La Tierra puede estar representada cartográficamente por varios modelos matemáticos, cada uno de los cuales pueden proporcionar un conjunto diferente de coordenadas (por ejemplo, latitud, longitud, altitud) para cualquier punto dado de su superficie. El modelo más simple es asumir que la Tierra es una esfera perfecta. A medida que se han ido acumulando más mediciones del planeta los modelos del geoide se han vuelto más sofisticados y más precisos. De hecho, algunos de estos se aplican a diferentes regiones de la Tierra para proporcionar una mayor precisión (por ejemplo, el European Terrestrial Reference System 1989 - ETRS89 – funciona bien en Europa pero no en América del Norte).

La proyección es un componente fundamental a la hora de crear un mapa. Una proyección matemática es la manera de transferir información desde un modelo de la Tierra, el cual representa una superficie curva en tres dimensiones, a otro de dos dimensiones como es el papel o la pantalla de una computadora. Para ello se utilizan diferentes proyecciones cartográficas según el tipo de mapa que se desea crear, ya que existen determinadas proyecciones que se adaptan mejor a algunos usos concretos que a otros. Por ejemplo, una proyección que representa con exactitud la forma de los continentes distorsiona, por el contrario, sus tamaños relativos.

Dado que gran parte de la información en un SIG proviene de cartografía ya existente, un Sistema de Información Geográfica utiliza la potencia de procesamiento de la computadora para transformar la información digital, obtenida de fuentes con diferentes proyecciones y/o diferentes sistemas de coordenadas, a una proyección y sistema de coordenadas común. En el caso de las imágenes (ortofotos, imágenes de satélite, etc.) este proceso se denomina rectificación.



9.2.11. Modelo topológico

Un SIG puede reconocer y analizar las relaciones espaciales que existen en la información geográfica almacenada. Estas relaciones topológicas permiten realizar modelizaciones y análisis espaciales complejos. Así, por ejemplo, el SIG puede discernir la parcela o parcelas catastrales que son atravesadas por una línea de alta tensión, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

En suma podemos decir que en el ámbito de los Sistemas de Información Geográfica se entiende como topología a las relaciones espaciales entre los diferentes elementos gráficos (topología de nodo/punto, topología de red/arco/línea, topología de polígono) y su posición en el mapa (proximidad, inclusión, conectividad y vecindad). Estas relaciones, que para el ser humano pueden ser obvias a simple vista, el software las debe establecer mediante un lenguaje y unas reglas de geometría matemática.

Para llevar a cabo análisis en los que es necesario que exista consistencia topológica de los elementos de la base de datos suele ser necesario realizar previamente una validación y corrección topológica de la información gráfica. Para ello existen herramientas en los SIG que facilitan la rectificación de errores comunes de manera automática o semiautomática.

9.2.12. Redes

Un SIG destinado al cálculo de rutas óptimas para servicios de emergencias es capaz de determinar el camino más corto entre dos puntos teniendo en cuenta tanto direcciones y sentidos de circulación como direcciones prohibidas, etc. evitando áreas impracticables. Un SIG para la gerencia de una red de abastecimiento de aguas sería capaz de determinar, por ejemplo, a cuantos abonados afectaría el corte del servicio en un determinado punto de la red.

Un Sistema de Información Geográfica puede simular flujos a lo largo de una red lineal. Valores como la pendiente, el límite de velocidad, niveles de servicio, etc. pueden ser incorporados al modelo con el fin de obtener una mayor precisión. El uso de SIG para el modelado de redes suele ser comúnmente empleado en la planificación del transporte, hidrológica o la gestión de infraestructura lineales.

automatizado o semi-automatizado de elaboración de mapas denominado cartografía automatizada.

En la práctica esto sería un subconjunto de los SIG que equivaldría a la fase de composición final del mapa, dado que en la mayoría de los casos no todos los software de Sistemas de Información Geográfica poseen esta funcionalidad.

El producto cartográfico final resultante puede estar tanto en formato digital como impreso. El uso conjunto que en determinados SIG se da de potentes técnicas de análisis espacial junto con una representación cartográfica profesional de los datos, hace que se puedan crear mapas de alta calidad en un corto período. La principal dificultad en cartografía automatizada es el utilizar un único conjunto de datos para producir varios productos según diferentes tipos de escalas, una técnica conocida como generalización.

9.2.15. Geoestadística

La geoestadística analiza patrones espaciales con el fin de conseguir predicciones a partir de datos espaciales concretos. Es una forma de ver las propiedades estadísticas de los datos espaciales. A diferencia de las aplicaciones estadísticas comunes, en la geoestadística se emplea el uso de la teoría de grafos y de matrices algebraicas para reducir el número de parámetros en los datos. Tras ello, el análisis de los datos asociados a entidad geográfica se llevaría a cabo en segundo lugar.

Cuando se miden los fenómenos, los métodos de observación dictan la exactitud de cualquier análisis posterior. Debido a la naturaleza de los datos (por ejemplo, los patrones de tráfico en un entorno urbano, las pautas meteorológicas en el océano, etc.), grado de precisión constante o dinámico se pierde siempre en la medición. Esta pérdida de precisión se determina a partir de la escala y la distribución de los datos recogidos. Los SIG disponen de herramientas que ayudan a realizar estos análisis, destacando la generación de modelos de interpolación espacial.

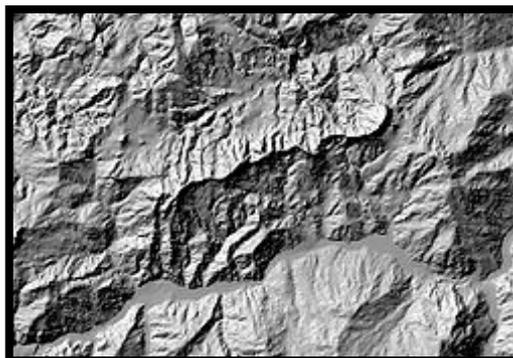


Figura 9-6. . Modelo de relieve sombreado generado por interpolación a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) de una zona de los Apeninos (Italia)



9.2.16. Geocodificación

Geocodificación es el proceso de asignar coordenadas geográficas (latitud-longitud) a puntos del mapa (direcciones, puntos de interés, etc.). Uno de los usos más comunes es la georreferenciación de direcciones postales. Para ello se requiere una cartografía base sobre la que referenciar los códigos geográficos. Esta capa base puede ser, por ejemplo, un tramero de ejes de calles con nombres de calles y números de policía. Las direcciones concretas que se desean georreferenciar en el mapa, que suelen proceder de tablas tabuladas, se posicionan mediante interpolación o estimación. El SIG a continuación localiza en la capa de ejes de calles el punto en el lugar más aproximado a la realidad según los algoritmos de geocodificación que utiliza.

La geocodificación puede realizarse también con datos reales más precisos (por ejemplo, cartografía catastral). En este caso el resultado de la codificación geográfica se ajustará en mayor medida a la realizada, prevaleciendo sobre el método de interpolación.

En el caso de la geocodificación inversa el proceso sería al revés. Se asignaría una dirección de calle estimada con su número de portal a unas coordenadas x e y determinadas. Por ejemplo, un usuario podría hacer clic sobre una capa que representa los ejes de vía de una ciudad y obtendría la información sobre la dirección postal con el número de policía de un edificio. Este número de portal es calculado de forma estimada por el SIG mediante interpolación a partir de unos números ya presupuestos. Si el usuario hace clic en el punto medio de un segmento que comienza en el portal 1 y termina con el 100, el valor devuelto para el lugar seleccionado será próximo al 50. Hay que tener en cuenta que la geocodificación inversa no devuelve las direcciones reales, sino sólo estimaciones de lo que debería existir basándose en datos ya conocidos.

9.3. QGIS

QGIS (anteriormente llamado también Quantum GIS) es un Sistema de Información geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, MacOS y Microsoft Windows. Era uno de los primeros ocho proyectos de la Fundación OSGeo. Permite manejar formatos raster, vectoriales y bases de datos.

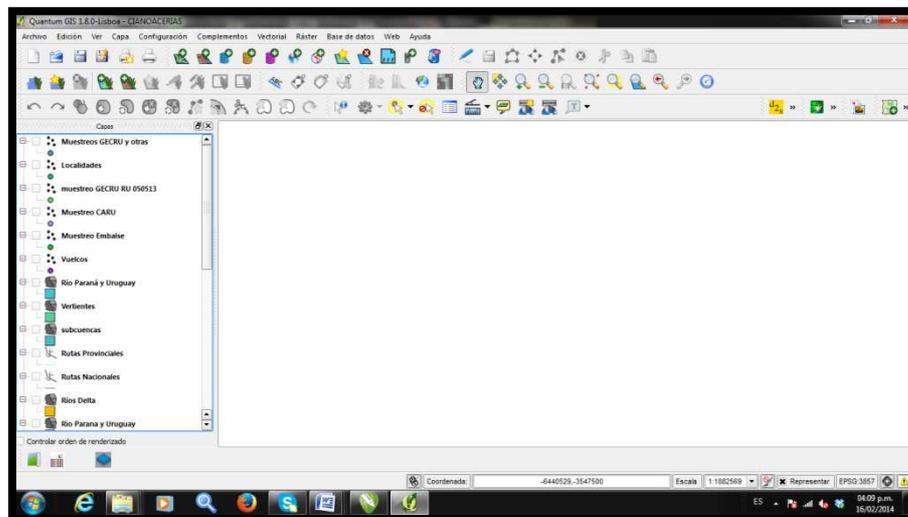


Figura 9-7. Interface principal QGIS

9.3.1. Licencia

El software Quantum GIS puede ser modificado libremente de tal manera que pueda realizar diferentes y funcionalidades especializadas.

9.3.2. Bases de Datos Geospaciales

Una de las grandes versatilidades de QGIS es su facilidad de interconexión con muchas bases de datos geospaciales como PostGIS, SpatiaLite, ORACLE Spatial y otras. QGIS tiene una conexión directa con bases de datos SpatiaLite y existen varios complementos que facilitan el manejo de esta base de datos.

9.3.3. Características

QGIS puede ver y superponer datos vectoriales y ráster en diferentes formatos y proyecciones sin conversión a un formato interno o común.

Los formatos admitidos incluyen Tablas de PostgreSQL con capacidad espacial, archivos en formatos ráster e imágenes admitidas por la biblioteca GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), datos ráster y vectoriales, de GRASS, de bases de datos, entre otros.

Es capaz de diseñar mapas y explorar datos espaciales de forma interactiva con una interfaz amigable.

Permite además crear, editar, administrar y exportar mapas vectoriales en varios formatos.

Ofrece herramientas de digitalización para formatos admitidos por OGR y capas vectoriales de GRASS.

Permite crear y editar archivos shape y capas vectoriales de GRASS.



Geocodificar imágenes con el complemento Georreferenciador.

Dispone de herramientas GPS para importar y exportar formato GPX y convertir otros formatos GPS a GPX.

Crear capas PostGIS a partir de archivos shape con el complemento SPIT.

Es capaz de guardar capturas de pantalla como imágenes georreferenciadas.

Permite realizar análisis de datos espaciales de PostgreSQL/PostGIS y de otros formatos admitidos por OGR usando el complemento de Python fTools.

QGIS actualmente ofrece herramientas de análisis vectorial, muestreo y geoprocésamiento, geometría y administración de bases de datos. Puede usar las herramientas de GRASS integradas, que incluyen la funcionalidad completa de GRASS de más de 350 módulos.

QGIS también se puede usar como cliente WMS o WFS y como servidor WMS además de permitir exportar datos a un archivo Mapfile y publicarlos en Internet usando un servidor web con UMN MapServer instalado.

9.3.4. Utilización del software

Con este software generamos una base de datos en la que pudimos incorporar información ya procesada por el grupo y nueva información adquirida, actualmente se tiene capas raster, vectoriales y complementos instalados los cuales fueron ingresados, estudiados y administrados por los integrantes de este equipo a través del estudio previo de los manuales, información de la web y la asistencia de los coordinadores.

9.3.4.1. Carga Raster

Para ingresar un raster a QGIS, se debe tocar en el icono cargar capa raster y luego seleccionar su lugar de origen, luego definir las coordenadas geográficas correspondientes a este archivo y luego dar OK y la capa pasara a formar parte de la lista de capas del programa, ver Figura 9-8

9.3.4.2. Capa Vectorial

De la misma forma que el paso anterior se toca en el ícono cargar capa vectorial, se selecciona su lugar de origen luego se especifica las coordenadas geográficas correspondientes y tocando Ok la capa ya forma parte de la lista, ver Figura 9-9

9.3.4.3. Ingreso de datos

Para generar una base de datos asociando a una capa se debe en primera instancia generar el archivo desde office con la extensión correspondiente y luego copiarla y pegarla directamente en la carpeta de destino del archivo reemplazando la existente, luego cuando se abra QGIS estará disponible la información ingresada.

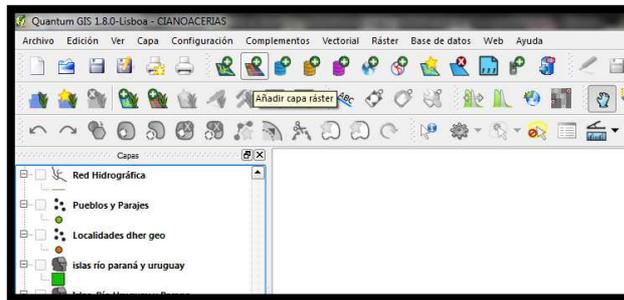


Figura 9-8. Añadir capa raster en QGIS

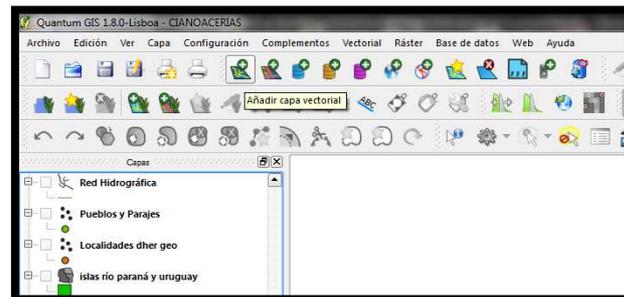


Figura 9-9. Añadir capa vectorial en QGIS

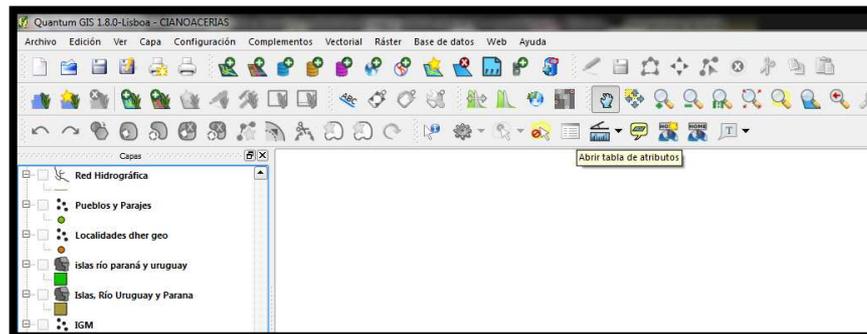


Figura 9-10. Abrir tabla de atributos en QGIS

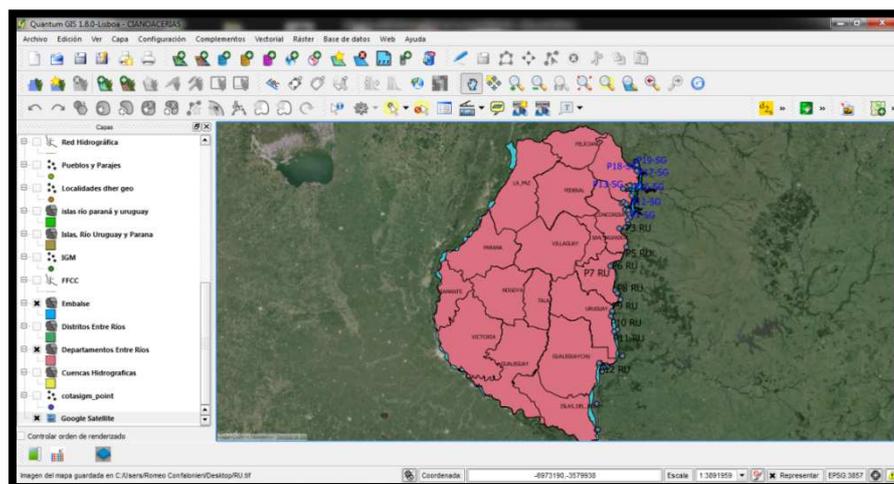


Figura 9-11. Imagen de QGIS generado por GECRU

9.3.5. Programas de apoyo

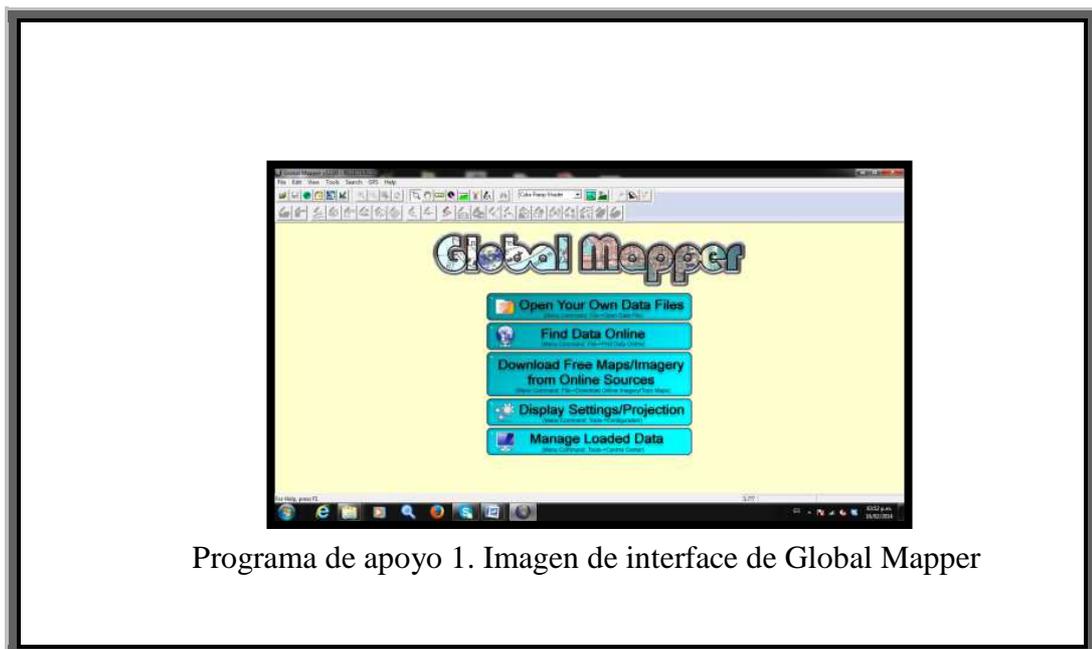
Para generar los archivos que luego serán cargados en QGIS, se debe trabajar con programas específicos que permiten adecuar y modificar los archivos, estos son:

GlobalMapper: en este, se ingresa la información proveniente del GPS, la cual es llevada a las coordenadas geográficas correspondientes ya sea Gauss Kruger o latitud/longitud, se corrobora la posición de los puntos, se revisa la escala y luego se exporta como un archivo shape con extensión .shp, este es el formato que admite QGIS para capas vectoriales, también en este programa es posible ingresar archivos provenientes de sistema Acad, imágenes, etc sobre los que se ha trabajado de la misma forma que en el caso de los puntos obtenidos del GPS y luego son exportados en el formato que corresponda y que es admitido por QGIS.

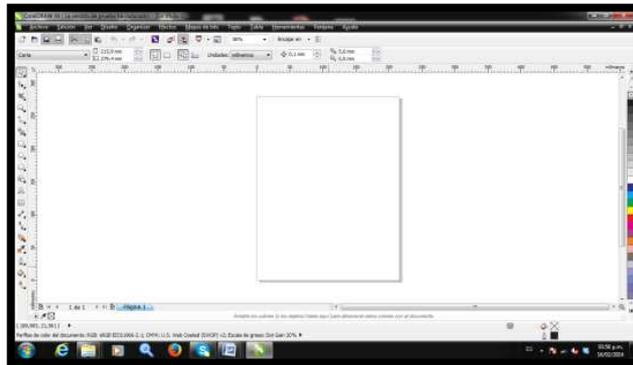
AutoCad: este software muy aplicado a lo largo de la carrera, lo hemos utilizado para procesar un archivo generado en base a un conjunto de polilíneas que demarcaban las márgenes del río Uruguay, sus islas y zonas inundables, este archivo fue llevado a la posición (0,0,0) de acad y luego escalado para obtener una situación real del río, además se modificaron las polilíneas hasta generar un archivo que sea confiable y este acorde a la realidad del río.

Corel Draw: este programa de procesamiento de imágenes fue utilizado en nuestro caso para generar una imagen del curso del río a partir de un grupo de imágenes obtenidas de GOOGLE EARTH.

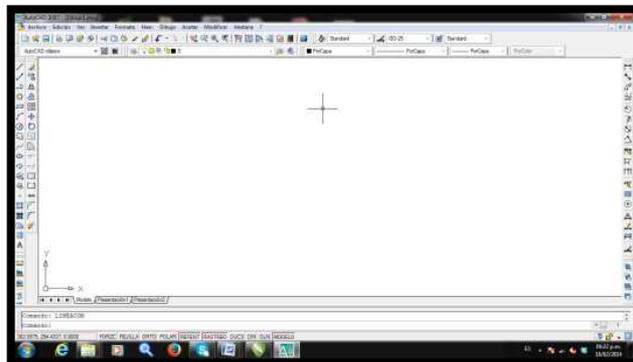
Office: esta herramienta se utilizó con el objeto de generar, ordenar y clasificar la información obtenida de los muestreos y de las demás fuentes para luego generar un archivo DBF con extensión .dbf el cual era necesario para ingresar toda esta información y vincularla a los shape que incluyen los puntos georreferenciados.



Programa de apoyo 1. Imagen de interface de Global Mapper



Programa de apoyo 2. Imagen de interface de Corel Draw



Programa de apoyo 2. Imagen de interface de Auto CAD

Figura 9-12. Interface de programas de apoyo utilizados para generar la base de datos de QGIS

9.4. WASP

9.4.1. Breve descripción

WASP 7.0 (Water Quality Analysis Simulation Program) es un sistema computacional capaz de predecir y simular el transporte de escalares en general presentes en diferentes cuerpos de agua (lagos, ríos, estuarios), entre ellos los sedimentos y metales pesados en particular. Versiones anteriores del modelo han sido utilizadas en el estudio de la calidad de aguas de diversos ambientes acuáticos, por ejemplo, polución con metales pesados en el río Profundo en Carolina del Norte (JRB, 1984), eutrofización en el estuario Potomac (Thomann et al., 1982) entre otros.

Este sistema permite el modelado de cuerpos de agua unidimensional, bidimensional o tridimensional, dependiendo principalmente del grado de precisión que requiera el estudio y el tipo de escenario que se esté tratando.

Consiste básicamente en dos sub programas que pueden o no trabajar conjuntamente, uno de ellos es el modelo hidrodinámico DYNHYD5, que permite simular el movimiento del agua; el otro es el propio WASP que representa la interacción de los distintos constituyentes con la masa de agua.

El sistema computacional proporciona la opción de elegir entre diferentes subrutinas, de manera de precisar la clase de constituyente que se pretende estudiar, las seis subrutinas a las que se hace referencia son Eutrofización; Tóxico simple; Tóxico no ionizante; Tóxico orgánico, Mercurio y Calor.

El sistema dispone de un preprocesador en el cual se ingresa la información básica, y un posprocesador que permite visualizar los resultados obtenidos posteriores a la simulación.

Entre la información de entrada se deben definir y precisar el transporte advectivo y dispersivo; condiciones de borde; condiciones iniciales; cargas tóxicas de fuentes puntuales y no puntuales; y parámetros cinéticos, constantes y funciones temporales.

La discretización del escenario de estudio se realiza a través de diferentes segmentos interconectados, que permiten obtener la configuración geométrica del mismo ver figura 9-13.

Existen cuatro tipos de segmentos: columna de agua superficial; columna de agua subsuperficial; lecho superior activo; y lecho inferior.

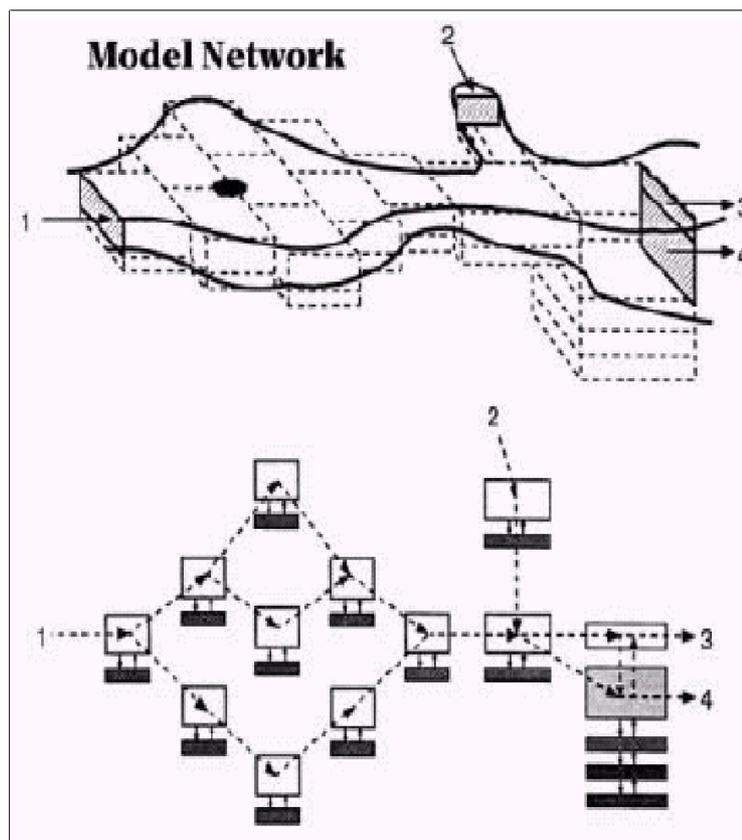


Figura 9-13. Esquema de segmentación utilizado por software de modelación unidimensional WASP



9.4.2. Aguas superficiales-aplicación del modelo wasp5

Este modelo permite predecir respuestas en la calidad del agua ante fenómenos naturales o eventos de polución causados por actividades humanas. Para ello utiliza subrutinas predefinidas que representan distintos tipos de procesos de calidad del agua (cinéticas, estructuras de reactividad, etc.). El programa WASP5 incluye dos subrutinas: TOXI5, para productos tóxicos, y EUTRO5, para situaciones convencionales.

Otros módulos pueden ser desarrollados por el usuario. Esta característica le otorga al modelo una gran flexibilidad para su aplicación.

9.4.3. Visión General del Modelo

Como se dijo anteriormente, el sistema WASP5 está conformado por 2 programas independientes y que pueden ejecutarse en conjunto o separadamente. El primer programa, DYNHYD5, modela el comportamiento hidrodinámico del agua, mientras que el segundo, el WASP5 propiamente tal, simula el movimiento e interacción de los contaminantes dentro del fluido.

Se debe destacar que es posible utilizar otros programas, distintos al DYNHYD5, en conjunto con el WASP5.

Como ya se mencionó, el programa WASP5 incluye dos subrutinas:

TOXI5, para productos tóxicos (químicos orgánicos, metales y sedimentos); y

EUTRO5, para situaciones convencionales de polución (OD, DBO, nutrientes y eutrofización).

Para el caso de sustancias que no presentan interacciones cinéticas, se utiliza el módulo TOXI5 especificando decaimiento nulo.

Las modelaciones realizadas por el sistema se basan en los principios de balance de masa y, en el caso del programa hidrodinámico, en la conservación de momentum o energía, a través del tiempo y del espacio.

9.4.3.1. Balance de Masa

El balance de masa aplicado a un volumen de control debe considerar todo material que ingresa y abandona al sistema, por carga directa o difusa, por dispersión, y por transformación física, química y biológica. Considerando un sistema de ejes cartesiano tridimensional, en el cual los ejes x e y se ubican sobre el plano horizontal y el eje z se ubica en el plano vertical, la siguiente ecuación representa el balance de masa para un volumen infinitesimal de fluido:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = - \frac{\partial}{\partial x} (U_x C) - \frac{\partial}{\partial y} (U_y C) - \frac{\partial}{\partial z} (U_z C) + \frac{\partial}{\partial x} (E_x \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (E_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (E_z \frac{\partial C}{\partial z}) + S_I + S_B + S_K$$



donde:

C: Concentración del compuesto en el agua (mg/l o g/m³)

t: Tiempo (días)

U_x, U_y, U_z: Velocidades advectivas longitudinales, laterales y verticales, m/día

E_x, E_y, E_z: Coeficientes de difusión longitudinales, laterales y verticales, m²/día

SL: Tasa de carga directa y difusa, g/m³ día

SB: Tasa de carga en la condición de borde (aguas arriba y abajo, atmosférica, bentónica, etc.), g/m³ día

SK: Tasa de transformación cinética, positiva si es fuente, negativa si es sumidero, g/m³ día

Asumiendo homogeneidad vertical y lateral, al integrar la ecuación anterior en las variables z e y, se obtiene:

$$\frac{\partial}{\partial t}(AC) = -\frac{\partial}{\partial x}(-U_x AC) + E_x A \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + A(S_L + S_B) + AS_K$$

donde:

A: Área de la sección transversal, [m²]

En esta ecuación se aprecian los tres principales tipos de procesos involucrados en la calidad del agua: transporte (1er y 2do términos), carga (3er término) y transformación (4o término).

Utilizando volúmenes de control expandidos o segmentos, se representa la configuración del cuerpo de agua de interés. Este puede ser subdividido en sentido lateral, longitudinal y vertical. Dentro de cada segmento se calcula la concentración de las sustancias analizadas, y las tasas de transporte son determinadas en la interface de segmentos consecutivos. El modelo WASP5 requiere especificar el tipo de segmento de acuerdo a cuatro categorías:

Epilimnion (agua superficial)

Hipolimnion (agua subsuperficial)

Capas bentónicas superiores

Capas bentónicas inferiores

El tamaño (y por tanto el número) de los segmentos se determina en función de la escala espacial y temporal del problema a analizar, y no de acuerdo a las características del cuerpo de agua o del contaminante en sí. Al aumentar el número de segmentos aumenta también el tiempo necesario para completar la simulación.

9.4.3.2. El Modelo de Transporte

El modelo incluye advección y dispersión de los constituyentes de la calidad del agua. Ambos mecanismos están divididos en seis tipos, o campos de flujo. El primero incluye el



flujo advectivo y la mezcla dispersiva en la columna de agua. Los componentes de calidad del agua son movilizados por el flujo advectivo "aguas abajo" con el agua, generando dilución dentro de la corriente. La dispersión aumenta la mezcla y dilución entre regiones con diferentes concentraciones.

El segundo campo contempla el movimiento de agua capilar en el lecho de sedimentos. Los componentes disueltos del agua son transportados a través del lecho e intercambiados entre el lecho y la columna de agua.

El tercer, cuarto y quinto campo corresponden al transporte de partículas por medio de la decantación, resuspensión y sedimentación de sólidos. El sexto campo representa la evaporación o precipitación desde o hacia los segmentos de agua superficial.

9.4.3.3. Advección en la Columna de Agua

El flujo advectivo en la columna de agua controla el transporte de contaminantes disueltos y particulados en muchos cuerpos de agua. Los patrones de circulación pueden ser incorporados considerando tres opciones. Las primeras dos (flowoptions 1 y 2) corresponden a una descripción de los flujos, mientras que la tercera opción consiste en la utilización de un modelo hidrodinámico (DYNHYD5).

9.4.3.4. Descripción de Flujos

En este caso el usuario debe proveer, para cada flujo de entrada, lo siguiente:

Una función de tiempo, que indica como varía el flujo en el tiempo; y

Una función de continuidad de flujo, que indica como varía el flujo a través de la red de segmentos.

En el caso de la opción 1, WASP5 suma todos los flujos en la interface, determina el flujo neto, y luego transporta masa en la dirección resultante. Para el caso de la opción 2, la masa es transportada independientemente de la dirección neta (situación propicia para describir grandes patrones de dispersión).

9.4.3.5. Simulación Hidrodinámica

La simulación es necesaria especialmente en casos de flujos no continuos. El programa de simulación genera un archivo (*.HYD) con los volúmenes de cada segmento, los flujos interfaciales promedio, profundidad de cada segmento y las velocidades, en cada paso de tiempo. WASP5 utiliza esta información para calcular el transporte de masa, las concentraciones en cada segmento, etc.

Para lograr esto, se debe definir una red de nodos hidrodinámicos que sea equivalente con la red de segmentos de WASP5 (cada nodo debe corresponder a un segmento, y cada arco, a una interface).

9.4.3.6. Geometría Hidráulica

Si se utiliza un programa hidrodinámico, la velocidad y la profundidad son calculadas por ese programa. Si los patrones de flujo son entregados por el usuario a WASP (opciones 1 y 2), entonces se deben incorporar los coeficientes de descarga hidráulicos, correspondientes a las siguientes relaciones empíricas:



$$V = a Qb$$

$$D = c Qd$$

$$B = e Qf$$

donde:

Q: Caudal, m³/s

V: Velocidad, m/s

D: Profundidad, m

B: Ancho promedio, m

Los factores a, b, c, d, e y f son coeficientes empíricos que cumplen con:

$$a * c * e = 1$$

$$b + d + f = 1$$

Estos parámetros sólo serán utilizados en la simulación de re-aireación o volatilización. Se sugieren los siguientes valores:

Situación	a	b	c	d	E	f
Sección Transversal Rectangular		0.40		0.60	B	0.00
Riveras Escarpadas (Suelos Cohesivos)		0.43		0.45		0.12
Riveras Llanas (Suelos No Cohesivos)		0.34		0.36		0.29
Lagos, Embalses	V	0.00	D	0.00		1.00

Tabla 9-3. Situaciones de Corrida

9.4.3.7. Advección en el Agua Capilar

El flujo de agua desde y hacia las capas bentónicas del fondo puede ser una fuente o un sumidero de contaminantes para la columna de agua sobre ellas. El usuario debe ingresar las características de estos flujos (fracción disuelta de contaminante, funciones de tiempo y continuidad).

9.4.3.8. Dispersión en la Columna de Agua

Este fenómeno es importante en cuerpos de agua como lagos, embalses y estuarios. El usuario debe ingresar, para cada grupo de intercambio que sea definido, una función que entregue los valores de los coeficientes de dispersión a través del tiempo (en m²/s), el área interfacial, el largo característico de mezcla, y los segmentos entre los cuales ocurre el intercambio.

9.4.3.9. Difusión en el Agua Capilar

Este proceso puede ser significativo en las concentraciones bentónicas de contaminantes, especialmente para químicos relativamente solubles y cuerpos de agua con baja carga de sedimentos.

Dependiendo de los gradientes de concentración, este mecanismo puede constituir una fuente o un sumidero de contaminantes para la columna de agua. El usuario debe ingresar, para cada grupo de intercambio que sea definido, una función que entregue los valores de



los coeficientes de dispersión a través del tiempo (en m^2/s), el área interfacial, el largo característico de mezcla, y los segmentos entre los cuales ocurre el intercambio.

9.4.3.10. Procesos de Borde

Un segmento de borde se caracteriza por intercambios de agua con el exterior de la red, incluyendo afluentes tributarios, efluentes e intercambios por medio de dispersión con aguas abiertas. WASP reconoce segmentos de borde al revisar los pares de segmentos identificados por el usuario; un segmento de borde debe limitar con un segmento "0". Por ejemplo, el par (0,1) indica que el segmento 1 es de borde aguas arriba, mientras que el par (5,0) muestra que el segmento 5 es de borde aguas abajo.

El usuario debe especificar las concentraciones de borde. Para segmentos de borde aguas arriba se utiliza la expresión:

$$V_i S_{Bik} = Q_{0i}(t) * C_{Bik}$$

donde:

V_i : Volumen del segmento de borde "i", m^3

S_{Bik} : Tasa de carga de borde del químico "k" en el segmento "i", g/m^3 día

$Q_{0i}(t)$: >Afluente al segmento "i", $m^3/día$

C_{Bik} : Concentración de borde del químico "k" en el segmento "i", mg/l

Para el caso de segmentos aguas abajo, aplica la ecuación:

$$V_i S_{Bik} = - Q_{i0}(t) * C_{ik}$$

donde:

$Q_{i0}(t)$: Afluente desde el segmento de borde "i", $m^3/día$

C_{ik} : Concentración interna del químico "k" en el segmento de borde "i", mg/l

Si se trata de un segmento de borde de intercambio, entonces aplica la expresión:

$$V_i S_{Bi} = E_{i0}(t) * A_{i0} / L_{ci0} * (C_{Bk} - C_{ik})$$

9.4.3.11. Procesos de Carga

Representan descargas de efluentes municipales o industriales, escorrentías urbanas o agrícolas, precipitaciones, y sedimentación atmosférica de contaminantes. El usuario puede especificar tasas de carga para cada variable. Dos tipos de carga son factibles de usar: fuentes puntuales o escorrentías.

En el primer caso, las tasas son indicadas junto con los datos de inicialización de la simulación. En el segundo caso, las tasas son leídas por WASP5 desde un archivo externo, creado por otro modelo de simulación.

9.4.3.12. Condiciones Iniciales

Como WASP5 es un modelo dinámico, el usuario debe especificar condiciones iniciales para cada variable en cada segmento, antes de realizar la simulación.



9.5. Distintas simulaciones

9.5.1. Transporte de sedimentos

La simulación del transporte de sedimentos se realiza utilizando el programa TOXI5. La simulación puede incorporar sólidos totales en una sola variable o, alternativamente, representar hasta tres tipos de sólidos diferentes.

El programa WASP incluye la modelación matemática de los siguientes procesos:

Los sedimentos y las partículas pueden decantar a segmentos de agua más bajos y depositarse sobre los segmentos superficiales del fondo.

También puede verificarse un intercambio de sedimentos y partículas químicas entre el fondo y el agua.

Carga de sedimentos como producto de la erosión del fondo y de las riberas.

El movimiento de sedimentos en el fondo es representado en base a dos opciones:

El volumen de los segmentos de sedimento permanece constante y las concentraciones varían en respuesta a la sedimentación y al roce.

El volumen de los segmentos de sedimento es compactado o erosionado de acuerdo a la sedimentación y al roce, mientras que la concentración permanece constante.

9.5.2. Oxígeno disuelto (OD)

Esta es una de las variables más importantes en el análisis de calidad del agua. Bajas concentraciones afectan directamente la vida acuática y el balance ecológico. Para realizar esta simulación se utiliza el módulo EUTRO5 del sistema.

Existen numerosos procesos fisicoquímicos que afectan el transporte e interacción del OD en el ambiente acuático. EUTRO5 puede ser operado por el usuario en cuatro niveles de distinta complejidad para simular algunas o todas las variables e interacciones disponibles:

Streeter-Phelps.

Streeter-Phelps modificado.

Balance lineal completo de OD.

Balance no lineal de OD.

Cinco variables pueden participar en el balance de OD:

carbono de fitoplancton

amoníaco

nitrateo

demanda bioquímica de oxígeno

oxígeno disuelto



9.5.3. Eutrofización

El Enriquecimiento de nutrientes y la eutrofización son preocupaciones constantes en muchos cuerpos de agua. Altas concentraciones de nitrógeno y fósforo pueden generar aumentos periódicos en la población de fitoplancton y alterar del balance trófico natural. El OD puede variar ampliamente y disminuir fuertemente en aguas profundas.

La simulación de este fenómeno se realiza usando el programa EUTRO5. Al igual que en el caso anterior, la simulación se puede llevar a cabo en varios niveles de complejidad:

Cinética simple de eutrofización.

Cinética intermedia de eutrofización.

Cinética intermedia de eutrofización con sedimentos.

La modelación incluye cuatro sistemas interactuando:

Cinética del fitoplancton

Ciclo del fósforo

Ciclo del nitrógeno

Balance de OD

Las variables de estado son ocho: NH₃, NO₃, PO₄ (fósforo inorgánico), PHYT (carbono de fitoplancton), CDBO, OD, ON (nitrógeno orgánico) y OP (fósforo orgánico).

9.5.4. Implementación del Modelo

La implementación de esta simulación es similar a la descrita para trazadores químicos, debiendo agregarse los siguientes parámetros de entrada.

Los parámetros se agrupan en cuatro grupos principales: ambiente, transporte, bordes y transformaciones. Para cada uno de los niveles de complejidad disponibles, difieren los parámetros necesarios, pero los principales se mencionan a continuación.

1) Parámetros Ambientales o de Entorno

Número de Sistemas	Seleccionar "simular" para PHYT y para ON, NH ₃ , NO ₃ o OP y PO ₄ Además, elegir "constante" para los nutrientes no simulados y dejar "bypass" a CDBO y OD. Dependiendo del nivel de complejidad, se puede elegir "simular" para todas las variables.
Segmentos	Los segmentos de agua deben ser definidos en la forma estándar. Si se va a simular sedimentación, se debe agregar un segmento bentónico adicional para recibir la materia orgánica. Cálculos en este segmento pueden ser ignorados.

Tabla 9-4. Parámetros Ambientales



2) Parámetros de Transporte

Número de Campos de Flujo	Para simular sedimentación de ON y OP se debe elegir sólidos 1 bajo advección. Para sedimentación de PHYT, elegir sólidos 2, y para PO4, sólidos 3.
Velocidades de Sedimentación	Para sólidos 1, 2 y 3.
Area de la Sección Transversal	Se debe especificar para todos los segmentos contiguos en que se verifique intercambio de sedimentos.

Tabla 9-5. Parámetros de Transporte

3) Parámetros de Borde

Este grupo de parámetros incluye las concentraciones en el borde, las descargas puntuales y condiciones iniciales. Las concentraciones de borde deben ser especificadas para cualquier segmento recibiendo caudales, ya sea de entrada, salida o de intercambio. Las condiciones iniciales incluyen concentraciones iniciales, densidad y campo de transporte de sólidos para cada sólido, y la fracción disuelta en cada segmento.

✓ Concentraciones de borde, mg/l: para cada segmento de borde, concentraciones variables en el tiempo deben ser especificadas para PHYT, expresadas en ug/l, clorofila a. Las concentraciones variables en el tiempo también deben ser especificadas ya sea para ON, NH₃, y NO₃, o OP y PO₄. Un segmento de borde está caracterizado por intercambios desde afuera de la red, incluyendo cursos tributarios, caudales de salida aguas abajo, e intercambios dispersivos de aguas abiertas.

✓ Descargas, kg/día: para cada punto de descarga pueden ser especificadas la variable temporal del PHYT, ON, NH₃, NO₃, OP, y PO₄. Estas descargas pueden representar a las descargas cloacales, industriales, escorrentías superficiales.

✓ Campo de transporte de solidos: el campo de transporte asociado a la sedimentación de partículas debe ser indicado en las condiciones iniciales. Se recomienda Solido 1 (campo 3) para ON y OP, Solido 2 (campo 4) para PHYT y Solido 3 (campo 5) para PO₄.

✓ Densidad del sólido, g/cm³: este parámetro no se utiliza en EUTRO.

✓ Concentraciones iniciales, mg/l: las concentraciones de PHYT (clorofila a en ug/l), ON, NH₃ y NO₃, o OP y PO₄ deben ser especificadas para el comienzo de la simulación. Para los nutrientes no simulados que se mantienen constantes, deben especificarse las concentraciones óptimas. Las concentraciones de estos nutrientes se mantendrán constantes a lo largo de la simulación y pueden afectar el PHYT por medio de la limitación de la tasa de crecimiento (a pesar de que los nutrientes deberían estar en exceso y por lo tanto no afectar el crecimiento).

✓ Fracción disuelta: Deben especificarse las fracciones disueltas de PHYT, ON, NH₃, NO₃, OP, y PO₄ para cada segmento. La fracción disuelta de PHYT debe ser cero. Para la sedimentación sólo se tomará en cuenta la fracción de los nutrientes.



4) Parámetros de Transformación

Éste grupo de parámetros incluye los parámetros espaciales variables, constantes y funciones cinéticas del tiempo para los constituyentes de la calidad del agua que están siendo simuladas. Los parámetros son ingresados para cada segmento. Los valores específicos de las constantes se aplican al total de la red para toda la simulación. Las funciones cinéticas del tiempo se componen de series de valores en función del tiempo, en días.

✓ Temperatura del agua, °C: La variable de temperatura del agua, en el tiempo y en el segmento, puede ser especificada usando los parámetros TMPSG y TMPFN. Si la temperatura se mantiene constante en el tiempo, entonces se debe ingresar la misma usando el parámetro TMPSG, y el TMPFN se debe omitir.

✓ Radiación solar, Langleys/día: la variable de radiación solar del agua puede ser especificada usando las funciones temporales ITOT y FDAY. Los valores de radiación solar en la superficie, variables a lo largo de las estaciones se ingresan usando ITOT como radiación en función del tiempo. FDAY proporciona la variación estival de la fracción en la que hay luz del día. Internamente, EUTRO utiliza el coeficiente ITOT/FDAY para la intensidad de radiación durante las horas de luz del día.

✓ Extinción solar, m^{-1} : Los coeficientes de extinción solar variables en el tiempo y por segmento se ingresan usando los parámetros KESG y KEFN, y la función del tiempo KE. Si los coeficientes se mantienen constantes en el tiempo, entonces se deben ingresar usando KESG, omitiéndose KEFN y KE.

✓ Tasa de crecimiento, day^{-1} : la tasa máxima de crecimiento constante del fitoplancton y el coeficiente de temperatura se puede ingresar con los parámetros K1C y K1T respectivamente.

✓ Tasa de decaimiento, day^{-1} : la tasa de decaimiento del fitoplancton se puede ingresar utilizando la constante K1D. Se asume que dicha tasa no depende de la temperatura.

✓ Carbono a clorofila, $mg\ C/mg\ Chl$: la relación entre el carbono y la clorofila puede ser especificada usando la constante CCHL. Para el proceso de EUTRO, el valor de referencia es 30.

✓ Limitación de la luz: la disponibilidad de la luz es especificada utilizando funciones temporales que se explicaron en el parámetro de la radiación solar, utilizándose también un coeficiente de extinción de luz.

✓ Fosforo a carbono, $mg\ P/mg\ C$: la proporción normal en peso de la transformación del fosforo al carbono se especifica usando la constante PCRB. El valor predefinido para EUTRO es de 0,025.

✓ Constante de saturación media de fosforo, $mg\ P/l$: dicha constante se toma utilizando la constante KMPG1.

Estos parámetros pueden ser el coeficiente de extinción de la luz, tasa máxima de crecimiento del PHYT, proporción de carbono a clorofila, de fósforo a carbón, nitrógeno a carbón, tasa de muerte no predatoria del PHYT, etc., dependiendo del nivel de complejidad seleccionado para realizar la simulación.



9.5.5. Tóxicos simples

Algunos químicos orgánicos e inorgánicos pueden causar toxicidad en organismos acuáticos, o bioconcentrarse a través de la cadena alimenticia.

Este fenómeno es simulado por medio del programa TOXI5. Puede simular el transporte y transformación de hasta tres químicos y uno a tres tipos de material particulado. Los tres químicos pueden ser independientes o estar relacionados por reacciones.

En ambientes acuáticos los químicos pueden ser transferidos entre fases y pueden ser degradados por distintos procesos químicos y biológicos. En el modelo se incluyen procesos simplificados de transferencia como adsorción y volatilización. Entre los procesos de transformación se incluyen la biodegradación, hidrólisis, fotólisis y oxidación. La adsorción es tratada como una reacción de equilibrio. Los procesos simplificados son descritos por ecuaciones con tasas de primer orden.

La aplicabilidad del modelo se limita a concentraciones cercanas a niveles de trazas, es decir cerca de 10^{-5} molar. A concentraciones mayores dejan de ser válidos supuestos como la transformación lineal, y además la densidad del químico comienza ser importante. A altas concentraciones se alteran características ambientales como el pH, lo que hace variar las tasas de transformación.

9.5.6. Químicos orgánicos

La gran variedad y número de compuestos orgánicos incluyen pesticidas, bifenilopoliclorados, hidrocarburos halogenados alifáticos, éteres halogenados, ésteres ftálicos, hidrocarburos policíclicos aromáticos, y nitroaminas. Estos químicos pueden ingresar a los sistemas acuáticos por varias vías, incluyendo descargas puntuales de desechos.

Varios procesos ambientales pueden afectar el transporte y destino de los químicos orgánicos en el ambiente acuático. Los más importantes incluyen procesos físicos como la adsorción hidrofóbica, volatilización y sedimentación; procesos químicos como ionización, precipitación, disolución, hidrólisis, fotólisis, oxidación y reducción; y procesos biológicos como biodegradación y bioconcentración. WASP5 incluye explícitamente la mayoría de estos, exceptuando sólo la reducción y precipitación-disolución. Si las cinéticas de estas reacciones son entregadas por el usuario, pueden ser incluidas como reacciones extras.

WASP5 está diseñado para proveer un marco general aplicable a un gran número de problemas ambientales de modo de permitir al usuario ajustar la complejidad del modelo a los requerimientos del problema específico a abordar.



9.6. Comparativa WASP/MIKE21-3

	WASP. Software gratuito.	MIKE21/3. Uso bajo licencia
1. Disponibilidad de datos	<p>Los datos de entrada deben incluir información sobre:</p> <ul style="list-style-type: none">- Batimetría -para establecer las cajas del modelo- Datos de flujo- Velocidad y dirección del viento <p>- Aunque generalmente se requiere una gran cantidad de datos para desarrollar modelos en este tipo de ambientes, WASP puede ponerse a punto con relativa poca cantidad de éstos. A mayor cantidad de datos de entrada mayor precisión en los resultados, por lo que habrá que valorar en cada caso las necesidades del proyecto.</p>	<p>Para poner a punto el modelo MIKE21/3, el usuario debería disponer, idealmente, de información sobre:</p> <ul style="list-style-type: none">- Batimetría- Mareas- Caudales de los ríos que entren en el dominio del modelo- Velocidad y dirección del viento- Velocidad de las corrientes y los niveles de agua (para la calibración/validación). <p>- Sin embargo, podría construirse un modelo simple con cartas de batimetría y una velocidad de corriente fija. De este modo no se utiliza toda la capacidad del modelo pero se puede llegar a una solución sencilla para una primera aproximación del problema.</p> <p>- Los datos de viento y marea, cuando sean significativos, pueden obtenerse a través de organismos meteorológicos e hidrográficos respectivamente.</p>
2. Coste datos de entrada	<ul style="list-style-type: none">- El coste de los datos de entrada depende de la complejidad del modelo.- Los datos de batimetría suelen estar disponibles en cartas de navegación. Es poco probable que la utilización de datos con mayor resolución aporte un gran valor añadido en WASP.- Si se emplean otras herramientas, como EFDC, para la obtención de datos, la cantidad de éstos se hace necesariamente mayor y similar a la información requerida por MIKE 21/3.	<ul style="list-style-type: none">- El coste de los datos de entrada depende de la complejidad del modelo, pero si hay pocos datos disponibles es menos recomendable ejecutar MIKE 21/3. Estos datos pueden incluir la compra de datos meteorológicos, hidrogeográficos y de mareas para las corrientes y los límites y niveles de agua para la calibración/ validación. Cuando los datos no estén disponibles se requerirá la realización de estudios, lo que puede resultar más costoso.- Si se opta por una aproximación sencilla, como se mencionaba anteriormente, se podrían obtener los datos a partir de cartas de navegación.



3. Tiempo de puesta a punto calibración.	<ul style="list-style-type: none">- Dependiendo de la complejidad del modelo, su construcción puede llevar uno o dos días típicamente. Si se requiere el empleo de otras herramientas como EFDC, este tiempo puede aumentar a semanas.	<ul style="list-style-type: none">- Dependiendo de la complejidad del modelo, su puesta a punto puede llevar de horas a días. Si se lleva a cabo la calibración/validación del modelo puede llevar semanas.
4. Tiempo de ejecución del modelo	<ul style="list-style-type: none">- WASP se ejecuta en minutos. Si se usan programas adicionales como EFDC, el tiempo de ejecución puede llevar de horas a días, dependiendo de la complejidad del modelo y la velocidad del ordenador.	<ul style="list-style-type: none">- Depende de la complejidad del modelo y la velocidad del ordenador. Si se incluye hidrodinámica, la ejecución llevará del orden de horas a días.
5. Facilidad de uso	<ul style="list-style-type: none">- La puesta a punto de WASP es relativamente compleja.- Su flexibilidad es al mismo tiempo una fortaleza y una debilidad, dada la cantidad de opciones disponibles para el usuario a la hora de construir el modelo.- Se requiere conocimientos de dinámica de litoral/costera para la puesta a punto del modelo, para asegurar el empleo de valores adecuados de los parámetros de entrada, y para la interpretación y validación de los resultados.	<ul style="list-style-type: none">- MIKE21/3 tiene una interfaz de usuario gráfica muy sencilla en cuanto a navegación e introducción de datos de entrada.- Como ocurre con WASP, se requieren conocimientos de dinámica de litoral/costera para la puesta a punto del modelo, para asegurar el empleo de valores adecuados de los parámetros de entrada, y para la interpretación y validación de los resultados.- Los manuales de usuario son detallados y DHI proporciona el soporte necesario a sus clientes.
6. Aplicabilidad MORA I.	<ul style="list-style-type: none">- WASP es un modelo extremadamente flexible.- La concentración máxima en cada una de las celdas del modelo, puede compararse con los niveles de referencia. Se puede calcular el volumen en cada celda mediante un postprocesamiento de los resultados (por ejemplo con Microsoft Excel).- El volumen de agua afectado es un parámetro clave en la evaluación del daño requerido por la LRM.	<ul style="list-style-type: none">- La concentración máxima en cada celda puede compararse con los niveles de referencia. Las dimensiones de cada celda empleada en el modelo se pueden extraer del modelo y emplearse en el cálculo de volumen.- Posee un módulo llamado EcoLab, que permite al usuario desarrollar procesos complejos aplicables a cualquier contaminante.- Los derrames de petróleo pueden simularse, dentro de un módulo específico, y se pueden considerar manchas en superficie, interacciones en la columna de agua y degradación.



	<ul style="list-style-type: none">- WASP incluye un amplio rango de contaminantes y procesos asociados, incluyendo contaminantes orgánicos.	
7. Aplicabilidad MORA II.	<ul style="list-style-type: none">- Los resultados pueden obtenerse en ficheros .cvs, para un análisis en Microsoft Excel o similar.- El volumen es un parámetro de salida para cada celda del modelo, por ello el post-procesado es simple.	<ul style="list-style-type: none">- MIKE21/3 viene con su propio post-procesador o bien, los resultados pueden exportarse a ficheros de texto para su análisis en Microsoft Excel o similar.

Tabla -9-6. Comparación WASP/MIKE21-3

9.7. Utilidad/aplicación de la herramienta

El modelo WASP ha sido empleado para el análisis de procesos de eutrofización, contaminación por PCBs, compuestos orgánicos volátiles y mercurio en ríos, lagos y estuarios de EEUU.

El modelo ofrece concentraciones tabuladas de los procesos simulados en los que se incluyen los volúmenes de las cajas o celdas en las que se divide el sistema objeto de simulación –definidos por el usuario-, por lo que la comparación con concentraciones de referencia y el cálculo posterior (fuera del modelo) de volumen de agua superficial afectado es relativamente sencillo.

WASP incluye un amplio rango de contaminantes y procesos asociados, incluyendo contaminantes orgánicos.

Pueden incluirse reacciones de especiación de metales en un módulo especial (META4).

El modelo ofrece también salidas gráficas en 2D. gráficos XY de concentración vs tiempo y mallados dónde se representa con escalas de colores las concentraciones alcanzadas.

El volumen es un parámetro clave en WASP debido al modelo de caja que utiliza. Por ello los resultados son aplicables a MORA con un bajo nivel de post-procesado.

9.8. Principales parámetros de entrada

Geometría de los segmentos o celdas empleados en la simulación –profundidad y volumen-, velocidad del flujo, y otros parámetros

Concentraciones iniciales y tasas de descarga de contaminantes.

Parámetros físico-químicos de los contaminantes (coeficientes de reparto y factores de decaimiento).

Parámetros para la simulación del transporte advectivo y difusivo.



9.9. Resultados

El modelo produce tablas de resultados con las concentraciones máximas alcanzadas en cada celda en las que el usuario divide el sistema.

Los resultados en cada celda se pueden comparar con niveles de referencia y a partir de ahí, mediante un simple tratamiento de los datos, el usuario puede estimar el volumen de afección por encima de dichos niveles.

Los resultados también se representan espacialmente en mallas 2D y en gráficos XY de concentración frente a tiempo.

9.10. Limitaciones/incertidumbres

No realiza cálculos hidrodinámicos. Requiere de fuentes de información externa (información previa, otros modelos de simulación) introducción de datos de flujo en el modelo.

No simula vertidos de hidrocarburos.

WASP no modela la zona de mezcla alrededor de vertidos o descargas.

El modelo es altamente flexible, y por ello requiere ciertos conocimientos técnicos previos para asegurar una apropiada introducción de parámetros y valoración de los resultados.



Capítulo 10. APLICACIÓN DEL SOFTWARE AL PROYECTO

10.1. QGIS

10.1.1. Sistema de referencia y proyección.

La aplicación de este software para nuestro proyecto de investigación contempla la elaboración de mapas de calidad de agua. Para esto, se recopiló la información geográfica disponible la que se sistematizó en el Sistema de Información Geográfica.

La cartografía realizada en este proyecto se realizó en el marco de referencia POSGAR 94 (Posiciones Geodésicas Argentinas), el cual es la materialización del sistema de Referencia Global WGS84 para la República Argentina.

La proyección cartográfica utilizada para la elaboración inicial de los mapas es Gauss Kruger Faja 6 con los siguientes parámetros:

- ✓ Tipo: Mercator Transversal
- ✓ Datum: WGS84
- ✓ Elipsoide: WGS84
- ✓ Meridiano de contacto: -57
- ✓ Origen de coordenadas: -90
- ✓ Falso Este: 500000
- ✓ Falso Norte: 0
- ✓ Factor de Escala: 1
- ✓ Unidades: metros

Una vez generada la información en el sistema Gauss Kruger, se realizó el cambio a sistema de coordenadas geográficas (latitud-longitud) para poder unificar los criterios de los shapefile existentes y para materializar la instalación de los complementos de QGIS.

Además, se implementó el software en ambos sistemas de referencia, es decir por un lado en coordenadas geográficas y por el otro en coordenadas Gauss Kruger.

Lo antes mencionado permite para el primer caso obtener imágenes de las zonas de muestreo teniendo como base imágenes satelitales obtenidas de google earth y en segunda instancia mapas con referencias cartográficas claramente identificables.

10.1.2. Información recopilada

La información recopilada por el grupo de investigación consiste en archivos shapefile que se obtuvieron de una base de datos con la que se contaba de campañas anteriores, estos archivos fueron revisados y referenciados a nuestros requerimientos, además, por nuestra parte generamos archivos shapefile que hacen referencia a los muestreos realizados en nuestras campañas y a información obtenida de entes reguladores binacionales; con esto generamos la georreferenciación de los puntos donde se tomaron las muestras y que tienen asociados una base de datos en la que se incluyen parámetros y valores esenciales para nuestra investigación, los cuales son utilizados como base para la modelación matemática



unidimensional que se realiza con el software WASP y para poder identificar la eventual variación de concentraciones, valores y/o situaciones a lo largo de la zona de estudio permitiendo realizar la comparación de los eventos de un parámetro con otro.

10.1.3. Archivos shapefile incluidos en la base de datos de nuestro proyecto

Archivos raster y vectoriales			
Tema	Archivo	Fuente	GIS
División política	Pueblos y Parajes	DHER	Puntos
	Localidades	DHER	Puntos
	departamentos	DHER	Polígono
	Distritos Entre Ríos	DHER	Polígono
	Departamentos Entre Ríos	DHER	Polígono
	Localidades dher geo	DHER	Puntos
Hidrografía	Río Parana y Uruguay	DHER	Polígono
	Islas, Río Uruguay y Parana	DHER	Polígono
	Embalse	DHER	Polígono
	Red Pluviométrica	DHER	Polígono
	subcuencas	DHER	Polígono
	islas río Paraná y Uruguay	DHER	Polígono
	Cuencas Hidrográficas	DHER	Polígono
	Ríos Delta	DHER	Polígono
	Río Paraná y Uruguay	DHER	Polígono
	Vertientes	DHER	Polígono
Red Hidrográfica	DHER	Polígono	
Imagen	Imagen completa	GECRU	Raster
Red Vial	Rutas Provinciales	IGN	Polígono
	Rutas Provinciales	IGN	Polígono
	Rutas Nacionales	IGN	Polígono
	FFCC	IGN	Polígono
Referencia geográficas	IGM	IGN	Puntos
	cotasigm_point	IGN	Puntos
Relevamiento	Muestreos GECRU y enbi	GECRU	Puntos
	Muestreo enbi	GECRU	Puntos
	Muestreo Embalse	GECRU	Puntos
	muestreo GECRU RU 050513	GECRU	Puntos
	Muestreo Estiaje 26-01-2014	GECRU	Puntos
	Vuelcos	GECRU	Puntos

10.1.4. Generación de mapas

Con los datos cargados en QGIS se generaron los mapas correspondientes a cada zona de muestreo identificando en ellos los datos característicos de un mapa cartográfico.

En ANEXO 3 se agregan todos los planos generados.

10.1.5. Discusión de resultados QGIS

10.1.5.1. Análisis del embalse

Del análisis de la figura 10-1 obtenida de MIKE 3 para una modelación precedente a esta investigación, se observa que la mayor concentración de clorofila a se presenta en las entrantes que forma el embalse, es decir zonas donde el agua permanece en un estado de reposo prolongado lo que favorece el aumento de la temperatura, concentración de nutrientes, etc. Esto respalda los valores obtenidos en las campañas realizadas por este grupo que se pueden ver en la figura 10-2.

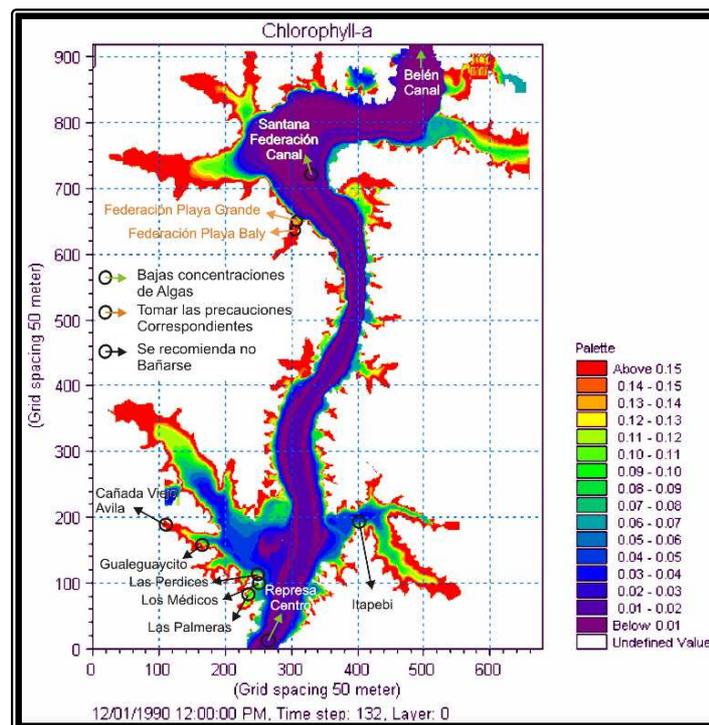


Figura 10-1. Ilustración de la concentración de Clorofila a obtenido de MIKE 3

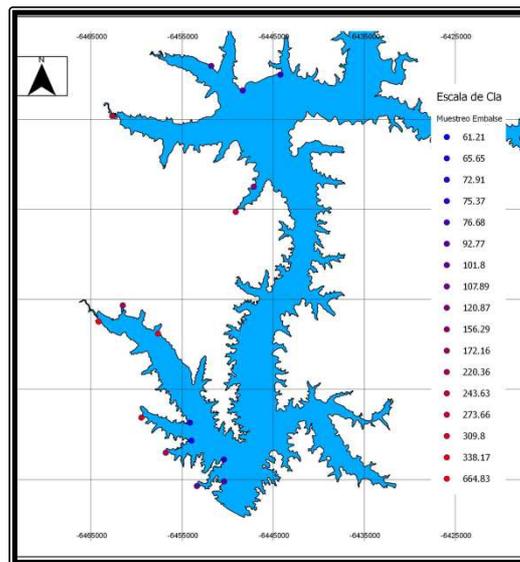


Figura 10-2. Ilustración de la concentración de Clorofila a obtenido de QGIS

MIKE 3 presenta una escala de colores con la cual se expresa la concentración de clorofila a en el embalse de Salto Grande, variando desde el color azul con la menor concentración hasta el color rojo donde la concentración es elevada y donde se recomienda no realizar actividades recreativas.

En QGIS se adoptó la misma escala de colores y se logró referenciar las concentraciones presentes en cada punto de muestreo a fin de denotar rápidamente y a simple vista en qué situación se encuentra el embalse para la fecha de muestreo.

En base a los valores obtenidos de las campañas de muestreo realizadas en el embalse Salto Grande, se analizaron las variables estadísticas resultado la siguiente planilla:

Entrante		Saliente	
P2-GS	107,89	P1 -GS	92,77
P4-GS	220,36	P3-GS	72,91
P6-GS	309,80	P5-GS	61,21
P8-GS	664,83	P7-GS	65,65
P9-GS	172,16	P15-GS	76,68
P10-GS	338,17	P16-GS	75,37
P11-GS	273,66	P17-GS	-
P12-GS	120,87	P19-GS	-
P13-GS	243,63	-	-
P14-GS	101,80	-	-
P18-GS	156,29	-	-
Promedio	246,31	Promedio	74,10
Desvío Estándar	160,76	Desvío Estándar	10,92
Máximo	664,83	Máximo	92,77
Mínimo	101,80	Mínimo	61,21

Tabla 10-1. Valores de muestreo realizado en el embalse Salto Grande

Los observado en la Figura 10-2 respecto de la diferencia en la concentración de clorofila a en las entrantes y salientes o puntas que presenta el embalse queda debidamente amparado en el gráfico 10-1

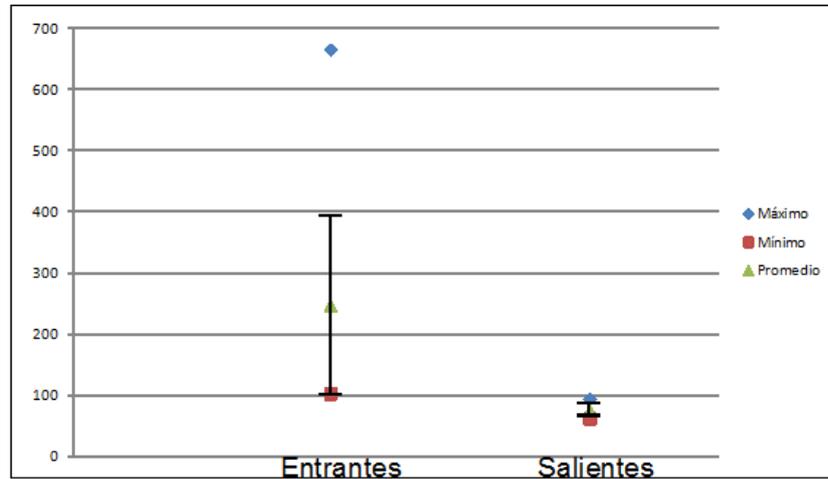


Gráfico 10-1. Representación de los valores máximo, mínimo, promedio y desvío estándar (líneas verticales) de los valores de concentración de clorofila a en las entrantes y salientes.

El gráfico 10-1 expresa los máximos, mínimos, promedio y desvío estándar para cada uno de los casos, entrantes y salientes. De los valores obtenidos en el muestreo, se observa en primera medida la diferencia de los valores respecto de una ubicación y la otra ya que el mínimo de las entrantes es mayor que el máximo de las salientes, los que expresa claramente que la mayor probabilidad de presencia de cianobacterias se encuentra en las entrantes.

Otro punto a tener en cuenta es la gran variación y el desvío estándar de una situación con la otra, esto expresa una mayor uniformidad de las concentraciones en lugares donde las aguas son más turbulentas.

10.1.5.2. Análisis del Río Uruguay

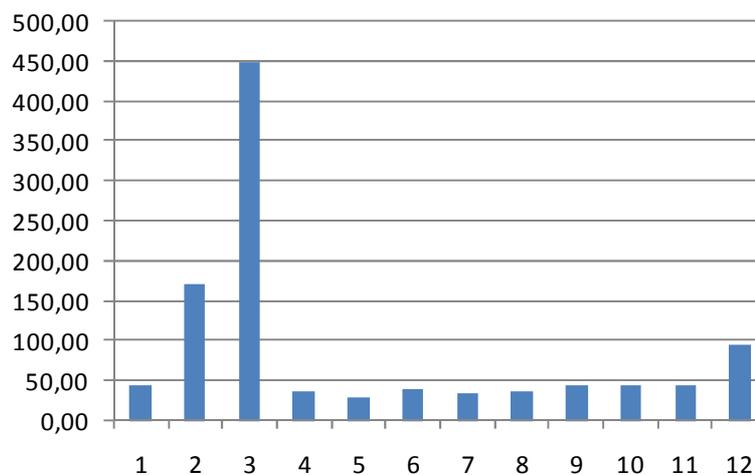


Gráfico 10-2. Concentración de Clorofila a en el embalse y el río Uruguay.

En el gráfico 10-2, se realizó la representación de los valores de concentración de clorofila a obtenidos en el último muestreo (26-01-2014), el cual comprendió parte del embalse y el tramo de estudio del río Uruguay, como conclusión de este cabe destacar la evidente diferencia que presentan los puntos analizados en el embalse donde los valores superan ampliamente los obtenidos en el tramo del río Uruguay, lo que evidencia que la zona ubicada aguas arriba de la represa es mayormente propensa a la presencia de cianobacterias y es donde se debe hacer mayor hincapié en su control y estudio.

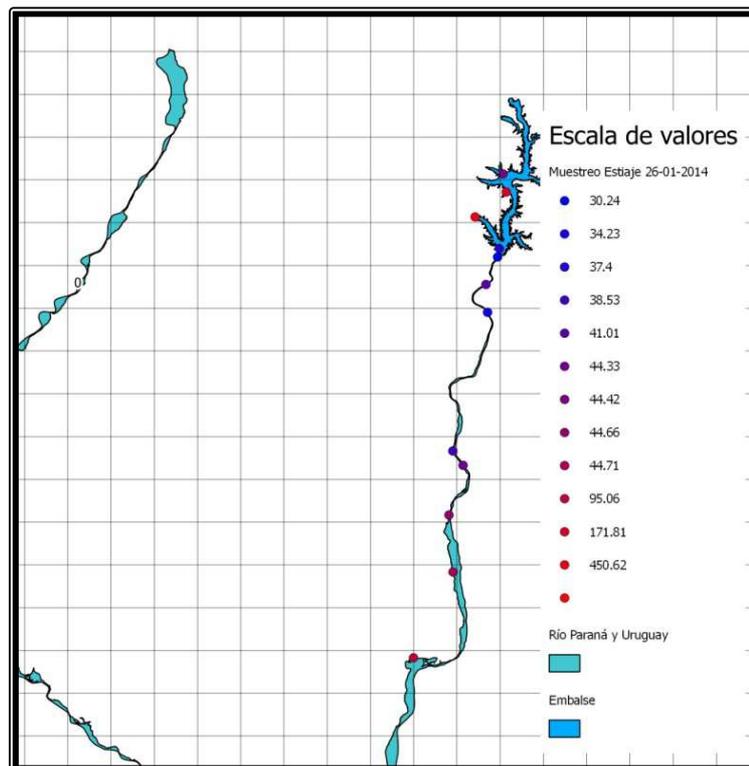


Figura 10-3. Ilustración de concentración de clorofila a en RU obtenido en QGIS

10.2. WASP

10.2.1. Subrutina adoptada

Como se explicó en el ítem 9.4.2 el WASP5 incluye dos subrutinas, TOXI5 y EUTRO5. Para el caso específico de utilización del modelo WASP en floraciones algales, se utilizó el programa EUTRO5.

La cinética de EUTRO puede ser implementada utilizando todos o algunos de los procesos y términos cinéticos. Hay tres niveles de complejidad que se identifican como: (1) la cinética simple de eutrofización, (2) cinética de eutrofización intermedia, y (3) la cinética de eutrofización intermedia con el bentos.



10.2.2. Nivel de complejidad adoptado

En este proyecto la simulación se llevó a cabo en el primer nivel de complejidad, es decir *cinética simple de eutrofización*, ya que éste simula el crecimiento y la muerte de fitoplancton interactuando con uno de los ciclos de nutrientes.

En este nivel de complejidad se tienen en cuenta 4 grupos de parámetros, siendo los mismos:

- ✓ Parámetros ambientales o de entorno
- ✓ Parámetros de transporte
- ✓ Parámetros de borde
- ✓ Parámetros de transformación

En la cinética simple de eutrofización, el crecimiento puede ser limitado por la disponibilidad de nitrógeno inorgánico o fósforo inorgánico, y la luz.

Se hizo un análisis teórico para determinar cuál de los dos nutrientes es más influyente (limitante).

10.2.3. Nutriente limitante

Los nutrientes que se necesitan para la producción de algas son diversos, aunque los mayoritarios son carbono, nitrógeno y fósforo, además de oxígeno e hidrógeno que se obtienen del agua. A pesar de esto, en general, cuando se estudia el balance de nutrientes es común centrarse en uno en particular: el fósforo.

A continuación se tratará de explicar el porqué de esta distinción.

Todos los elementos citados son necesarios para lograr la síntesis, pero no en la misma proporción, ni tampoco se encuentran igualmente disponibles en la naturaleza. El carbono, así como el azufre, magnesio, calcio, etc. siempre existen en concentraciones superiores a las requeridas por las especies. De los nutrientes nombrados anteriormente solo unos pocos pueden ser deficitarios, entre ellos los más importantes son el nitrógeno y el fósforo. Normalmente el contenido en estos elementos de la materia viva tiene aproximadamente la relación N:P = 14:1; de aquí se podría deducir que como se necesita mucho más nitrógeno que fósforo, este sería el deficitario. Ahora hay que realizar la siguiente distinción: aunque el nitrógeno combinado con el agua se acabe queda aún una fuente inagotable de este elemento en la atmósfera. El fósforo, por el contrario, es normalmente deficitario, en parte porque los compuestos de fósforo son altamente insolubles y además, porque no existe fuente atmosférica que satisfaga el déficit.

En este trabajo, los valores típicos de los nutrientes son:

N= 2 mg/l (nitrógeno)

P= 0.02 mg/l (fósforo)

$$\frac{N}{P} = 100$$



si $\frac{N}{P} > 10 \Rightarrow P$ es limitante

si $\frac{N}{P} < 10 \Rightarrow N$ es limitante

Para nuestro caso como $\frac{N}{P} = 100 \Rightarrow P$ es limitante [Keppler, 1991].

Por lo tanto modelamos la evolución de P, y asumimos que N es constante (el modelo simple de eutrofización utiliza solo uno de los nutrientes, según el manual del Wasp).

En este trabajo se ha considerado al fósforo (P) como nutriente limitante del crecimiento de algas.

10.2.4. Parámetros de entorno

Estos parámetros definen la identidad básica del modelo, incluyendo la segmentación, y controlan la simulación.

En dicho proyecto, se configuró de la siguiente manera:

✓ System:

- *Similar*: PHYT, OP y PO4.

- *Constante*: ON, NH3 y NO3.

- *Bypass*: CBOD, DO, Detrital (C-N-P), Solids y Salinity.

✓ Segments: la simulación se basa en el modelado en aguas superficiales (Surface water), no considerando el fenómeno de decantación (settling), por lo que tampoco se consideró la zona béntica.

10.2.5. Parámetros de transporte

✓ Number of flow fields: aquí se aclara que, para simular la decantación del ON y OP se debe seleccionar Solids 1, Solids 2 para PHYT y Solids 3 para PO4. Como se dijo anteriormente, no se tomó en cuenta dicho fenómeno.

✓ Particulate Transport: se especifica la variable tiempo de decantación y resuspensión para los 3 tipos de solids, no se aplicó a dicho proyecto.

10.2.6. Escenarios

Se plantea la modelación de tres situaciones nivelométricas en el río Uruguay, ESTIAJE, CRECIDA y una tercera que se ajusta a la época en que se realizaron las campañas de toma de muestras para el proyecto (al que llamamos MEDIO-INVERNAL). Es decir que se aplicó el programa (WASP) en tres situaciones que poseen el mismo recorrido geográfico del Río



Uruguay (ver plano en **ANEXO PLANOS**), pero la diferencia entre éstos es que los datos de niveles del río fueron tomados en distintas épocas, resultando 3 situaciones hidrodinámicas diferentes. Estas diferencias de situaciones hidrodinámicas influyen en el objeto de estudio, es decir el aumento en el crecimiento de floraciones algales.

Los escenarios de crecida y estiaje fueron modelados en verano, mientras que el escenario de la época de toma de muestras del proyecto (medio-invernal) se modeló en invierno. Las diferencias entre modelar el escenario en verano y modelarlo en invierno son la temperatura y las horas de luz solar durante el día.

En cuanto a las descargas cloacales, se colocaron las correspondientes a las siguientes ciudades; Concordia, Salto, Colon y Concepción del Uruguay, las mismas se utilizaron en los distintos escenarios planteados. (ver mapas en **ANEXO MAPA**) Hipótesis.

Existen dos parámetros importantes como hipótesis del estudio en curso. Ellos son *la clorofila* (Condición de borde – Represa Salto Grande) y la *temperatura del agua* (Parámetro físico del segmento).

A continuación se explica los fundamentos que se utilizaron para dicha elección:

✓ El aumento de la temperatura del agua es un parámetro fuertemente vinculado al crecimiento de floraciones algales, esto fue analizado en el Capítulo 4 “Factores de desarrollo de floraciones de cianobacterias”. Los valores máximos y mínimos de temperatura de agua que fueron utilizados en las hipótesis, se determinaron mediante las campañas realizadas por el grupo.

✓ La clorofila a es un pigmento de las algas (Cianobacterias), que le da un color verde oscuro al agua, por lo tanto es un indicador fácilmente detectable que indica la presencia de algas en el agua. Por ello es importante tenerlo en cuenta para el planteamiento de las hipótesis. Al igual que en el caso de la temperatura, los valores máximos y mínimos de concentración de clorofila que fueron utilizados en las hipótesis, se determinaron mediante las campañas realizadas por el grupo.

Para tener en cuenta estos dos parámetros se plantearon las siguientes hipótesis:

- ✓ H1: Temperatura mínima del agua (19 °C). Clorofila a mínima (37,4ug/l)
- ✓ H2: Temperatura máxima del agua (28°C). Clorofila a mínima (37,4 ug/l)
- ✓ H3: Temperatura mínima del agua (19°C). Clorofila a máxima (100,6 ug/l)
- ✓ H4: Temperatura máxima del agua (28°C). Clorofila a máxima (100,6 ug/l)

10.2.7. Simulaciones en el WASP

Para el análisis de la sensibilidad del WASP se adoptó el criterio de realizar 2 grupos de corridas, el A y el B. Estos grupos responden a dos configuraciones distintas de los Parámetros de Transformación.

El grupo B consiste en una configuración más conservadora de parámetros que el grupo A. Es decir, en el grupo A se tomaron en cuenta ciertos parámetros que se omitieron en el grupo B.

Para una mejor visualización de los parámetros tenidos en cuenta, se confeccionaron dos tablas, una con los parámetros que se tomaron en cuenta, tanto en A como en B, y la otra



con los valores correspondientes. Las tablas se ubican en el **anexo 6 (TABLAS DEL WASP)**, y los valores se tomaron del manual, siendo explicados en las Figuras 10-19, 10-20 y 10-21.

Con este planteo, se busca analizar la influencia de los parámetros incluidos en el grupo A sobre los valores de salida que resultan de la modelación.

Con los tres escenarios y las cuatro hipótesis se crearon 10 archivos para simular con la configuración de parámetros del grupo A y 10 archivos para simular con la configuración de parámetros del grupo B descriptas anteriormente.

Para los escenarios de estiaje y crecida se planteó la corrida de las cuatro hipótesis. Para el escenario de la época de muestreos, es decir medio-invernal, sólo se planteó la corrida de las hipótesis H1 y H3, esto debido a que la diferencia de los escenarios de crecida y de estiaje, en el escenario medio-invernal se consideró una modelación invernal y las hipótesis H1 y H3 son las que consideran temperaturas mínimas.

En resumen se crearon en total 20 archivos de WASP que son las 20 modelaciones, y quedaron planteadas de la siguiente manera:

✓ Configuración de parámetros A:

Escenario de estiaje, con hipótesis 1

Escenario de estiaje con hipótesis 2

Escenario de estiaje con hipótesis 3

Escenario de estiaje con hipótesis 4

Escenario de crecida con hipótesis 1

Escenario de crecida con hipótesis 2

Escenario de crecida con hipótesis 3

Escenario de crecida con hipótesis 4

Escenario de época de toma de muestras (medio-invernal) con hipótesis 1

Escenario de época de toma de muestras (medio-invernal) con hipótesis 3

✓ Configuración de parámetros B:

Escenario de estiaje, con hipótesis 1

Escenario de estiaje con hipótesis 2

Escenario de estiaje con hipótesis 3

Escenario de estiaje con hipótesis 4

Escenario de crecida con hipótesis 1

Escenario de crecida con hipótesis 2

Escenario de crecida con hipótesis 3



Escenario de crecida con hipótesis 4

Escenario de época de toma de muestras (medio-invernal) con hipótesis 1

Escenario de época de toma de muestras (medio-invernal) con hipótesis 3

10.2.7.1. Nomenclatura

Para discriminar cada una de las corridas que se explicaron en el ítem anterior, se adoptó un formato como el descrito en el siguiente ejemplo Figura 10-3.

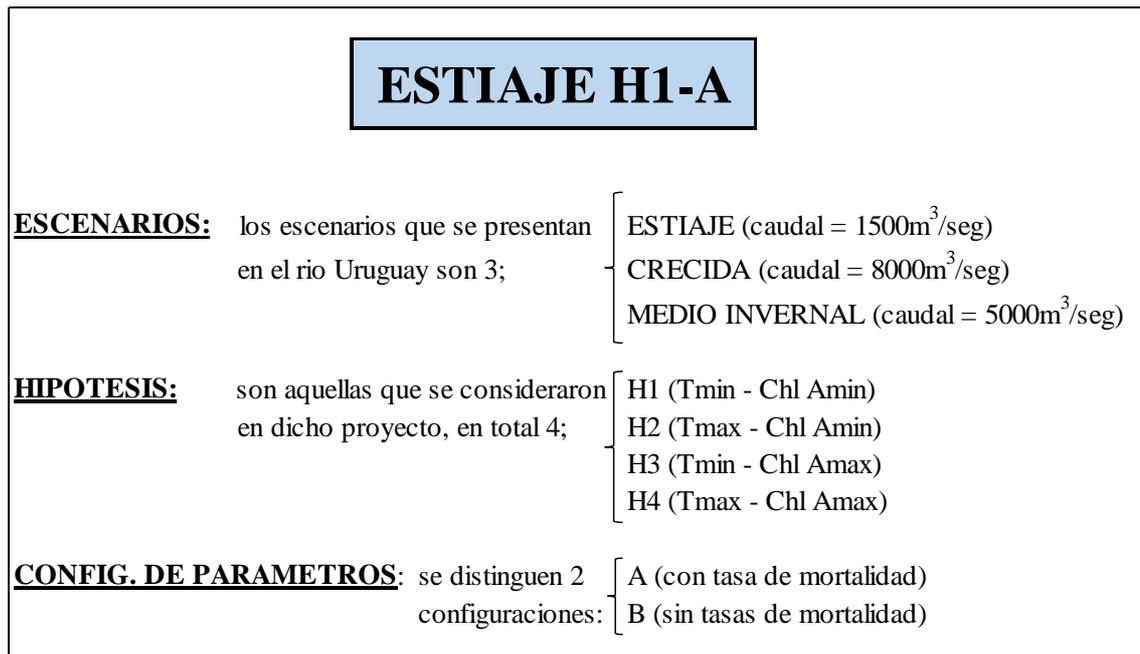


Figura 10-4. Nomenclatura utilizada en WASP

10.2.8. Modelo hidrodinámico

Mediante el modelo matemático MIKE11 del Río Uruguay, implementado por el Grupo de Estudios del Río Uruguay (GECRU) se generaron las condiciones de caudal para el tramo en estudio.

Se emplearon para el escenario de estiaje un caudal de 1500 m³/s, para el escenario de crecida un caudal de 8000 m³/s, y para el escenario medio-invernal un caudal de 5000 m³/s.

Para el nivel del embalse en la presa se adoptó un valor de 34 m de nivel con respecto a la cota cero.

10.2.10. Procedimiento

En este ítem se detalla paso a paso el proceso de configuración para el proyecto en curso, donde se adoptó el ejemplo del archivo ESTIAJE H1-B.

10.2.10.1. Carga de datos y configuración del WASP

10.2.10.1.1. Data Set

Lo primero que se hizo fue configurar la pestaña Data Set. En ésta se colocaron las características específicas de la modelación. En la Figura 10-5 se ve una captura de la pestaña Data Set.

The screenshot shows the 'Parameters' dialog box in WASP software. The 'Description' field contains 'Crecida H1-B' and the 'Model Type' dropdown is set to 'Eutrophication'. The 'Comments' section contains the text 'Hipotesis 1: TEMPERATURA MÍNIMA' and 'CHL A MINIMA'. The 'Time Range' section includes fields for Start Date (1/1/2013), Start Time (0:00), End Date (1/31/2013), End Time (0:00), Skip Ahead to Date (1/1/2013), and Skip Ahead Time (0:00). The 'Non Point Source File' section has 'Use NPS file' unchecked and an empty 'NPS File Name' field. The 'Hydrodynamics' section has 'Net Flows' selected, with other options unselected. The 'Solution Technique' dropdown is set to 'EULER'. The 'Solution Options' section has 'Negative Solution Allowed' unchecked. The 'Bed Volumes' section has 'Static' selected and 'Bed Compaction Time Step' set to 0.00. The 'Time Step' section has 'Fraction of max time step' set to 0.90, 'Max time step' set to 0.0010, and 'Min time step' set to 0.0001. The dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons at the bottom right.

Figura 10-6. Configuración de la pestaña Data Set

En la descripción (Description) se colocó el nombre asignado al archivo de la simulación.

En el tipo de modelo (Model Type) se especificó la subrutina aplicada a la simulación. Como se explicó en el ítem 9.1.3 en el caso específico de utilización del modelo WASP en floraciones algales, se utilizó el programa EUTRO5.



En Comentarios (Comments) se especificaron las hipótesis adoptadas para los diferentes archivos.

En Restart Option, el software nos brinda dos opciones. En la opción (Create Restart File), guarda un archivo que posee las condiciones del modelo al final de la simulación para que éstas puedan ser utilizadas como iniciales en una futura corrida.

Como en nuestro caso no se utilizó dicha opción, se eligió No Restart File.

Los contaminantes pueden quedar bajo el sedimento o liberarse de éste hacia la columna de agua. Para tener en dicho proceso se debe tildar la opción de Dynamic (Dinámico) dentro de Bed Volume. Como en nuestro caso no lo tuvimos en cuenta, tildamos la opción Static (Estático).

El campo NPS File hace referencia a las descargas de contaminantes de origen difuso no puntuales, tales como derivados de la actividad agrícola. En nuestro caso por falta de datos no se tomó en cuenta ésta variable.

En Hydrodynamics (Hidrodinámica) se tilda la opción Net Flows, con esto se indica que el caudal se mueve en una sola dirección.

En el campo Time Range se colocan todos los datos respecto del el inicio y finalización de la simulación habiéndose adoptado un lapso de un mes de modelación.

En Solution Technique (Técnica de Resolución) se elige la técnica de Euler como solución del modelo.

En Time Step se especifica el lapso de tiempo computacional, esto influye en la eficiencia de la corrida, ya que si el lapso de tiempo es muy pequeño habrá una mayor dispersión numérica.

Para hallar el lapso de tiempo óptimo para la simulación, deberían hacerse corridas consecutivas con valores de lapso de tiempo cada vez más pequeño, hasta un valor en el cual el lapso de tiempo elegido no influya. En el caso del proyecto en curso se tomaron valores por defecto indicados en el manual.

10.2.10.1.2. Print Interval

En esta pestaña se indica la función del tiempo que utilizará el programa para escribir los resultados de la simulación en los archivos de resultados de salida. El valor por defecto es 1 y significa que el programa nos mostrará un solo valor de concentración por día. En nuestro caso nos interesa obtener dos valores por día entonces colocamos el valor de 0,5. Ver Figura 10-6.

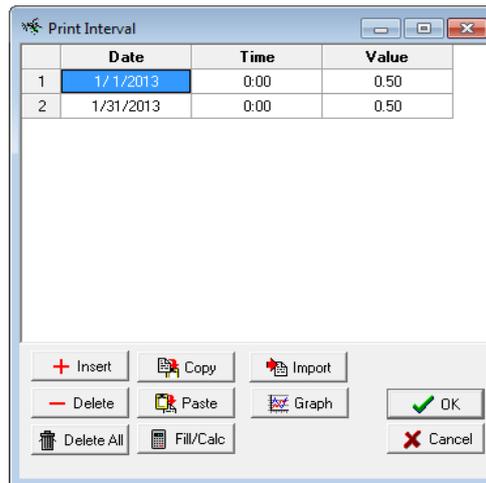


Figura 10-7. Imagen de la pestaña Print Interval

10.2.10.1.3. Confección de segmentos

Para ingresar el modelo hidrodinámico al WASP se debieron definir hidráulicamente los 68 segmentos en los que está discretizado el desarrollo en estudio del Río.

Como los segmentos ingresados al WASP son volumétricos, se debieron hallar los volúmenes, para lo cual se necesitaron los datos mostrados en la Tabla 10-2

DATOS	FUENTE
Nivel	GRUPO GECRU - Modelacion con MIKE11
Caudal	
Velocidad	
Coefficiente de rugosidad	
Area	
Ancho	
Longitud	
Pendiente	

Tabla 10-2. Datos para el cálculo de volúmenes que luego serán ingresados a WASP

En primer lugar, se hallaron las áreas de los perfiles correspondientes a los kilómetros del desarrollo y para el nivel buscado, crecida, estiaje, etc, dependiendo del escenario que se estaba estudiando. Las áreas de los perfiles del río representan los extremos de los segmentos volumétricos.

Para cada par de perfiles se halló el volumen de la siguiente manera:

Se hizo un promedio de las áreas de los dos perfiles consecutivos, y se multiplicó éste valor por la longitud del segmento, es decir la distancia entre los kilómetros consecutivos.

En la Tabla 10-3 se puede ver un ejemplo de las tablas en las que se calcularon los volúmenes, la primer columna con las áreas de los diferentes perfiles, la segunda y tercera



columna indicando la progresiva donde empieza y donde termina el segmento, la longitud, siendo ésta la diferencia entre las progresivas, y la columna del volumen calculado como se indicó anteriormente.

m2	mts		mts	m3
Área	De	a	Longitud	Volumen
6725.515	0	6400	6400	47,311,681.27
8059.385	6400	10600	4200	32,778,104.49
7549.236	10600	20600	10000	83,430,209.31
9136.806	20600	28000	7400	64,190,474.13
8211.971	28000	41200	13200	114,363,445.81
9115.824	41200	58100	16900	176,515,193.40
11773.548	58100	80400	22300	285,232,202.86

Tabla 10-3. Cálculo de segmentos en Excel que luego serán ingresados a WASP

10.2.10.1.4. Datos referentes a los segmentos

Se ingresaron al Wasp los datos correspondientes a cada uno de los segmentos, indicados en la Tabla10-4:

DATO	DESCRIPCION	FUENTE
Velocidad	Corrida en MIKE11	GRUPO GECRU - Modelacion con MIKE11
Longitud	Distancia entre fin de un segmento y principio del siguiente	
Ancho	Ancho del perfil	
Pendiente	Pendiente calculada	
Rugosidad	-	

Tabla 10-4. Datos correspondientes a los segmentos

En las Figuras 10-7 y 10-8 se ve una captura del WASP donde se puede ver el cuadro en el cual se especifican las características hidráulicas de los segmentos, volumen (Volume), velocidad (VelocityMultiplier), longitud (Length), ancho (Width), pendiente (Slope), y rugosidad (BottomRoughness).



Segments								
Segments | Parameters | Initial Concentrations | Fraction Dissolved |								
Segment	Description	Volume	Velocity	Velocity	Depth	Depth	Segment	Bottom
			Multiplier	Exponent	Multiplier	Exponent	Type	Segment
1	0 - 6400	4.73117E+7	1.0678	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
2	6400 - 10600	3.27781E+7	0.8922	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
3	10600 - 20600	8.34302E+7	0.9575	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
4	20600 - 28000	6.41905E+7	0.7931	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
5	28000 - 41200	1.14363E+8	0.8847	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
6	41200 - 58100	1.76515E+8	0.8029	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
7	58100 - 80400	2.85232E+8	0.6272	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
8	80400 - 95700	2.13601E+8	0.5419	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
9	95700 - 100800	6.48006E+7	0.5367	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None
10	10800 - 107000	1.02762E+8	0.6719	0.0000	5.0000	0.0000	Surface	None

Figura 10-8. Ingreso al WASP de las características hidráulicas (parte I)

Length	Width	Minimum	Slope	Bottom
		Depth		Roughness
6400.0000	1144.2661	1.0000	0.0001	0.0260
4200.0000	859.1404	1.0000	0.0001	0.0260
10000.0000	1294.4440	1.0000	0.0000	0.0260
7400.0000	737.6141	1.0000	0.0000	0.0260
13200.0000	811.0573	1.0000	0.0000	0.0260
16900.0000	1329.1780	1.0000	0.0000	0.0260
22300.0000	1421.0960	1.0000	0.0000	0.0260
15300.0000	1793.7009	1.0000	0.0000	0.0260
5100.0000	2379.7430	1.0000	0.0000	0.0260
6200.0000	1462.6938	1.0000	0.0000	0.0260

Figura 10-9. Ingreso al WASP de las características hidráulicas (parte II)

10.2.10.1.5. Parámetros de los segmentos

En la Figura 10-9 se puede ver como se cargaron las velocidades del viento en cada segmento, estos datos fueron recabados en las campañas de toma de muestras, y son un promedio. En la misma tabla se ve la temperatura del agua fijada en 28 °C que como dijimos anteriormente es la temperatura máxima que se obtuvo en la campaña de toma de muestras.



Segment	Segment Scale Factor for	Wind Speed Time Functio	Water Velocity Function (	Temperature of Segment
1	0	1	0	2.8E+1
2	0	1	0	2.8E+1
3	0	1	0	2.8E+1
4	0	1	0	2.8E+1
5	0	1	0	2.8E+1
6	0	1	0	2.8E+1
7	0	1	0	2.8E+1
8	0	1	0	2.8E+1
9	0	1	0	2.8E+1
10	0	1	0	2.8E+1

Figura 10-10. Imagen de ingreso de parámetros a los segmentos

10.2.10.1.6. Condiciones iniciales en los segmentos

En las Figuras 10-10 y 10-11, se pueden ver cómo fueron cargadas las condiciones iniciales en la Pestaña Initial concentrations, que se encuentra dentro del menú Segmentos.

Los valores de las concentraciones iniciales fueron tomadas de datos estadísticos pertenecientes a la entidad binacional (ENBI).

Segment	Ammonia (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Organic Nitrogen (mg/L)	Orthophosphate (mg/L)
1	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
2	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
3	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
4	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
5	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
6	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2
7	1.2E-1	5E-1	6.6E-1	2E-2

Figura 10-11. Imagen de concentración inicial de los segmentos

Organic Phosphorus (mg/	Phytoplankton Chla (ug/L	Dissolved Oxygen (mg/L)	CBOD 1 (Ultimate) (mg/L)	CBOD 2
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0
0	3.74E+1	5	7	0

Figura 10-12. Ingreso al WASP de las condiciones iniciales, parte II.

10.2.10.1.7. Fracciones disueltas

En la Figura 1010-12 se puede ver una especificación de las fracciones disueltas para cada segmento y como son ingresadas al WASP.

Segment	Ammonia (mg/L)	Nitrate (mg/L)	Organic Nitrogen (mg/L)	Orthophosphate (mg/L)	Organic Phosphorus (mg/ Phy)
1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
7	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
8	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Figura 10-13. Ingreso al WASP de las fracciones disueltas.

10.2.10.1.8. Parameter Data

Para que sean tenidas en cuenta variaciones en los parámetros deseados, se los debe especificar en una ventana llamada Parameter data, en la Figura 10-13 se puede ver una captura en la que se encuentran tildadas las casillas correspondientes a los parámetros tenidos en cuenta.

	Parameter	Used	Scale Factor
1	Segment Scale Factor for Wind	<input type="checkbox"/>	1,0000
2	Wind Speed Time Function to use for Se	<input type="checkbox"/>	1,0000
3	Water Velocity Function (1-4) for Segmen	<input type="checkbox"/>	1,0000
4	Temperature of Segment (Degrees C or F)	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0000
5	Temperature Time Function for Segment	<input type="checkbox"/>	1,0000
6	Light Extinction for Segment (Per Day or h)	<input type="checkbox"/>	1,0000
7	Light Extinction Time Function to use for	<input type="checkbox"/>	1,0000
8	BOD(1) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
9	BOD(2) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
10	BOD(3) Decay Rate Scale Factor	<input type="checkbox"/>	1,0000
11	Benthic Ammonia Flux (mg/m2/day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
12	Benthic Phosphate Flux (mg/m2/day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
13	Sediment Oxygen Demand (g/m2/day)	<input type="checkbox"/>	1,0000
14	Sediment Oxygen Demand Temperature (<input type="checkbox"/>	1,0000
15	Sediment Diagenesis Segment Attached to	<input type="checkbox"/>	1,0000
16	PON Initial Condition for Sediment Diager	<input type="checkbox"/>	1,0000

Figura 10-14. Selección de parámetros tenidos en cuenta

10.2.10.1.9. Caudales

Se ingresaron los caudales mencionados en el ítem 10.2.9.

En la Figura 10-14 se puede ver un ejemplo en el que se carga el caudal mínimo igual a 1500m³/s (estiaje), esto se ve en la parte inferior derecha en la casilla Value.



Flow Fields					Surface Water functions	
	Field	Used	Scale	Conversion	Function	Interpolation
▶	Surface Water	<input checked="" type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000	▶ Flow Function	Linear
	Pore Water	<input type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000		
	Solids 1	<input type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000		
	Solids 2	<input type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000		
	Solids 3	<input type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000		
	Evaporation/Precipitati	<input type="checkbox"/>	1,0000000	1,0000000		

Segment pairs for Surface Water, Flow Function				Time/value pairs for Surface Water, Flow Function		
	From	To	Frac. of flo	Date	Time	Value
▶	68: 328800 - [↓]	Boundary	1,0000000	▶ 1/ 1/2013	0:00	1,5E+3
	67: 319300 - 328	68: 328800 - 332	1,0000000			
	66: 314800 - 319	67: 319300 - 328	1,0000000			
	65: 311000 - 314	66: 314800 - 319	1,0000000			

Figura 10-15. Ingreso de caudales

10.2.10.1.9.1 Interconexión de segmentos

Para que el modelo hidrodinámico quede correctamente armado en el WASP, se debe especificar cómo están conectados entre sí cada uno de los segmentos. Esto se logra indicando cuál es el recorrido del caudal a lo largo de los segmentos, por ejemplo, el caudal pasa del primer segmento al segundo, del segundo al tercero y así sucesivamente. Esto se indica en el menú Flows del WASP.

Un detalle del ingreso del recorrido del escurrimiento a lo largo de la red en el WASP se puede observar en la Figura 10-16, la cual es la parte inferior izquierda de la pestaña Flows.

Segment pairs for Surface Water, Flow Function			
	From	To	Frac. of flo
▶	68: 328800 - [↓]	Boundary	1,0000000
	67: 319300 - 328	68: 328800 - 332	1,0000000
	66: 314800 - 319	67: 319300 - 328	1,0000000
	65: 311000 - 314	66: 314800 - 319	1,0000000
	64: 304100 - 311	65: 311000 - 314	1,0000000
	63: 299400 - 304	64: 304100 - 311	1,0000000
	62: 297400 - 299	63: 299400 - 304	1,0000000
	61: 292500 - 297	62: 297400 - 299	1,0000000
	60: 288700 - 292	61: 292500 - 297	1,0000000
	59: 280200 - 288	60: 288700 - 292	1,0000000
	58: 273900 - 280	59: 280200 - 288	1,0000000
	57: 266522 - 273	58: 273900 - 280	1,0000000
	56: 262100 - 266	57: 266522 - 273	1,0000000
	55: 256200 - 262	56: 262100 - 266	1,0000000
	54: 247200 - 256	55: 256200 - 262	1,0000000

Figura 10-16. Interconexión de segmentos



10.2.10.1.10. Dispersión

El WASP permite definir la dispersión para el tipo de intercambio entre segmentos. El tipo de intercambio utilizado en la modelación es el superficial, por eso se tilda esa casilla donde indica el programa.

Se ingresaron al WASP las longitudes de dispersión que corresponden a las distancias entre los puntos medios de los segmentos.

También se ingresaron las áreas de dispersión que corresponden a las áreas de los perfiles inicial y final de cada segmento.

El valor ingresado en la parte derecha inferior (Value) es igual a 1 debido a que estamos considerando que segmento a segmento la dispersión se produce en 1m^3 .

El ingreso de áreas y longitudes de dispersión en el WASP se puede observar en la Figura 10-16:

Exchange Fields				Surface Water functions	
Field	Used	Scale	Conversion	Function	Interpolation
Surface Water	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0000000	1.0000000	Exchange Function	Linear
Pore Water	<input type="checkbox"/>	1.0000000	1.0000000		

Segment pairs for Surface Water, Exchange Function				Time/value pairs for Surface Water, Exchange Function		
Segment one	Segment two	Area	Distance	Date	Time	Value
Boundary	1: 0 - 6400	6725.515101	6400.0000000	1/1/2013	0:00	1
1: 0 - 6400	2: 6400 - 10600	8059.385297	8500.0000000	1/31/2013	0:00	1
2: 6400 - 10600	3: 10600 - 20600	7549.235889	15600.0000000			
3: 10600 - 20600	4: 20600 - 28000	9136.805973	24300.0000000			
4: 20600 - 28000	5: 28000 - 41200	8211.970820	34600.0000000			
5: 28000 - 41200	6: 41200 - 58100	9115.824000	49650.0000000			
6: 41200 - 58100	7: 58100 - 80400	11773.548000	69250.0000000			
7: 58100 - 80400	8: 80400 - 95700	13807.815188	88050.0000000			

Figura 10-17. Índice de dispersión

10.2.10.1.11. Bordes

Como en todo modelo se deben ingresar las condiciones de borde propuestas para el problema. En el WASP esto se puede realizar en el menú llamado Boundaries,

Los valores máximo y mínimo de la clorofila *a* se obtuvieron de las campañas de muestreos que se realizaron para el presente proyecto. Los demás parámetros fueron tomados de datos estadísticos pertenecientes a la entidad binacional ENBI.

En la Figura 10-17 se puede ver una captura en la que en la casilla Value se ingresó el valor para el borde inicial del modelo.

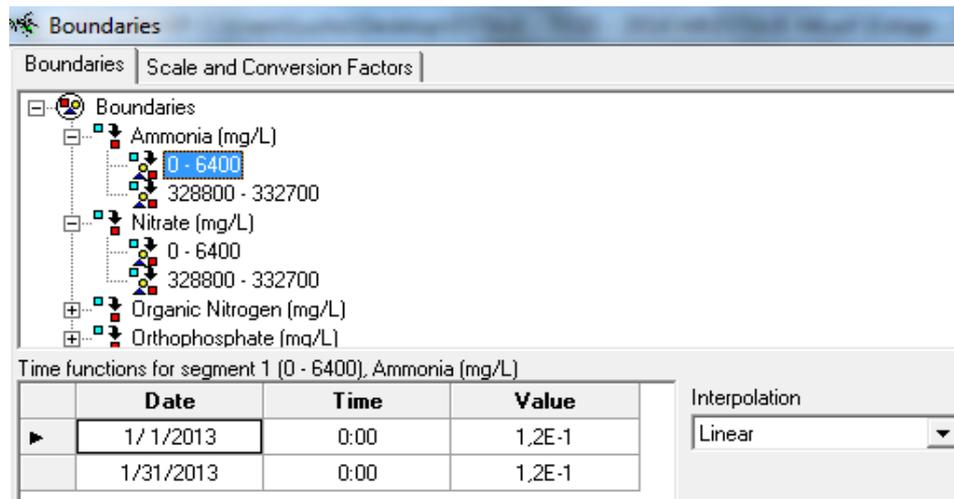


Figura 10-18. Ingreso de condiciones de borde

10.2.10.1.12. Cargas másicas

En el WASP se da la posibilidad de ingresar las cargas másicas en un menú llamado Loads. En éste menú se permite el ingreso de un nutriente para un segmento determinado.

Para saber las descargas másicas que teníamos en las distintas ciudades, se hizo el siguiente proceso:

Obtuvimos los datos de caudales correspondientes a descargas brindados por el grupo GECRU. Recabamos información sobre concentraciones características de los distintos nutrientes de aguas residuales en mg/l

Multiplicamos los valores de caudales en m^3/s por las concentraciones en kg/m^3 , esto nos da la carga másica en kg/s , que luego la convertimos a $kg/día$ para saber el caudal másico diario de la descarga.

En la Figura 10-18 se puede ver una captura en la que por ejemplo, en el segmento 0 - 6400 se agrega una carga de Ortofosfato (PO_4) de un valor de $2400mg/L$, pertenecientes a las descargas cloacales de las ciudades de Concordia y Salto.

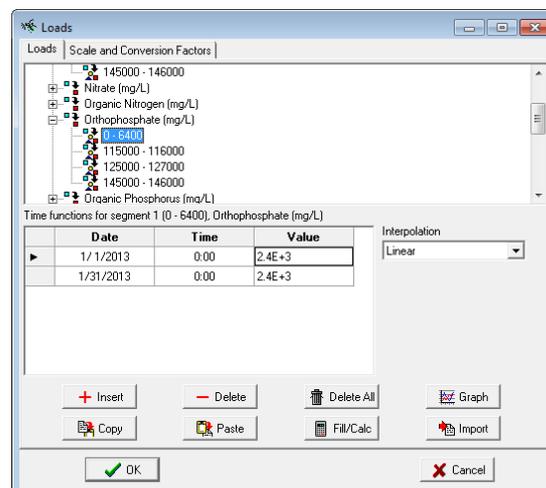


Figura 10-19. Ingreso de cargas másicas



10.2.10.1.13. Constants Data

En esta ventana del WASP se incluyen constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua a ser simulados por el WASP. Se aplican los valores especificados en toda la red para toda la simulación.

En las Figuras 10-19, 10-20, 10-21 se pueden ver valores de referencia para la modelación.

<u>Exogenous Variables</u>			
Description	Notation	Values	Units
Extinction Coefficient	K_e	0.1-5	m^{-1}
Segment Depth	D	0.1-30	m
Water Temperature	T	0-35	°C
Fraction of day that is daylight	f	0.3-0.7	-
Average Daily Surface Solar Radiation	I_a	200-750	langleys/day

Figura 10-20. Valores de referencia I

DRAFT: Water Quality Analysis Simulation Program (WASP)			Version 6.0
<u>Exogenous Variables</u>			
Description	Notation	Values	Units
Zooplankton Population	Z	0	mgC/L
Rate Constants			
Description	Notation	Values	Units
Maximum Growth Rate	k_{1e}	2.0	day ⁻¹
Temperature Coefficient	E_{1e}	1.068	none
Maximum Photosynthetic Quantum Yield	\bar{O}_{max}	720.0	mg C/mole photon
Phytoplankton Self-Light Attenuation	K_e	0.017	$m^2/mg\ Chl\ a$
Carbon-Chlorophyll Ratio	\bar{E}_c	20-50	-
Saturating Light Intensity	I_s	200-500	langleys/day
Half-Saturation Constant for Nitrogen	K_{mN}	25.0	$\mu g\ N/L$
Half-Saturation Constant for Phosphorus	K_{mP}	1.0	$\mu g\ P/L$
Endogenous Respiration	k_{1R}	0.125	day ⁻¹
Temperature Coefficient	E_{1R}	1.045	none
Settling Velocity	v_{st}	0.1	m/day
Death Rate	k_{1D}	0.02	day ⁻¹
Grazing Rate	k_{1G}	0	L/mgC-day

Figura 10-21. Valores de referencia II



Description	Notation	Value	Units
Phytoplankton biomass as carbon	P_c	-	mg C/L
Specific phytoplankton growth rate	$G_{p,tj}$	(eq 5.2)	day ⁻¹
Phytoplankton loss rate	$D_{p,tj}$	(eq 5.14)	day ⁻¹
Phosphorus to carbon ratio	a_{PC}	0.025	mg P/mg C
Dissolved organic phosphorus mineralization at 20°C	k_{SO}	0.22	day ⁻¹
Temperature coefficient	\bar{E}_{SO}	1.08	none
Half saturation constant for phytoplankton limitation of phosphorus recycle	$K_{m,P}$	1.0	mg C/L
Fraction of dead and respired phytoplankton recycled to the organic phosphorus pool	f_{rp}	0.5	none
... recycled to the phosphate phosphorus pool	$(1-f_{rp})$	0.5	none
Fraction dissolved inorganic phosphorus in the water column	f_{DO}	0.85, 0.70	none
Fraction dissolved organic phosphorus	f_{DO}	-	none
Organic matter settling velocity	v_{sO}	-	m/day
Inorganic sediment settling velocity	v_{sI}	-	m/day

Figura 10-22. Valores de referencia III

En las Figuras 10-22, 10-23, 10-24, 10-25, 10-26, 10-27 se pueden ver los valores ingresados en el menú Constants data del WASP para esta modelación:

Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1 Mineralization Rate Constant for Dissolved Organic P @20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	2.2E-1	0,0000	0,2200
2 Dissolved Organic Phosphorus Mineralization Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,08	0,0000	1,0800
3 Organic Phosphorus Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,0004
4 Organic Phosphorus Decay in Sediments Temperature Coefficient	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0800
5 Fraction of Phytoplankton Death Recycled to Organic Phosphorus	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000

Figura 10-23. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua I

Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1 Orthophosphate Partition Coefficient to Water Column Solids, L/kg	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0,0000	1000,00
2 Orthophosphate Partition Coefficient to Benthic Solids, L/kg	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1000,00

Figura 10-24. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua



Constants Data					
Constant Group Phytoplankton					
	Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1	Phytoplankton Maximum Growth Rate Constant (@20 °C (per day)	<input checked="" type="checkbox"/>	3	0,0000	3,0000
2	Phytoplankton Growth Temperature Coefficient	<input checked="" type="checkbox"/>	1,07	0,0000	1,0700
3	Include Algal Self Shading Light Extinction in Steele (0=Yes, 1=No)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
4	Exponent for Self Shading (Mult * TCHLA^Exp)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
5	Multiplier for Self Shading (Mult * TCHLA^Exp)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
6	Phytoplankton Self Shading Extinction (Dick Smith Formulation)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,0200
7	Phytoplankton Carbon to Chlorophyll Ratio	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	200,0000
8	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Nitrogen Uptake (mg N/L)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,0500
9	Phytoplankton Half-Saturation Constant for Phosphorus Uptake (mg P/L)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,0500
10	Phytoplankton Endogenous Respiration Rate Constant @20 °C (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,5000
11	Phytoplankton Respiration Temperature Coefficient	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0800
12	Phytoplankton Death Rate Constant (Non-Zooplankton Predation) (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,2500
13	Phytoplankton Zooplankton Grazing Rate Constant (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	5,0000
14	Nutrient Limitation Option	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
15	Phytoplankton Decay Rate Constant in Sediments (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,0200
16	Phytoplankton Temperature Coefficient for Sediment Decay	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0800
17	Phytoplankton Phosphorus to Carbon Ratio	<input checked="" type="checkbox"/>	2,5E-2	0,0000	0,2400
18	Phytoplankton Nitrogen to Carbon Ratio	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	0,4300
19	Phytoplankton Half-Sat. for Recycle of Nitrogen and Phosphorus (mg Phyt C/L)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000

Figura 10-25. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua III

Constants Data					
Constant Group Light					
	Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1	Percent Light to Define Photic Zone	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	100,0000
2	Light Option (1 uses input light; 2 uses calculated diel light)	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1,0000	2,0000
3	Phytoplankton Maximum Quantum Yield Constant	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	720,0000
4	Phytoplankton Optimal Light Saturation	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	350,0000
5	Background Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000
6	Detritus & Solids Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000
7	DOC Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000
8	DOC(1) Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000
9	DOC(2) Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000
10	DOC(3) Light Extinction Multiplier	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	10,0000

Figura 10-26. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua IV

Constants Data					
Constant Group Dissolved Oxygen					
	Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1	Waterbody Type Used for Wind Driven Reaeration Rate	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	3,0000
2	Calc Reaeration Option (0=Covar, 1=O'Connor, 2=Owens, 3=Churchill, 4=Tsivoglou)	<input type="checkbox"/>	1	0,0000	4,0000
3	Global Reaeration Rate Constant @ 20 °C (per day)	<input type="checkbox"/>	3E-1	0,0000	10,0000
4	Elevation above Sea Level (meters) used for DO Saturation	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	15000,0000
5	Reaeration Option (Sums Wind and Hydraulic Ka)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
6	Minimum Reaeration Rate, per day	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	24,0000
7	Maximum Allowable Calculate Reaeration Rate, per day	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	100,0000
8	Theta -- Reaeration Temperature Correction	<input type="checkbox"/>	1,024	0,0000	1,0300
9	Oxygen to Carbon Stoichiometric Ratio	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	2,6700
10	Use (1 - On, 0 - Off) Total Depth of Vertical Segments in Reaeration Calculation	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	1,0000
11	Light Threshold at Bottom to Inhibit SOD (ly/Day)	<input type="checkbox"/>	0	0,0000	800,0000

Figura 10-27. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua V



Constants Data					
Constant Group CBOD 1 (Ultimate)					
	Constant	Used	Value	Minimum	Maximum
1	BOD (1) Decay Rate Constant @20 °C (per day)	<input type="checkbox"/>	2E-1	0.0000	5.6000
2	BOD (1) Decay Rate Temperature Correction Coefficient	<input type="checkbox"/>	1,047	0.0000	1,0700
3	BOD (1) Decay Rate Constant in Sediments @20 °C (per day)	<input type="checkbox"/>	0	0.0000	0.0004
4	BOD (1) Decay Rate in Sediments Temperature Correction Coefficient	<input type="checkbox"/>	0	0.0000	1,0800
5	BOD (1) Half Saturation Oxygen Limit (mg O/L)	<input type="checkbox"/>	0	0.0000	0.5000
6	Fraction of Detritus Dissolution to BOD (1)	<input type="checkbox"/>	0	0.0000	1,0000
7	Fraction of BOD (1) Carbon Source for Denitrification	<input type="checkbox"/>	0	0.0000	1,0000

Figura 10-28. Ingreso de las constantes y la cinética de los constituyentes de la calidad del agua VI

10.2.10.1.14. Irradiación Solar

En base a la Figura 10-28, se pueden calcular las horas de luz tanto en verano como en invierno:

TABLE 1.4.1. CALCULATED SOLAR RADIANT ENERGY FLUX TO A HORIZONTAL SURFACE UNDER A CLEAR SKY (langleys/day)

Latitude	Time Of Day	Season				Annual Mean
		Spring	Summer	Fall	Winter	
30°N	Mean ¹	680	780	530	440	600
	Mid-Day ²	2100	2200	1700	1400	1900
40°N	Mean	650	740	440	320	540
	Mid-Day	1900	2100	1400	1000	1600
50°N	Mean	590	710	330	190	460
	Mid-Day	1700	1900	1000	650	1300

¹Mean values represent calculated seasonal means under a clear sky. These should represent upper limits for solar radiant energy at sea level. Reference: Weast and Astle (1980).

²Mid-day values represent mid-day flux extended over a 24-hour period. These assume an atmospheric turbidity of 0, precipitable water content of 2 cm, and an atmospheric ozone content of .34 cm NTP. Reference: Robinson (1966).

Figura 10-29. Referencia para el cálculo de las horas de luz tanto en verano como en invierno

Latitud de Rio Uruguay (media): > 30° (en Salto Grande)

Horas de Luz en verano $14 > f=14/24 =0,6$

Se adopta $780/0.6= 1300$ langleys en verano.

Horas de Luz en invierno $11 > f=11/24 =0,45$

Se adopta $440/0.45= 1000$ langleys en invierno (para cuando se simule esta condición).

En las Figuras 10-29, 10-30, se puede ver como se cargaron en la ventana Time Functions del WASP, los datos sobre irradiación solar.

Time Functions			
	Time Function	Used	Interpolation
	Water Temperature Function 2 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Water Temperature Function 3 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Water Temperature Function 4 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
▶	Daily Solar Radiation (Langleys)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
	Fraction Daily Light (fraction)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
	Wind Speed Time Function 1 (m/sec)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Wind Speed Time Function 2 (m/sec)	<input type="checkbox"/>	Linear
Time/value pairs for Daily Solar Radiation (Langleys)			
	Date	Time	Value
1	1/ 1/2013	0:00	1,3E+3
2	1/31/2013	0:00	1,3E+3

Figura 10-30. Ingreso de irradiación solar al WASP I

Time Functions			
	Time Function	Used	Interpolation
	Water Temperature Function 2 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Water Temperature Function 3 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Water Temperature Function 4 (°C)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Daily Solar Radiation (Langleys)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
▶	Fraction Daily Light (fraction)	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear
	Wind Speed Time Function 1 (m/sec)	<input type="checkbox"/>	Linear
	Wind Speed Time Function 2 (m/sec)	<input type="checkbox"/>	Linear
Time/value pairs for Fraction Daily Light (fraction)			
	Date	Time	Value
1	1/ 1/2013	0:00	6E-1
2	1/31/2013	0:00	6E-1

Figura 10-31. Ingreso de irradiación solar al WASP II

También con las diferentes modelaciones en las distintas situaciones planteadas y analizadas se busca una mejor interpretación del programa WASP para las etapas de investigación posteriores a éste proyecto.

10.2.11. Post procesador

Una vez corrida la simulación se pueden analizar los datos de salida mediante el menú Post-processor.

Dentro del Post-processor se debe abrir el archivo de salida con extensión .BMD (Binary Model Data). Una vez abierto dicho archivo queda disponible la opción X-Y plot. Una captura de ésta ventana se puede ver en la Figura 10-31.

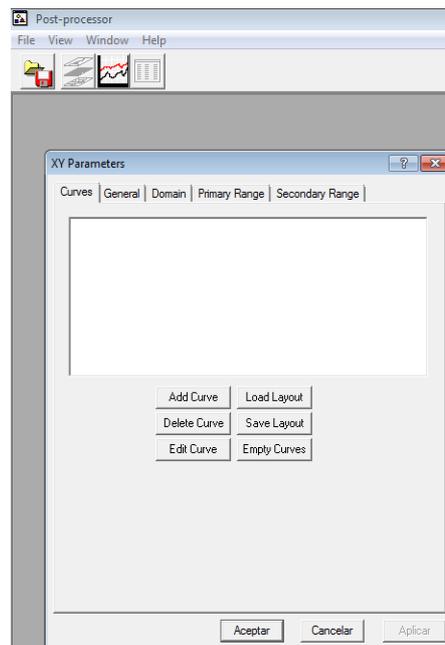


Figura 10-32. Pestaña de XY Parameters

Mediante esta opción se graficaron las curvas de las variables correspondientes a la subrutina EUTRO. En la pestaña Domain se especifica la variable independiente, que puede ser Time (Evolución de la variable a lo largo del tiempo) o Segment (Evolución de la variable a lo largo de los segmentos). Se utiliza el botón Add Curve, que abre una ventana llamada Curve Attributes, en la Figura 10-32 se puede ver una captura de ésta ventana.

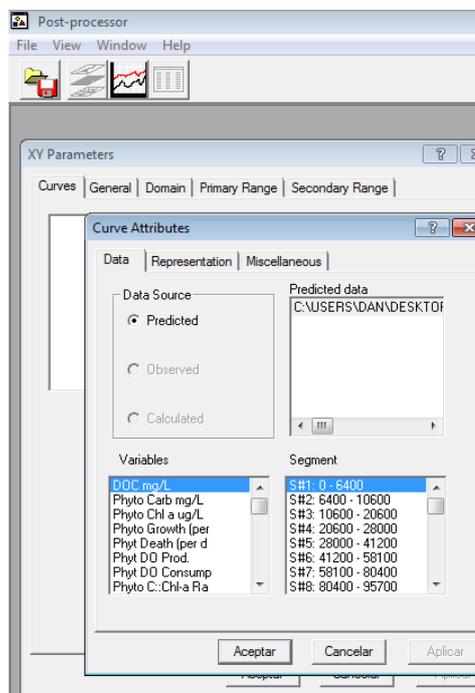


Figura 10-33. Pestaña de Curve Attributes

Se elige la variable a graficar y el segmento en función del cual está la variable. En caso de haber elegido en Domain la variable Time, en lugar de elegir el segmento se elige el día y hora de la curva a graficar.

En la Figura 10-33 se puede ver una captura de la gráfica realizada una vez elegidas las opciones indicadas.

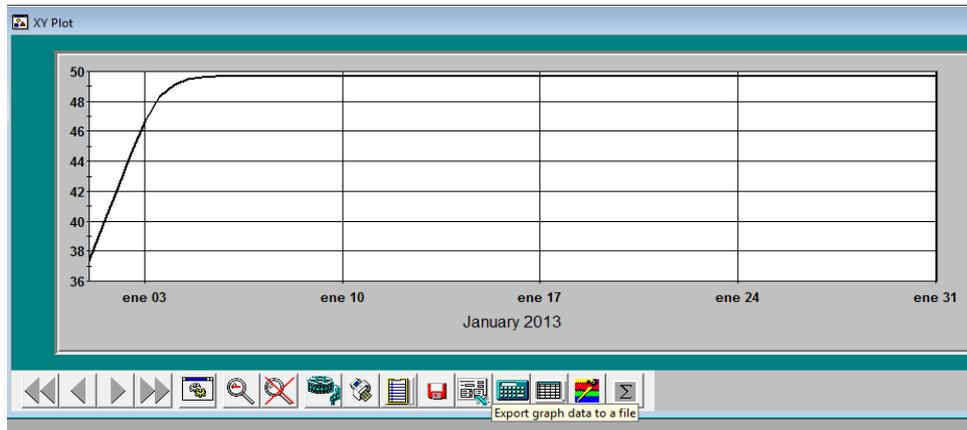


Figura 10-34. Gráfico de XY Plot

A continuación se pueden observar las curvas que se hallaron para la corrida de Estiaje H1-B, tanto de clorofila como de tot P, con la variable time y segment respectivamente.

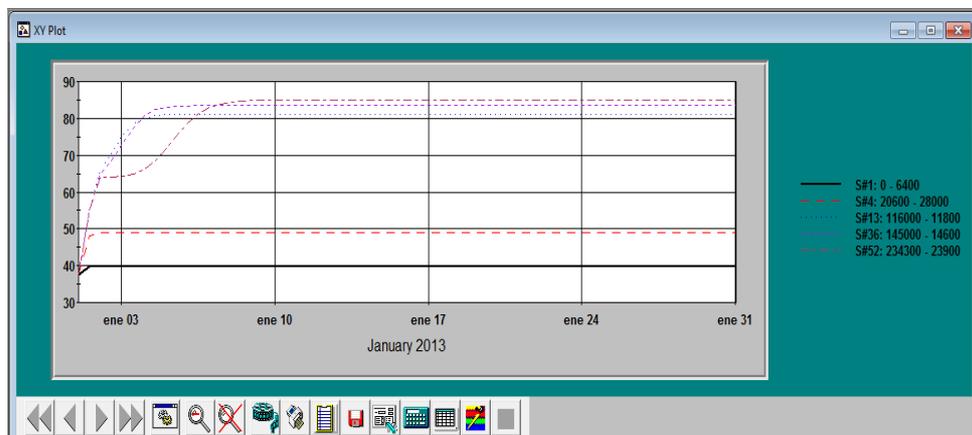


Figura 10-35. Curva de la Clorofila A en Time, en los segmentos 1, 4, 13, 36 y 52

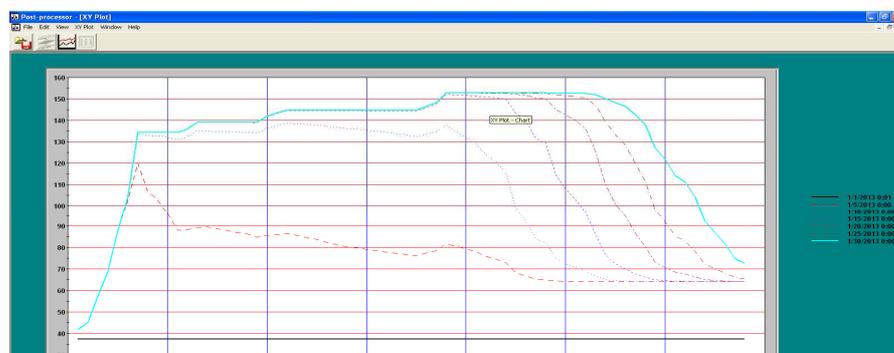


Figura 10-36. Curva de la Clorofila A en Segment, en los días 1/03, 5/03, 10/03, 15/03, 20/03, 25/03 y 30/03/2013.

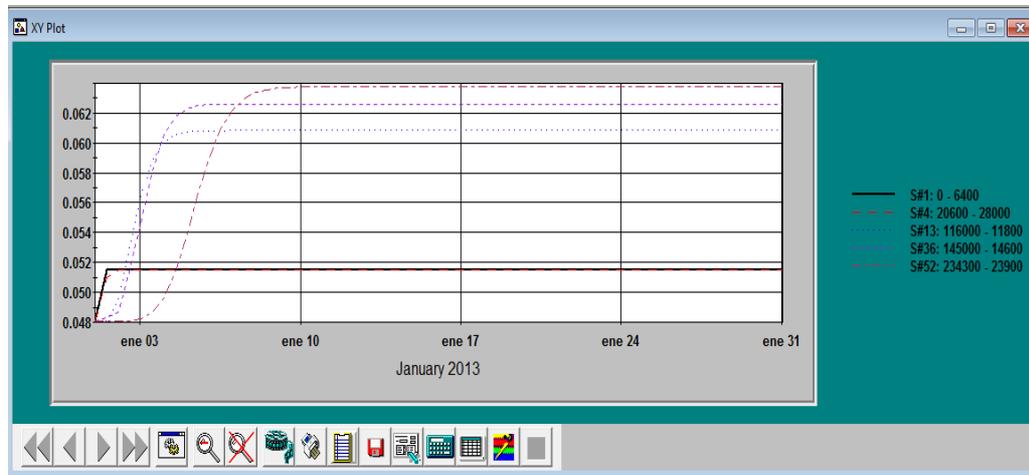


Figura 10-37. Curva del Tot P en Time, en los segmentos 1, 4, 13, 36 y 52

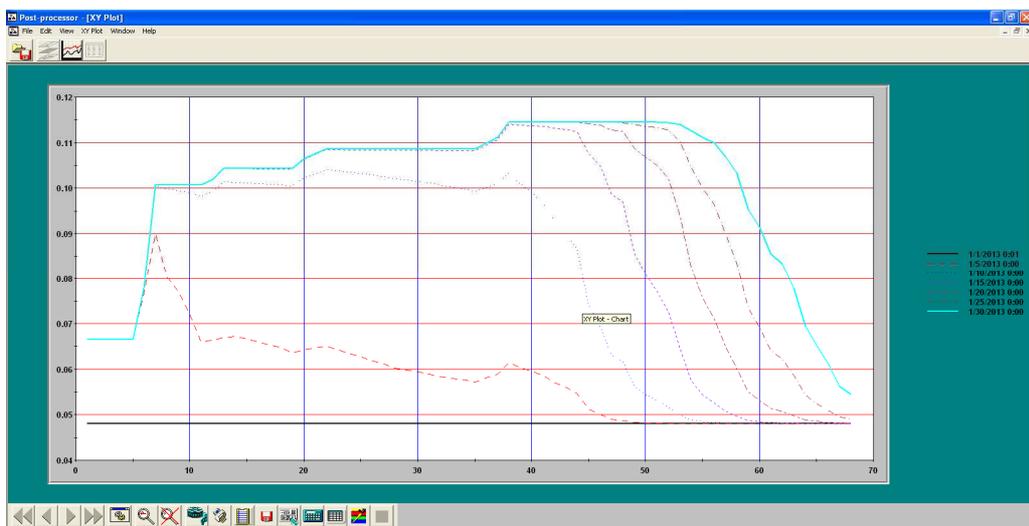


Figura 10-38. Curva de la Tot P en Segment, en los días 1/03, 5/03, 10/03, 15/03, 20/03, 25/03 y 30/03/2013.

10.2.12. Discusión de resultados WASP

Para una correcta visualización de resultados de las corridas se confeccionó una tabla por escenario. La misma posee los valores de las concentraciones de clorofila A y el tot P, para diferentes segmentos, y para las dos configuraciones planteadas, A y B. A su vez, sobre las mismas se agregaron los análisis de las influencias entre hipótesis, configuraciones, y porcentaje de crecimiento relativo de los parámetros de salida.

Estas tres tablas se encuentran en el **anexo 6 (TABLAS DEL WASP)**.

A continuación se detallan las discusiones de resultados, que surgieron de los objetivos planteados en éste proyecto, aclarados en los objetivos de esta investigación.



La variable con mayor influencia en el crecimiento algal es la temperatura del agua, debido a que cuando la misma es máxima, la concentración de clorofila se duplica en relación con la concentración que ingresa desde el embalse (sea baja o alta). Esto se observó tomando en cuenta la tasa de mortalidad (configuración A).

De acuerdo al análisis del crecimiento relativo de clorofila, se apreció que el mayor crecimiento se da para la configuración A, para una máxima temperatura y máxima carga ingresante simultáneamente en la Represa.

En los otros casos, cuando NO hay mortalidad (configuración B), hay un crecimiento (si bien es menor), mientras que si hay mortalidad (A), el crecimiento o no se produce (cuando la concentración ingresante es alta y la temperatura es baja) o es moderado (cuando la concentración ingresante es baja, tiende a subir un poco, especialmente en estiaje).

En general, el salto (aumento) que se produce en la curva de clorofila a partir del segmento 4 (progresiva 26,4km, Concordia-Salto), se debe fundamentalmente a la tendencia del crecimiento algal que varía principalmente debido al efecto de las variables ambientales, y no tanto a las descargas puntuales (descargas cloacales pertenecientes a las ciudades ribereñas). La tendencia del crecimiento algal varía hasta alcanzar una concentración de equilibrio, propia de cada segmento.

Se puede apreciar que en casi todas las modelaciones la concentración de clorofila es mayor cuando se utiliza la configuración B (sin tasa de mortalidad) que la A (c/tasa de mortalidad). Salvo, en el caso del escenario de Estiaje H4 – A, donde se observan altas concentraciones de clorofila, esto sucede debido al efecto de saturación de las algas.

Se puede ver que en Crecida el crecimiento algal es del 50% para la condición de ingreso mínimo de clorofila, mientras que prácticamente no se modifica la concentración de clorofila para el caso de ingreso máximo. Es decir, en crecida si el embalse aportara una concentración alta (100 ug/l), no se modificaría (es decir, la tasa de mortalidad sería similar a la de crecimiento), mientras que si fuera baja (37 ug/l), tendería a crecer hasta llegar a los 50 a 60 ug/l, mostrando una leve tendencia a la eutrofización por encima de lo que el embalse aporta.

En Estiaje, la situación es similar a lo anterior, con la observación de la influencia de la temperatura en el crecimiento de la concentración de clorofila.

Se observó un crecimiento menor de clorofila en el escenario de Estiaje que en el de Crecida. Esto es razonable, puesto que el tiempo de residencia de las algas dentro del río es menor en crecida (pasan más rápido), por lo que hay menos tiempo para que se produzcan los procesos de crecimiento.

Asimismo, el crecimiento algal en la época invernal, para las hipótesis H1 y H3 (temperatura mínima), es inferior que en Estiaje para la misma temperatura. Por un lado influye que el caudal considerado en invierno (5000 m³/s) si bien no es tan grande como el de crecida, igualmente es muy superior al de estiaje (1500 m³/s), por lo que sucede lo mismo en cuanto al tránsito de las algas por el río. Por otro lado, la irradiación solar en invierno es menor que en verano, por lo que también se induce menor crecimiento.

Mirando la configuración A, en las Hipótesis 1 y 3 (temperatura mínima) las concentraciones de Tot P se mantienen prácticamente constantes a lo largo de los segmentos, sin embargo en las hipótesis 2 y 4 (temperatura máxima) aparece un salto



(aumento de Tot P) a partir del segmento 13. De la misma manera que cuando se analizó la clorofila, una elevada temperatura influye en gran medida sobre el incremento de Tot P.

Con la configuración B, el salto indicado en el punto 1 ocurre en todas las hipótesis. Esto se debe a que no se toma en cuenta la tasa de mortalidad del fitoplancton, y este está muy ligado al Tot P.

Con la configuración A, el salto indicado en el punto 1 es mayor en la hipótesis 4 que en la hipótesis 2 debido a que en H4 se toma temperatura máxima y clorofila máxima, y en H2 se toma Ch min y temp max.

En el escenario de Estiaje, hipótesis 4 (Tmax y Chl a max), comparando el Tot P en las configuraciones A y B, se observó que la concentración de P es mayor en A que en B. Esto sucede debido a que, por el proceso de respiración del fitoplancton, se libera fósforo inorgánico, provocando así un aumento de la concentración del mismo en el agua.



Capítulo 11. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Con lo observado, analizado, y estudiado de los muestreos a partir de los cuales se generó la base de datos cargada y sintetizada en QGIS, se pudo determinar que los valores de concentración de clorofila a presentes en el embalse de Salto Grande acusan una marcada variación dependiendo de si la muestra fue tomada en una entrante o en una saliente. Los valores en las entrantes están muy por encima de los tomados en las salientes, esto debido a que en las entrantes se presentan aguas con mayor quietud y tiempo de permanencia, además de un aumento en las temperaturas y concentración de nutrientes, generando un microclima apto para la proliferación de las CIANOBACTERIAS.

Por otro lado se observó que existe una variación muy marcada con respecto a las concentraciones de clorofila A entre la zona ubicada aguas arriba de la represa y la zona ubicada aguas debajo de la misma. Esto encuentra su debido justificativo contrastando los valores obtenidos en la campaña realizada en época de estiaje en la cual se obtuvieron muestras en ambas zonas, en la misma fecha, y con las mismas condiciones climáticas.

Cabe destacar que en los lugares donde las concentraciones son altas se encuentran balnearios, centros turísticos y tomas de agua las que pueden ser víctimas del efecto de las algas con lo que significa esto para la salud humana y el normal desempeño de sus actividades técnico-económicas.

Luego de haber modelado 2 hipótesis en estiaje ($1500 \text{ m}^3/\text{seg}$), con una misma concentración de clorofila A ($100,6 \text{ ug/l}$) en la represa, aumentando la temperatura del agua 9°C (de 19 a 28°C), se obtuvo que la influencia de éste aumento sobre la concentración de clorofila en Concepción del Uruguay, fue de 109% . Para la misma situación, pero con una concentración de clorofila A de $37,4 \text{ ug/l}$, la influencia fue de $20,6\%$.

Como resultado de la modelación de 2 hipótesis en estiaje, con igual temperatura (28°C), aumentando $63,2 \text{ ug/l}$ la concentración de clorofila en la represa Salto Grande (de $37,4$ a $100,6 \text{ ug/l}$), se obtuvo que la influencia de éste aumento sobre la concentración de clorofila A en Concepción del Uruguay, fue de 177% . Para la misma situación, pero con una temperatura de 19°C , la influencia fue de 60% .

Esto muestra que una vez que ingresa en el río Uruguay un caudal de agua con concentraciones altas de clorofila A, el efecto de que la temperatura del agua sea elevada se potencia, favoreciendo el crecimiento algal a lo largo del río en mayor medida, que si la temperatura es más baja.

Por otro lado, se verificó que en el escenario de crecida, los incrementos relativos de clorofila A a lo largo del río, son inferiores a los del escenario de estiaje, lo cual se debe presumiblemente al menor tiempo de residencia del agua en crecida dentro del cauce en el tramo modelado.

Con el total de valores hallados se ha cumplido con el primer nivel de aproximación del modelo matemático WASP. Se logró entonces, la configuración adecuada del modelo para las condiciones que se presentan en el río Uruguay. Se propone que en las siguientes etapas investigativas se sigan realizando campañas de muestreos para una correcta calibración del modelo y lograr así que el programa simule la reacción del río Uruguay aguas abajo de la



represa, frente a los diferentes escenarios climáticos e hidrológicos, para así poder realizar estudios predictivos de la calidad de las aguas del Río Uruguay.

Ahora, QGIS y WASP forman parte de un conjunto de herramientas muy importante con las que cuenta el grupo GECRU para continuar con la línea de investigación en la que hemos comenzado a trabajar en este proyecto de investigación.



Anexo 1:

Clasificación de Cianobacterias

Clasificación

Taxonomía. Descripción de los géneros más frecuentes

Las Cianobacterias son divididas en dos grandes grupos: formas *no filamentosas* y *filamentosas*. El primero incluye a los organismos cocales, unicelulares o coloniales en el orden de las Chroococcales y el segundo contiene a las formas filamentosas, distribuidas en tres Ordenes: Oscillatoriales, Nostocales y Stigonematales.

No filamentosas

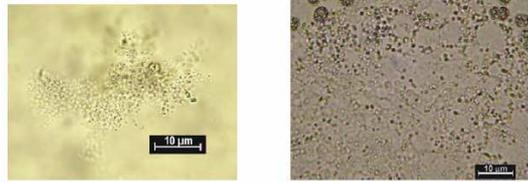
Chroococcales

Comprende organismos cocoides, unicelulares o coloniales, con escasas o numerosas células incluidas en vainas mucilaginosas. Colonias de forma definida o indefinida, libres, flotantes o fijas, tabulares, compactas o huecas, en general sin polaridad. División celular simple, principalmente por fisión binaria, en 2, 3 o más planos, formación facultativa de exocistos y nanocistos (endosporas). Ej: Aphanocapsa, Chroococcus, Coeiosphaerium, Merismopedia, Microcystis, Snowella, Woronichinia.

Merismopedia tenuissima Lemmermann 1898

Célula vegetativa	Esféricas a subsféricas	
Mucilago	Transparente	
Célula apical	No corresponde	
Células diferenciadas	No corresponde	
Aerotopos	No forma	
	Largo promedio (mín - máx)	Ancho promedio (mín - máx)
Colonia (µm)	17,0 (11,0 - 23,0)	13,5 (10,0 - 17,0)
Célula (µm)	0,9 (0,6 - 1,2)	0,8 (0,6 - 1,2)
Heterocito (µm)	No corresponde	
Acinete (µm)	No corresponde	

Merismopedia

Aphanocapsa delicatissima W. et G.S. West 1912


Célula vegetativa	Esférica
Mucilago	Transparente
Célula apical	No corresponde
Células diferenciadas	No corresponde
Aerotopos	No forma

	Largo promedio (mín - máx)	Ancho promedio (mín - máx)
Colonia (µm)	29,5 (3,00 - 100)	5,3 (2,0 - 4,0)
Célula (µm)	0,7 (0,5 - 0,9)	0,7 (0,5 - 0,9)
Heterocito (µm)	No corresponde	No corresponde
Acinete (µm)	No corresponde	No corresponde

Aphanocapsa

Microcystis aeruginosa (Kützing) Kützing 1866


Célula vegetativa	Esférica
Mucilago	Transparente
Célula apical	No corresponde
Células diferenciadas	No corresponde
Aerotopos	Si

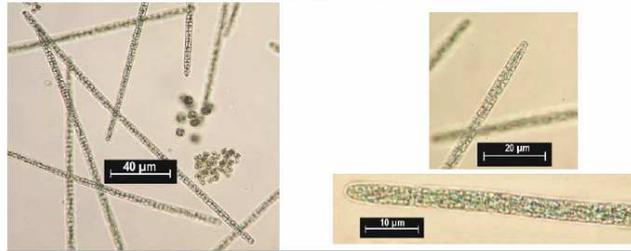
	Largo promedio (mín - máx)	Ancho promedio (mín - máx)
Colonia (µm)	352 (55,0 - 650)	402 (55,0 - 725)
Célula (µm)	4,9 (3,0 - 7,0)	4,9 (3,0 - 7,0)
Heterocito (µm)	No corresponde	No corresponde
Acinete (µm)	No corresponde	No corresponde

Filamentosas

Oscillatoriales

Formas filamentosas, uniseriadas, con o sin vaina, talos homocistíneos (sin heterocistos o acinetos), sin ramificaciones verdaderas; células de longitud uniforme a lo largo de todo el filamento, a excepción de las células terminales que son redondeadas en el ápice. Reproducción por hormogonios, los cuales se liberan de su vaina cuando las condiciones de crecimiento son óptimas. Ej: Lyngbya, Oscillatoria, Phormidium, Planktolynbya, Planktothrix, Pseudanabaena, Spirulina.

Planktothrix agardhii (Gomont) Anagnostidis et Komárek 1988

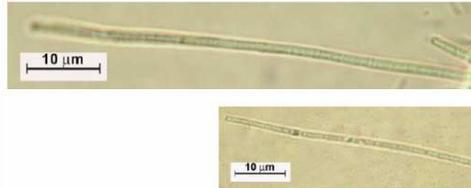


Célula vegetativa	Más corta que ancha
Mucílago	No definido
Célula apical	Convexa con caliptra
Células diferenciadas	No corresponde
Aerótopos	Si

	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	3,1 (2,5 - 3,0)	3,8 (3,5 - 4,0)
Heterocito (µm)	No corresponde	No corresponde
Acinete (µm)	No corresponde	No corresponde

Planktothrix

Planktolyngbya limnetica (Lemmermann) Komárková-Legnerová et Cronberg 1992

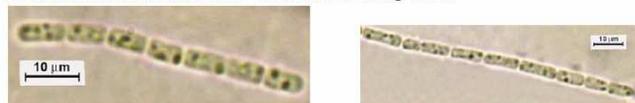


célula vegetativa	Cilíndricas
Mucílago	Fino
Célula apical	Cilíndrica con ápice redondeado
Células diferenciadas	No corresponde
Aerótopos	No

	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	3,0 (1,6 - 5,3)	1,0 (0,8 - 1,2)
Heterocito (µm)	No corresponde	No corresponde
Acinete (µm)	No corresponde	No corresponde

Planktolyngbya

Pseudanabaena moniliformis Komárek et Kling 1991



Célula vegetativa	Cilíndricas
Mucílago	Transparente
Célula apical	Cilíndrica con ápice redondeado
Células diferenciadas	No corresponde
Aerótopos	No

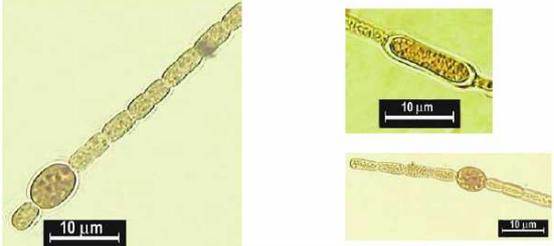
	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	4,0 (3,0 - 6,5)	1,7 (1,3 - 2,3)
Heterocito (µm)	No corresponde	No corresponde
Acinete (µm)	No corresponde	No corresponde

Pseudanabaena

Nostocales

Talos filamentosos, heterocistíneos (presencia de acinetos y/o heterocistos) sin ramificaciones verdaderas, pueden poseer ramificaciones falsas; las células se dividen siempre perpendicularmente al eje del tricoma, solo en una dirección. Reproducción principalmente por hormogonios u hormocistos. Ej: Anabaena, Anabaenopsis, Aphanizomenon, Cyndrospermopsis, Nodularia, Nostoc, Raphidiopsis.

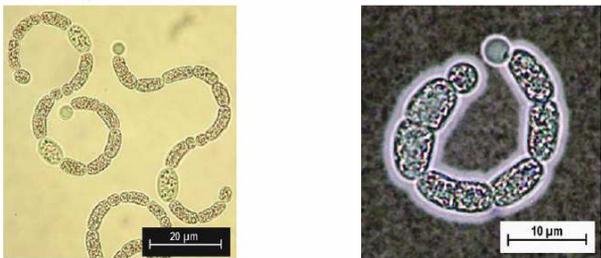
Aphanizomenon gracile Lemmermann 1910



Célula vegetativa	Cilíndrica	
Mucilago	Transparente	
Célula apical	Redondeada, cónica en forma de gota	
Células diferenciadas	Heterocitos y acinetes	
Aerotopos	Si	
	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	5,4 (2,5 - 7,5)	3,2 (2,5 - 5,0)
Heterocito (µm)	2,9 (2,0 - 4,5)	2,1 (1,0 - 3,8)
Acinete (µm)	6,2 (5,3 - 7,3)	4 (3,9 - 4,1)

Aphanizomenon

Anabaenopsis elenkinii Miller 1923



Célula vegetativa	Cilíndrica	
Mucilago	Transparente	
Célula apical	Cilíndrica con ápice redondeado	
Células diferenciadas	Heterocitos y acinetes	
Aerotopos	Si	
	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	8,8 (4,0 - 15)	4,0 (4,0 - 4,0)
Heterocito (µm)	4,6 (4,0 - 5,0)	4,6 (4,0 - 5,0)
Acinete (µm)	10 (8,0 - 12)	Sin datos

Anabaenopsis

Nodularia spumigena Mertens ex Bornet et Flahault 1888

Célula vegetativa	Forma elipsoidal, achatadas
Mucílago	Transparente, grueso
Célula apical	No diferenciada
Células diferenciadas	Heterocitos y acinetes
Aerotopos	SI

	largo promedio (mín - máx)	ancho promedio (mín - máx)
Célula (µm)	2,9 (1,7 - 4,5)	11 (11 - 11)
Heterocito (µm)	4,3 (3,5 - 5,0)	Sin datos
Acinete (µm)	9,6 (7,8- 12)	15 (13 - 15)

Nodularia

Stigonematales

Las estigonematales (Stigonematales) son un orden de cianobacterias filamentosas, con filamentos provistos de un ramificación verdadera y recubiertos por una vaina aparente formada por varias capas de mucílago. Presentan hormogonios y la mayoría de las especies también heterocistes; raramente hay acinetos.

La monofilia de las estigonematales se ha puesto en duda en algunos estudios basados en análisis de ADN, que llegan a la conclusión de que son una agrupación polifilética.

2. Cianobacterias toxígenas. Aspectos generales para su identificación taxonómica

Dada su naturaleza jerárquica, la clasificación biológica incluye una serie de niveles o rangos subordinados, denominados categorías taxonómicas, en los cuales se ubican los grupos de organismos considerados como unidad, los taxones. La identificación de un organismo es asignarlo al grupo o taxón al que pertenece de acuerdo a un sistema clasificatorio previamente establecido, de modo que se pueda llegar a conocer el nombre científico del ejemplar en estudio. En determinados casos esta tarea se realiza utilizando una clave dicotómica que es un esquema diseñado para facilitar la identificación de los organismos. Se trata de una expresión tabular que sigue una secuencia ordenada de opciones alternativas, en las cuales se expresan los caracteres diagnósticos o discriminatorios de los taxones. Un carácter diagnóstico debe estar definido con precisión y ser fácilmente reconocible y constante, ser independiente de otros y no proporcionar información redundante (Lanieri & Cigliano, 2004).

Uno de estos niveles taxonómicos es el de especie. En el caso particular de una especie de Cyanobacteria, Anagnostidis & Komárek (1985) la definen como un complejo de poblaciones que ocupa un espacio multidimensional propio delimitado por requerimientos ecológicos específicos (concepto de nicho). Otros autores indican que la unidad básica en



taxonomía de procariotas se ajusta al concepto denominado filo-fenético (Rosselló-Mora & Amann, 2005), y entienden una especie como una categoría que circunscribe a un grupo de cepas de origen monofilético y que se muestran coherentes tanto desde el punto de vista genómico como fenotípico, y que por ello se pueden distinguir de otros grupos semejantes (Rosselló-Mora, 2001)

La importancia de definir especie radica, precisamente, en las características propias de cada una de ellas. Podemos encontrar especies de características fenotípicas similares, pero sensiblemente disímiles en sus requerimientos ecológicos e incluso en su "relación" con el hombre. Es muy frecuente encontrar especies de aspecto similar dentro de un mismo género y una de ellas ser toxígena y la otra totalmente inocua.

Las Cyanobacteria, Cyanophyta, Cyanoprokaryota o vulgarmente algas verde- azules, presentan tanto caracteres propios de las bacteria como de las plantas eucariotas. Al igual que las bacterias carecen de un núcleo y piástidos delimitados morfológicamente así como de reproducción sexual. La presencia de clorofila a, la estructura de tilacoides y la posibilidad de realizar fotosíntesis, las relacionan con las algas eucariotas (Anagnostidis & Komárek, 1985).

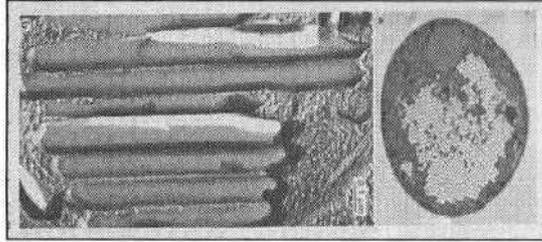
En las Cianobacterias, la fotosíntesis es el principal modo de obtención de energía para su metabolismo y los pigmentos presentes son clorofila a, b, xantofilas, c- ficocianina, c- ficoeritrina y carotenos. Como reserva asimilan una sustancia semejante al glicógeno. En algunas especies las células contienen vacuolas, vesículas gaseosas o aerotopos.

Las vacuolas, vesículas gaseosas o aerotopos, son estructuras compuestas por una serie de cilindros que se agrupan y que pueden variar en número, lo que puede modificar el tamaño vacuolar.

Su presencia/ausencia, número y distribución en las células, resulta un carácter taxonómico.

Son estructuras que regulan la altura de flotación de las células dentro de la columna de agua, en los períodos en los que la producción de vacuolas es muy importante, las células flotan quedando expuestas directamente a las condiciones propias de la superficie de los cuerpos de agua. En tales condiciones (alta luminosidad y mayor temperatura), la presión interna del gas de las vacuolas se incrementa y provoca el estallido de las mismas e incluso la ruptura celular.

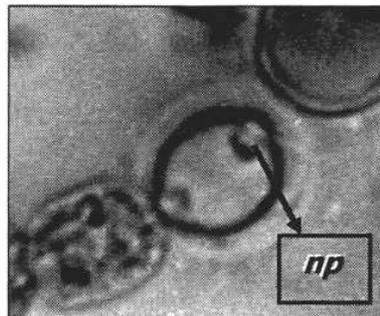
El grupo varía en su conjunto presentando una gran heterogeneidad morfológica. Incluye formas cocales (unicelulares o coloniales), filamentosas (homocistineos o heterocistineos; ramificadas o no). No se observan formas móviles (cilios o flagelos).



En los organismos filamentosos heterocistinos pueden encontrarse células modificadas: los heterocistos y/o los acinetos.

Los heterocistos son células modificadas de colores refringentes y morfología variada. Poseen un engrosamiento polar en el extremo celular (nódulo polar-np) que se encuentra en contacto con la célula contigua. Pueden o no tener vaina.

Están relacionados con la fijación de nitrógeno atmosférico.



Los acinetos son células modificadas de formas y tamaños variados y de contenido granular. Pueden o no poseer vaina. Su función principal es la de asimilar sustancias de reserva, actuando como estructura de resistencia ante situaciones de estrés. Ante condiciones favorables, germinan dando origen a una nueva población.

Para la clasificación, son fundamentales su morfología y/o ubicación en el tricoma.



La reproducción es solo vegetativa. La membrana plasmática se pliega centrípetamente y la célula se divide en dos partes (división binaria), que puede ser simétrica o asimétrica y hasta irregular.



División celular en Cyanobacteria (según Komárek & Anagnostidis, 1986)

En los organismos cocales, otra forma de división es por formación de exocitos (exosporas). En este caso una célula sésil sufre una división binaria asimétrica, simple o múltiple y las esporas se liberan por separación desde el extremo libre. En otros casos, la célula sufre múltiple división en tres planos, produciendo nanosporas endógenas (baecitos) que se liberan por ruptura de la pared materna.



Formación de endosporas

Entre los organismos homocistíneos, la forma de reproducción es, además del crecimiento de los tricomas por división celular centripeta, por fragmentación. El resultado de esta fragmentación resulta en dos diferentes estructuras reproductivas: hormocistos (con vaina) ú hormogonios (sin vaina).

Principales géneros presentes en Argentina

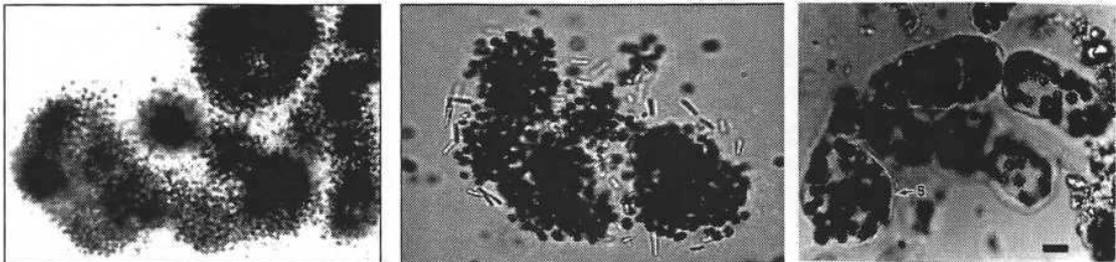
Género *Microcystis* Kützing, 1833

Colonias micro a macroscópicas, esféricas, ovales a irregulares; algunas especies clatradas. Vaina general mucilaginosa, incolora, desde homogénea a lamelada, indistinguible a evidente por refracción. Células esféricas a hemiesféricas luego de la división celular, sin vaina propia, con o sin vacuolas gaseosas. División celular por fisión en tres planos perpendiculares. Reproducción vegetativa por desintegración de las colonias. Planctónicas.

Las especies toxígenas de este género son las más ampliamente conocidas y distribuidas a nivel mundial, siendo *M. aeruginosa* la más difundida.

Especies mencionadas como toxígenas: *M. aeruginosa* (Kütz.) Kützing; *M. botrys* Teiling; *M. fariowiana* Drouet & Daily; *M. flos-aquae* (Wittr.) Kirchner, *M. ichthyobtabe* Kützing, *M. lamelliformis* Holsinger; *M. viridis* Lemmermann; *M. wesenbergii* (Kom.) Komárek. (según Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998; Komárek & Anagnostidis, 1998; Sivonen & Jones, 1999)

Las toxinas descritas para los taxa pertenecientes a este género son hepato- toxinas, siendo las más importantes las microcystinas.



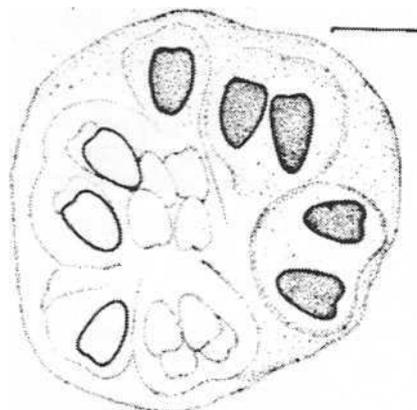
M. aeruginosa - *M. viridis* - *M. wesenbergii*

Género *Gomphosphaeria* Kützing, 1836

Colonias esféricas o irregulares, comúnmente compuestas por subcolonias. Vaina general fina y difluyente. Células oviformes, cuneiformes o cordiformes, reunidas entre si por tractos mucilaginosos y distribuidas radialmente hacia la periferia de la colonia, formando varios niveles a medida que crece la misma. Tractos difluyentes hacia el centro de la colonia. Sin vacuolas gaseosas. División celular en dos planos perpendiculares y reproducción de la colonia por desintegración. Planctónicas.

Especies mencionadas como toxígenas: *G. aponina* Kützing (según Falconer, 1998)

Las toxinas son desconocidas (según Skulberg et al, 1993)



G. aponina (Guarrera et al., 1987)

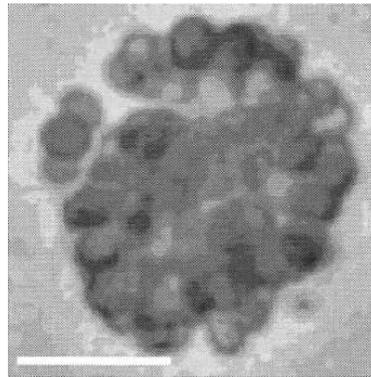


Género *Snowella* (*Gomphosphaeria*) Elenkin, 1938

Colonias más o menos esféricas o irregularmente ovales, ocasionalmente compuestas, con vaina homogénea, incolora, distinguible o no. Células esféricas a ligeramente alargadas, reunidas entre sí por tractos mucilaginosos y distribuidas radialmente hacia la periferia de la colonia; con o sin vacuolas gaseosas. División celular por fisión binaria en dos planos perpendiculares. Reproducción de la colonia por desintegración. Planctónicas.

Especies mencionadas como toxígenas: *Lacustris* (Qhoú.) Komárek & Hindák.

Las toxinas son desconocidas, (según Skulberg et al, 1993)



S. Lacustris

Género *Coelosphaerium* Nágeli, 1849

Colonias microscópicas, globosas, en ocasiones compuestas por subcolonias; cubiertas por una vaina mucilaginosa fina e incolora. Células esféricas o hemiesféricas, ubicadas en una única capa, en la periferia de la colonia. Con o sin vacuolas gaseosas. Mucilago no estructurado en el centro de la colonia, formando pequeños pedúnculos hacia el margen. División celular por fisión binaria en dos planos perpendiculares. Reproducción de la colonia por desintegración. Planctónicas.

Especies mencionadas como toxígenas: *C. kuetzingianum* Nágeli (según Falconer, 1998).

Las toxinas son desconocidas, (según Skulberg et al, 1993).

Género *Woronichinia* Elenkin, 1933

Colonias globosas, comúnmente compuestas por subcolonias, rodeadas por una delgada e incolora vaina mucilaginosa general. Células ligeramente alargadas, ovales a ovoides, raramente esféricas, dispuestas en el extremo de tractos mucilaginosos que parten radialmente desde el centro de la colonia. Con o sin vacuolas gaseosas. División celular en dos planos perpendiculares, formando diferentes niveles, quedando las células más



antiguas en las capas más internas de la colonia. Reproducción por fragmentación de la colonia. Planctónicas.

Especies mencionadas como toxígenas: *W. naegeliana* (Unger) Elenkin (según Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998)

Las toxinas son desconocidas, (según Skulberg et al., 1993)

Género *Planktothrix* (*Oscillatoria* pp.) Anagnostidis & Komárek, 1988

Tricomas rectos a ligeramente curvados, levemente constrictos o no a nivel de los tabiques y que se enangostan, o no, hacia el extremo, solitarios; vaina ausente u ocasionalmente muy fina. Células cilíndrico-discoides hasta dolioliformes; las terminales con o sin caliptra o, con o sin engrasamiento apical. Con vacuolas gaseosas. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción por disgregación del tricoma a partir de necridios. Planctónicas

Especies mencionadas como toxígenas: *P. agardhii* (Gom.) Anagnostidis & Komárek; *P. rubescens* (DeCandolle ex Gom.) Anagnostidis & Komárek.

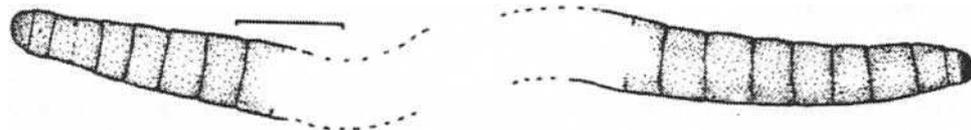
Las toxinas más conocidas son microcystinas y neurotoxinas. (según Skulberg et al., 1993; Sivonen & Jones, 1999).

Género *Phormidium* (*Oscillatoria* pp.) Kützing ex Gomont, 1982

Tricomas cilíndricos, rectos hasta curvados, constrictos o no a nivel de los tabiques, formando agregados o solitarios. Vainas firmes no lameladas. Células aproximadamente isodiamétricas; las apicales convexas, cónicas, capitadas o no, con o sin caliptra. Vacuolas gaseosas, ausentes. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación a partir de necridios. Epífitos a planctónicos.

Especies mencionadas como toxígenas: *P. formosum* (Bory ex Gom.) Anagnostidis & Komárek.

Las toxinas más conocidas son neurotoxinas (según Falconer, 1998; Sivonen & Jones, 1999)



formosum (Guarrera et al., 1995)

Género *Pseudanabaena* Lauterborn, 1915



Tricomas, uniseriados, flexibles, solitarios. Vaina ausente. Células aproximadamente cilíndricas, rectas, dolioliformes o ligeramente deprimidas en el centro con polos aproximadamente rectos o convexos y unidas entre sí por cordones intercelulares ("puentes hialinos"). La célula apical convexa. Con o sin vesículas gaseosas. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por homogonios o por disgregación. Planctónicas o metafísicas.

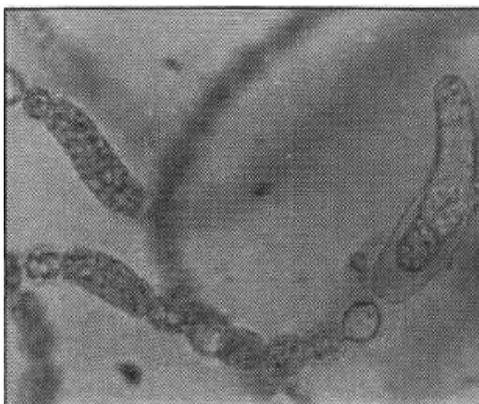
Especies mencionadas como toxígenas: *P. catenata* Lauterborn.

Género *Anabaena* Bory, 1822

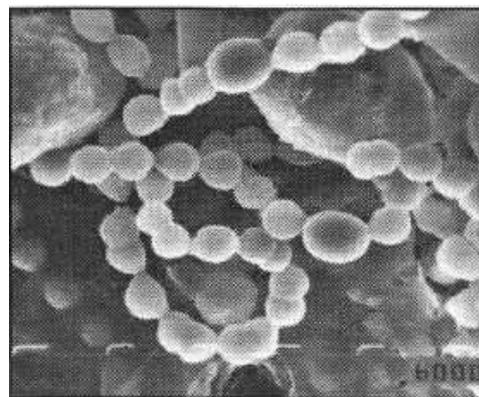
Tricomas rectos o más o menos curvados, hasta flexuosos y/o espiralados; no atenuados o ligeramente atenuados hacia los extremos; solitarios o agrupados en clusters e incluso formando matas. Con o sin vaina. Células redondeadas o redondeado- cónicas a dolioliformes; con o sin vacuolas gaseosas. Heterocistos y acinetos intercalares, diferenciados a partir de células vegetativas. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación. Planctónicas o adnadas, fijas a suelos o sustratos sumergidos.

Especies mencionadas como toxígenas: *A. affinis* Lemmerman; *A. baltica* J. Schmidt; *A. drcinalis* (Kütz.) Hansgirg; *A. fíos-aquae* (Lyngb.) Brébisson; *A. hassallü* (Kütz.) Wittrock; *A. lemmermannü* P. Richter; *A. planctónica* Brunthaler; *A. spiroides* Klebahn; *A. spiroides* var. *contracta* Klebahn; *A. torulosa* (Carm.) Lagerheim; *A. varia-* bilis Kützing. (según Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998; Sivonen & Jones, 1999)

Las toxinas descritas para los taxa pertenecientes al género *Anabaena* son péptidos (microcystinas) y alcaloides. Entre los alcaloides con propiedades neurotóxicas, se encuentran los más potentes, tales como Anatoxinas a, Anatoxinas a(s) y Saxitoxinas. (Skulberg et al 1993; Falconer 1998; Sivonen & Jones, 1999).



A. lemmermannii



A. spiroides



Tricomas solitarios, curvos a espiralados; células esféricas o elípticas, constrictas a nivel de los tabiques, con o sin vacuolas gaseosas. Heterocistos esféricos, situados en los extremos de los tricomas y acinetos, únicos o en series, intercalares. Planctónicas.

Especies mencionadas como toxígenas: *A. milleri* Woronichin; *A. abijatae*

Las toxinas descritas para los taxa pertenecientes al género, son hepatotoxinas (microcistinas) (Lañaras et al., 1989; Sivonen & Jones, 1999; Dow & Swoboda, 2000; Ballot et al., 2005).

Género *Aphanizomenon* Morren 1838

Tricomas rectos o levemente arqueados, atenuados hacia los extremos, solitarios o reunidos formando masas, sin vaina. Células cilíndricas de extremos redondeados; las de los extremos alargadas y en ocasiones terminadas en forma de pelo. Con vacuolas gaseosas. Heterocistos intercalares oblongos o cilíndricos, con a sin vaina prominente. Acinetos esféricos o cilíndrico-alargados, alejados del heterocisto. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación. Planctónico.

Una particularidad de esta especie es que en algunos países, se utilizan cultivos de sepas no tóxicas como suplementos dietarios.

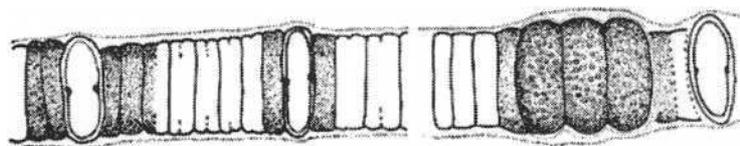
Género *Nodularia* Mertens, 1822

Tricomas uniseriados, constrictos a nivel de los tabiques. Vaina hialina, tenue e incolora. Células discoides más o menos infladas. Heterocistos intercalares, discoides, algo más anchos que las células vegetativas. Acinetos globosos, subglobosos o disciformes, intercalares, de mayor tamaño que los heterocistos, comúnmente dispuestos en series, contiguos o no al heterocisto. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación. Planctónico.

Especies mencionadas como toxígenas: *N. spumigena* Mertens (según Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998; Sivonen & Jones, 1999).

La principal toxina descrita para los taxa pertenecientes al género *Nodularia* es una hepatotoxina, la nodularina. (Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998; Sivonen & Jones, 1999).

La primer mención de muerte de animales por intoxicación con Cyanobacteria está relacionada con la presencia de *Nodularia spumigena* como responsable del suceso (Francis, 1878).

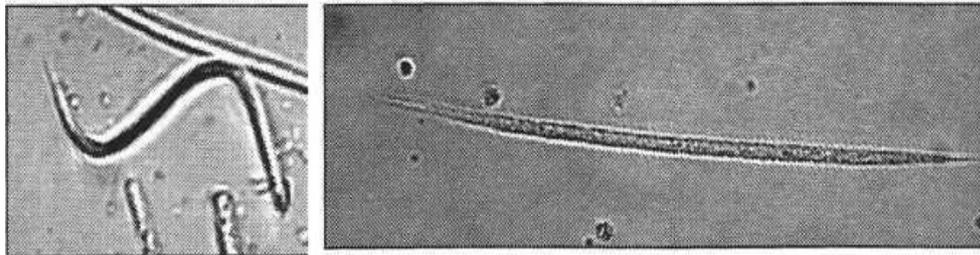


N. spumigena (Guarrera et al., 1968)

Género *Rhaphidiopsis* Fritsch & Rich., 1929

Tricomas solitarios, rectos o ligeramente curvados, hasta sigmoides, que se agudizan hacia ambos extremos. Células cilíndricas o ligeramente tronco-cónicas, la de los extremos largamente aciculares, constrictas o no a nivel de los tabiques. Tabiques intercelulares, a veces indistinguibles. Heterocistos ausentes. Acinetos intercalares, oblongos. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación. Planctónicos.

Especies mencionadas como toxígenas: *R. curvata* Fritsch; *R. mediterránea* Skuja



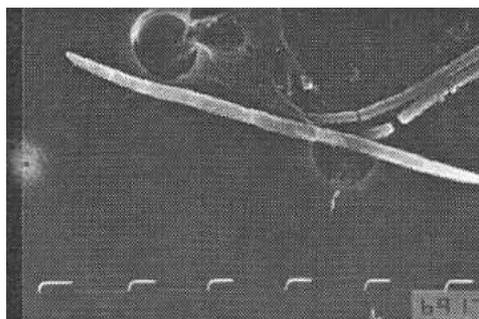
Mediterranea

Género *Cylindrospermopsis* Seenayya et Subba Raju, 1972

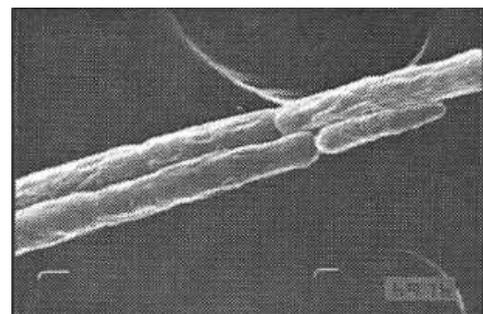
Tricomas solitarios, rectos o ligeramente curvados, hasta sigmoides, que se atenúan hacia ambos extremos. Células cilíndricas o ligeramente tronco-cónicas, constrictas o no a nivel de los tabiques. Con o sin vacuolas gaseosas. Sin Vaina. Heterocistos terminales, cónico-redondeados. Acinetos intercalares, oblongos, solitarios o seriados. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por disgregación. Planctónicos.

Especies mencionadas como toxígenas: *C. raciborskii* (Wolosz.) Seenayya et Subba Raju (según Skulberg et al., 1993; Falconer, 1998; Sivonen & Jones, 1999)

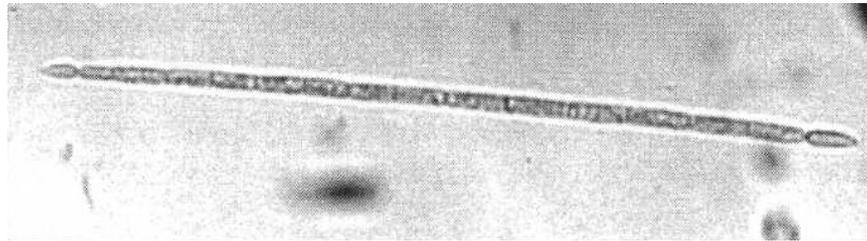
Las toxinas descritas para los taxa pertenecientes al género *Cylindrospermopsis* son hepatotoxinas: cylindrospermopsina (Hawkins et al, 1985, según Skulberg et al, 1993) y paralizantes: saxitoxinas (Lagos et al, 1999).



C. Raciborskii (MEB)



C. Raciborskii, detalle (MEB)



C. raciborskii (MO)

Género *Nostoc* Vaucher, 1803

Talos gelatinosos, mucilaginosos o coriáceos; globosos (hueco o compacto), foliosos, filiformes o lobulados; generalmente macroscópicos. Peridermo más o menos denso y rígido. Tricomas, generalmente numerosos, uniseriados, entrelazados o dispuestos radialmente. Vaina individual de los tricomas difluente o visibles, incoloras o coloreadas. Células esféricas o subsféricas hasta cilíndricas. Heterocistos globosos, intercalares. Acinetos esféricos u oblongos hasta cilíndricos, solitarios o en series, cercanos o alejados al heterocisto. División celular transversal al eje longitudinal. Reproducción del tricoma por hormogonios y de la colonia por disgregación. Acuáticos, fijos o planctónicos; subaéreos o terrestres.



Anexo 2

Tabla de resultados de muestreos.



Muestreo 31/03/2013

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto Nº1)																												
Muestras					4		00:11		Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo		
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	FIn		
P1-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	09:18	112,1	4%	1	117,80	117,20	109,70	114,90	106,70	104,20	111,12	6,14	6%	105	117	117,2	109,7	114,90	106,7	112	4,79	4,27%	09:18	09:29		31/03/2013	
P1-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	09:21	106,1	1%	2	106,70	106,30	105,20	106,07	11,30	105,00	86,90	42,27	49%	45	129	106,7	106,3	105,2	106,07	106	0,63	0,60%	Hora de Lectura			Fleha de Lectura	
P1-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	09:25	95,2	1%	3	93,13	97,86	96,09	95,69	93,89	94,77	95,15	1,87	2%	93	97			96,09	95,69	93,89	95	1,17	1,23%	09:18	09:29		31/03/2013
P1-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	09:29	89,2	4%	4	84,62	85,57	91,23	87,14	92,69	91,47	89,12	3,73	4%	85	93			85,57	91,23	87,14	89	3,35	3,76%	09:18	09:29		

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto Nº2)																												
Muestras					4		00:07		Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo		
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	FIn		
P2-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	09:45	154,1	8%	1	144,50	172,40	167,10	161,33	143,40	150,00	155,48	13,40	9%	142	169	144,5	117,4	167,1	161,33	143,4	154	11,94	7,75%	09:45	09:52		31/03/2013
P2-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	09:48	94,6	1%	2	95,90	93,28	94,68	94,62	116,90	115,80	103,31	11,94	12%	91	115	95,9	93,28	94,68	94,62		95	1,07	1,13%	Hora de Lectura			Fleha de Lectura
P2-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	09:52	123,2	1%	3	116,00	123,20	124,90	121,37	134,60	126,80	125,10	6,70	5%	118	132			123,2	124,9	121,37	123	1,77	1,43%	09:45	09:52		31/03/2013
P2-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	09:52	102,5	6%	4	88,17	97,67	105,40	97,08	109,90	118,20	103,87	11,50	11%	92	115			97,67	105,4	97,08	103	6,21	6,06%	09:45	09:52		

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto Nº3)																												
Muestras					4		00:09		Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo		
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	FIn		
P3-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	10:00	120,1	3%	1	124,90	117,40	122,30	121,53	114,50	102,80	116,38	8,61	7%	108	125	124,9	117,4	122,3	121,53	114,5	120	4,14	3,45%	10:00	10:09		31/03/2013
P3-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	10:03	99,3	4%	2	102,50	98,62	105,90	102,34	93,66	86,93	97,52	7,47	8%	90	105	102,5	98,62		102,34	93,66	99	4,15	4,18%	Hora de Lectura			Fleha de Lectura
P3-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	10:07	115,6	7%	3	111,30	109,10	126,40	115,60	140,00	115,40	120,44	12,80	11%	108	133	111,3	109,1	126,4	115,60		116	7,69	6,65%	10:00	10:09		31/03/2013
P3-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	10:09	119,9	1%	4	134,30	118,50	107,80	120,20	121,00	121,80	120,68	9,45	8%	111	130			118,5	120,20	121	120	1,28	1,06%	10:00	10:09		

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto Nº4)																													
Muestras					4		00:24		Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo			
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	FIn			
P4-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	10:21	133,4	8%	1	151,90	143,80	126,30	140,67	122,80	126,20	134,20	12,86	10%	121	147			143,8	126,3	140,67	122,8	133	10,39	7,79%	10:21	10:45		31/03/2013
P4-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	10:24	137,6	15%	2	154,50	119,10	193,40	155,67	121,10	161,60	149,94	30,94	21%	119	181	154,5	119,1		155,67	121,1	138	20,22	14,70%	Hora de Lectura			Fleha de Lectura	
P4-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	10:28	118,4	3%	3	121,00	124,40	114,40	119,93	108,00	113,00	116,16	6,54	6%	110	123	121		114,4	119,93		118	3,54	2,99%	10:21	10:45		31/03/2013	
P4-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	10:45	111,0	8%	4	98,84	119,60	114,60	111,01	181,20	124,30	127,71	31,40	25%	96	159	98,84	119,6	114,6	111,01		111	8,85	7,97%	10:21	10:45			

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto Nº5)																													
Muestras					4		00:09		Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo			
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	FIn			
P5-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	10:36	154,0	8%	1	172,40	166,40	145,20	161,33	143,10	137,00	152,82	15,58	10%	137	168			166,4	145,2	161,33	143,1	154	11,60	7,53%	10:36	10:45		31/03/2013
P5-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	10:39	136,2	4%	2	116,50	142,70	131,80	130,33	140,00	153,70	136,94	13,85	10%	123	151			142,7	131,8	130,33	140	136	6,07	4,46%	Hora de Lectura			Fleha de Lectura
P5-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	10:43	150,8	2%	3	152,80	146,00	153,60	150,80	131,90	148,10	146,48	8,75	6%	138	155	152,8	146	153,6	150,80		151	3,41	2,26%	10:36	10:45		31/03/2013	
P5-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	10:45	172,7	2%	4	182,70	176,30	169,40	176,13	168,90	148,40	169,14	12,90	8%	156	182			176,3	169,4	176,13	168,9	173	4,09	2,37%	10:36	10:45		



PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°6)																											
Muestras 4 00:08					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo					
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	
P6-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	11:03	278,2	5%	1	289,60	285,00	260,10	278,23	247,20	285,00	273,38	18,67	7%	255	292	289,6	285	260,1	278,23	278	12,96	4,66%	11:03	11:11		31/03/2013
P6-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	11:06	420,9	8%	2	323,30	463,60	425,50	404,13	390,40	474,50	415,46	61,29	15%	354	477	463,6	425,5	404,13	390,4	421	31,92	7,58%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura
P6-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	11:10	266,2	13%	3	311,50	261,80	294,10	289,13	219,80	216,10	260,66	42,89	16%	218	304	261,8	294,1	289,13	219,8	266	34,04	12,79%	Inicio	Fin		31/03/2013
P6-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	11:11	170,4	6%	4	168,80	172,20	130,20	157,07	183,60	180,10	166,98	21,40	13%	146	188	168,8	172,2	157,07	183,6	170	10,92	6,41%	11:03	11:11		

PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°7)																											
Muestras 4 00:07					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo					
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	
P7-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	11:12	133,6	6%	1	159,30	137,40	131,10	142,60	123,20	122,90	134,78	14,97	11%	120	150	137,4	131,1	142,60	123,2	134	8,36	6,26%	11:12	11:19		31/03/2013
P7-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	11:15	122,9	3%	2	119,00	125,50	127,80	124,10	111,20	115,30	119,76	6,92	6%	113	127	119	125,5	124,10		123	3,42	2,78%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura
P7-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	11:19	111,0	2%	3	109,30	110,00	113,60	110,97	100,70	112,30	109,18	5,05	5%	104	114	109,3	110	113,6	110,97	111	1,88	1,70%	Inicio	Fin		31/03/2013
P7-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	11:19	106,6	10%	4	114,00	139,70	96,84	116,85	98,80	107,60	111,39	17,27	16%	94	129	114	96,84	116,85	98,8	107	10,26	9,62%	11:12	11:19		

PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°8)																											
Muestras 4 00:16					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo					
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	
P8-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	11:36	266,3	3%	1	249,30	258,20	286,50	264,67	276,10	270,20	268,06	14,65	5%	253	283	258,2	266,3	264,67	276,1	266	9,06	3,40%	11:36	11:52		31/03/2013
P8-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	11:39	258,4	7%	2	261,90	254,30	322,20	279,47	238,00	239,20	263,12	34,54	13%	229	298	261,9	254,3	279,47	238	258	17,21	6,66%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura
P8-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	11:43	270,0	9%	3	343,10	282,40	260,60	295,37	241,70	270,70	279,70	38,46	14%	241	318	282,4	260,6	295,37	241,7	270	23,71	8,78%	Inicio	Fin		31/03/2013
P8-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	11:52	256,3	13%	4	253,00	285,00	290,80	276,27	211,00	201,90	248,34	40,99	17%	207	289	253	285	276,27	211	256	33,09	12,91%	11:36	11:52		

PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°9)																												
Muestras 4 00:07					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo						
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P9-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	11:52	215,6	2%	1	210,90	220,00	214,80	215,23	217,30	251,30	222,86	16,25	7%	207	239	210,9	220	214,8	215,23	217,3	216	3,36	1,56%	11:52	11:59		31/03/2013
P9-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	11:55	199,3	1%	2	201,90	197,90	193,80	197,87	199,60	201,40	198,92	3,27	2%	196	202	201,9	197,9	197,87	199,6	199	1,90	0,95%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P9-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	11:59	197,7	3%	3	202,40	183,30	210,20	198,63	192,20	196,30	196,88	10,18	5%	187	202	202,4		198,63	192,2	198	5,16	2,61%	Inicio	Fin		31/03/2013	
P9-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	11:59	213,2	4%	4	217,00	208,20	243,30	222,83	204,70	211,40	216,92	15,43	7%	201	232	217	208,2	222,83	204,7	213	8,26	3,87%	11:52	11:59			

PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°10)																												
Muestras 4 00:09					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo						
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P10-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	12:15	76,1	8%	1	84,59	73,85	69,79	76,08	86,66	64,00	75,78	9,67	13%	66	85	84,59	73,85	69,79	76,08	76	6,24	8,21%	12:15	12:24		31/03/2013	
P10-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	12:18	65,9	2%	2	67,39	66,54	63,75	65,89	63,22	67,05	65,59	1,95	3%	64	68	67,39	66,54	63,75	65,89	66	1,55	2,36%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P10-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	12:22	74,5	7%	3	69,18	81,74	72,68	74,53	86,82	69,64	76,01	7,87	10%	68	84	69,18	81,74	72,68	74,53	75	5,29	7,10%	Inicio	Fin		31/03/2013	
P10-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	12:24	84,2	5%	4	87,26	92,20	82,86	87,44	79,04	71,54	82,58	7,89	10%	75	90	87,26		82,86	87,44	79,04	84	4,01	4,77%	12:15	12:24		

PerFIL Perpendicular a la orilla (Punto N°11) (misma extracción(mE))																												
Muestras 4 00:07					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				En 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo						
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P11-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	14:58	211,1	10%	1	236,30	189,20	193,80	206,43	233,10	206,80	211,84	21,87	10%	190	234			193,8	206,43	233,1	211	20,06	9,50%	14:58	15:05		31/03/2013
P11-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	15:01	198,3	8%	2	210,10	220,30	181,00	203,80	150,10	189,30	190,16	27,37	14%	163	218	210,1		181	203,80		198	15,31	7,72%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura
P11-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	15:05	185,8	6%	3	180,60	205,00	175,60	187,07	180,70	237,70	195,92	26,02	13%	170	222	180,6	205	175,6	187,07	180,7	186	11,48	6,18%	Inicio	Fin		31/03/2013
P11-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	15:05	177,9	9%	4	166,70	151,50	195,60	171,27	214,70	176,80	181,06	24,70	14%	156	206	166,7		195,6	171,27		178	15,54	8,74%	14:58	15:05		



PerFLiI Perpendicular a la orilla (Punto N°12) (mE)																													
Muestras				4				00:08				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				n 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio		desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Flin			
P12-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	15:10	132,8	16%	1	121,00	227,40	109,60	152,67	147,80	105,60	142,28	50,35	35%	92	193	121	109,6	152,67	147,8	133	20,79	15,66%	15:10	15:18		31/03/2013		
P12-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	15:13	102,1	5%	2	122,10	99,49	103,30	108,30	97,25	98,63	104,15	10,28	10%	94	114		99,49	103,3	108,30	97,25	102	4,84	4,74%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P12-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	15:17	104,1	4%	3	100,30	116,90	101,70	106,30	108,20	95,59	104,54	8,25	8%	96	113	100,3	101,7	106,30	108,2	104	3,73	3,59%			Inicio	Flin	31/03/2013	
P12-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	15:18	108,2	5%	4	112,70	123,70	104,40	113,60	101,90	91,56	106,85	12,07	11%	95	119	112,7	104,4	113,60	101,9	108	5,87	5,43%						

PerFLiI Perpendicular a la orilla (Punto N°13) (mE)																													
Muestras				4				00:07				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				n 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio		desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Flin			
P13-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	15:30	346,9	2%	1	373,00	334,60	351,60	353,07	348,50	287,90	339,12	31,76	9%	307	371		334,6	351,6	353,07	348,5	347	8,45	2,43%	15:30	15:37		31/03/2013	
P13-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	15:33	298,1	1%	2	360,00	296,50	250,50	302,33	295,50	299,80	300,46	38,99	13%	261	339		296,5		302,33	295,5	298	3,69	1,24%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P13-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	15:37	299,2	2%	3	302,40	262,00	303,50	289,30	301,40	277,80	289,42	18,69	6%	271	308	302,4		303,5	289,30	301,4	299	6,62	2,21%			Inicio	Flin	31/03/2013
P13-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	15:37	295,7	2%	4	298,40	317,00	287,60	301,00	262,70	271,50	287,44	21,56	8%	266	309	298,4		287,6	301,00		296	7,11	2,40%	15:30	15:37			

PerFLiI Perpendicular a la orilla (Punto N°14)m14																													
Muestras				4				00:11				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				n 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio		desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Flin			
P14-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	16:11	87,2	8%	1	119,30	88,69	82,71	96,90	80,37	87,73	91,76	15,78	17%	76	108		88,69	82,71	96,90	80,37	87	7,37	8,46%	16:11	16:22		31/03/2013	
P14-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	16:14	83,9	1%	2	84,66	82,76	84,25	83,89	79,39	84,48	83,11	2,21	3%	81	85	84,66	82,76	84,25	83,89		84	0,82	0,97%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P14-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	16:18	81,5	1%	3	83,18	81,04	80,34	81,52	98,04	79,30	84,38	7,77	9%	77	92	83,18	81,04	80,34	81,52		82	1,21	1,48%			Inicio	Flin	31/03/2013
P14-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	16:22	86,9	2%	4	89,87	87,56	84,59	87,34	85,10	97,84	88,99	5,38	6%	84	94	89,87	87,56	84,59	87,34	85,1	87	2,12	2,44%	16:11	16:22			

PerFLiI Perpendicular a la orilla (Punto N°15)m15																													
Muestras				4				00:08				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				n 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio		desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Flin			
P15-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	16:45	95,5	1%	1	96,37	95,14	94,89	95,47	98,33	92,70	95,49	2,07	2%	93	98	96,37	95,14	94,89	95,47		95	0,65	0,68%	16:45	16:53		31/03/2013	
P15-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	16:48	96,7	0%	2	96,03	96,90	97,12	96,68	92,43	93,02	95,10	2,22	2%	93	97	96,03	96,9	97,12	96,68		97	0,47	0,49%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P15-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	16:52	86,4	1%	3	89,46	86,74	86,60	87,60	84,80	83,30	86,18	2,32	3%	84	88	86,74	86,6	87,60	84,8		86	1,18	1,36%			Inicio	Flin	31/03/2013
P15-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	16:53	89,4	2%	4	88,54	96,75	88,47	91,25	96,44	89,02	91,84	4,34	5%	88	96	88,54		88,47	91,25		89	1,59	1,77%	16:45	16:53			

PerFLiI Perpendicular a la orilla (Punto N°13) (mE)																													
Muestras				4				00:07				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				n 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (FLuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo
Código	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio		desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Flin			
P13-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	15:30	346,9	2%	1	373,00	334,60	351,60	353,07	348,50	287,90	339,12	31,76	9%	307	371		334,6	351,6	353,07	348,5	347	8,45	2,43%	15:30	15:37		31/03/2013	
P13-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	15:33	298,1	1%	2	360,00	296,50	250,50	302,33	295,50	299,80	300,46	38,99	13%	261	339		296,5		302,33	295,5	298	3,69	1,24%			Hora de Lectura	Fleha de Lectura	
P13-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	15:37	299,2	2%	3	302,40	262,00	303,50	289,30	301,40	277,80	289,42	18,69	6%	271	308	302,4		303,5	289,30	301,4	299	6,62	2,21%			Inicio	Flin	31/03/2013
P13-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	15:37	295,7	2%	4	298,40	317,00	287,60	301,00	262,70	271,50	287,44	21,56	8%	266	309	298,4		287,6	301,00		296	7,11	2,40%	15:30	15:37			



PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto N°14)m14																												
Muestras 4 00:11				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				Con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (Fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo							
Codigo	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro		Desvio	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P14-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	16:11	87,2	8%	1	119,30	88,69	82,71	96,90	80,37	87,73	91,76	15,78	17%	76	108		88,69	82,71	96,90	80,37		87	7,37	8,46%	16:11	16:22	31/03/2013
P14-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	16:14	83,9	1%	2	84,66	82,76	84,25	83,89	79,39	84,48	83,11	2,21	3%	81	85		84,66	82,76	84,25	83,89		84	0,82	0,97%			Fleha de Lectura
P14-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	16:18	81,5	1%	3	83,18	81,04	80,34	81,52	98,04	79,30	84,38	7,77	9%	77	92		83,18	81,04	80,34	81,52		82	1,21	1,48%	Inicio	Fin	31/03/2013
P14-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	16:22	86,9	2%	4	89,87	87,56	84,59	87,34	85,10	97,84	88,99	5,38	6%	84	94		89,87	87,56	84,59	87,34	85,10	87	2,12	2,44%	16:11	16:22	

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto N°18)																												
Muestras 4 00:07				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				Con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (Fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo							
Codigo	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro		Desvio	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P18-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	18:10	231,4	4%	1	251,00	232,60	234,40	239,33	219,20	221,30	231,70	12,70	5%	219	244		232,60	234,40	239,33	219,20		231	8,61	3,72%	18:10	18:17	31/03/2013
P18-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	18:13	176,7	4%	2	163,90	170,10	189,70	174,57	185,40	172,50	176,32	10,83	6%	165	187							177	7,87	4,45%			Fleha de Lectura
P18-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	18:17	165,8	3%	3	161,20	173,40	162,90	165,83	190,80	177,20	173,10	12,00	7%	161	185		161,20	173,40	162,90	165,83		166	5,40	3,25%	Inicio	Fin	31/03/2013
P18-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	18:17	174,9	1%	4	186,20	173,30	166,30	175,27	176,10	173,00	174,98	7,23	4%	168	182		173,30	175,27	176,10		175	1,44	0,82%	18:10	18:17		

PerFLII Perpendicular a la orilla (Punto N°19) PrefLectura Mocoretá																													
Muestras 4 00:07				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				Con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (Fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo								
Codigo	Flecha	Hora Aprox.	Parámetro		Desvio	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin			
P19-SG-PT-FL-01-00-01	31/03/2013	19:20	104,6	4%	1	120,70	105,40	99,70	108,60	95,83	108,50	106,03	9,56	9%	96	116		105,40	99,70	108,60		105	4,51	4,31%	19:20	19:27	31/03/2013		
P19-SG-PT-FL-02-00-01	31/03/2013	19:23	103,2	1%	2	103,20	109,50	102,90	105,20	101,60	99,72	103,38	3,68	4%	100	107		103,20	102,90	105,20	101,60		103	1,49	1,44%			Fleha de Lectura	
P19-SG-PT-FL-03-03-01	31/03/2013	19:27	94,3	3%	3	99,71	97,60	91,61	96,31	91,79	94,04	94,95	3,59	4%	91	99			97,60	91,61	96,31	91,79		94	3,08	3,26%	Inicio	Fin	31/03/2013
P19-SG-PT-FL-04-06-01	31/03/2013	19:27	99,2	1%	4	102,00	98,36	100,10	100,15	98,15	97,05	99,13	1,94	2%	97	101		98,36	100,10	100,15	98,15		99	1,08	1,09%	19:20	19:27		

Muestreo 21/04/2013

Punto N° 1 Lat: Long																												
Muestras 4 00:20				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				Con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo							
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro		Desvio	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P1-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	09:55	97,1	2%	1	94,92	96,69	99,79	97,13	0,00	0,00	97,13	53,23	55%	44	150		94,92	96,69	99,79	97,13		97	2,01	2,07%	09:55	10:15	21/04/2013
P1-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	10:01	88,9	1%	2	90,61	88,10	88,02	88,91	0,00	0,00	88,91	48,71	55%	40	138		90,61	88,10	88,02	88,91		89	1,20	1,35%			Fleha de Lectura
P1-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	10:08	88,5	3%	3	87,94	91,53	85,98	88,48	0,00	0,00	88,48	48,51	55%	40	137		87,94	91,53	85,98	88,48		88	2,30	2,60%			Fleha de Lectura
P1-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	10:15	96,5	1%	4	95,00	97,31	97,31	96,54	0,00	0,00	96,54	52,89	55%	44	149		95	97,31	97,31	96,54		97	1,09	1,13%	09:55	10:15	21/04/2013

Punto N° 2 Lat: Long																												
Muestras 4 00:12				Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				Con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fleha de Muestreo							
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro		Desvio	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin		
P2-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	10:33	113,7	5%	1	111,30	121,00	108,90	113,73	0,00	0,00	113,73	62,46	55%	51	176		111,30	121,00	108,90	113,73		114	5,23	4,60%	10:33	10:45	21/04/2013
P2-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	10:39	119,4	20%	2	89,31	119,80	149,00	119,37	0,00	0,00	119,37	68,70	58%	51	188		89,31	119,80	149	119,37		119	24,37	20,42%			Fleha de Lectura
P2-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	10:46	98,5	6%	3	91,47	98,00	105,90	98,46	0,00	0,00	98,46	54,17	55%	44	153		91,47	98	105,90	98,46		98	5,90	5,99%			Fleha de Lectura
P2-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	10:45	100,0	10%	4	86,86	110,80	102,30	99,99	0,00	0,00	99,99	55,43	55%	45	155		86,86	110,80	102,30	99,99		100	9,91	9,91%	10:33	10:45	21/04/2013



Punto N°3 Lat: Long																										
Muestras					4		00:10		Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio		Fin
P3-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	10:55	79,3	11%	1	91,67	72,64	73,72	79,34	0,00	0,00	79,34	44,11	56%	35	123	91,67	72,64	73,72	79,34	79	8,73	11,00%	10:55	11:05	21/04/2013
P3-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	11:01	67,7	4%	2	67,41	70,89	64,67	67,66	0,00	0,00	67,66	37,12	55%	31	105	67,41	70,89	64,67	67,66	68	2,55	3,78%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P3-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	11:08	76,7	6%	3	78,50	80,74	70,88	76,71	0,00	0,00	76,71	42,17	55%	35	119	78,5	80,74	70,88	76,71	77	4,22	5,50%	Inicio	Fin	21/04/2013
P3-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	11:05	67,9	1%	4	68,03	67,18	68,53	67,91	0,00	0,00	67,91	37,20	55%	31	105	68,03	67,18	68,53	67,91	68	0,56	0,82%	10:55	11:05	

Punto N°4 Lat: Long																										
Muestras					4		00:10		Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio		Fin
P4-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	11:18	174,2	3%	1	178,20	178,60	165,80	174,20	0,00	0,00	174,20	95,55	55%	79	270	178,2	178,6	165,8	174,20	174	5,94	3,41%	11:18	11:28	21/04/2013
P4-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	11:24	140,4	9%	2	157,50	135,60	128,00	140,37	0,00	0,00	140,37	77,64	55%	63	218	157,5	135,6	128	140,37	140	12,51	8,91%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P4-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	11:31	292,8	8%	3	290,00	267,00	321,40	292,80	0,00	0,00	292,80	161,53	55%	131	454	290	267	321,4	292,80	293	22,30	7,62%	Inicio	Fin	21/04/2013
P4-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	11:28	274,1	12%	4	239,90	265,80	316,50	274,07	0,00	0,00	274,07	152,62	56%	121	427	239,9	265,8	316,5	274,07	274	31,81	11,61%	11:18	11:28	

Punto N°5 Lat: Long																										
Muestras					4		00:11		Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio		Fin
P5-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	11:32	59,4	8%	1	57,61	65,61	54,92	59,38	0,00	0,00	59,38	32,76	55%	27	92	57,61	65,61	54,92	59,38	59	4,54	7,65%	11:32	11:43	21/04/2013
P5-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	11:38	57,5	6%	2	52,88	57,80	61,67	57,45	0,00	0,00	57,45	31,62	55%	26	89	52,88	57,8	61,67	57,45	57	3,60	6,26%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P5-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	11:45	59,3	13%	3	54,77	69,89	53,16	59,27	0,00	0,00	59,27	33,11	56%	26	92	54,77	69,89	53,16	59,27	59	7,54	12,71%	Inicio	Fin	21/04/2013
P5-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	11:43	68,7	15%	4	55,78	80,20	70,17	68,72	0,00	0,00	68,72	38,63	56%	30	107	55,78	80,2	70,17	68,72	69	10,02	14,58%	11:32	11:43	

Punto N°6 Lat: Long																										
Muestras					4		00:20		Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio		Fin
P6-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	11:45	176,5	9%	1	157,60	196,10	175,80	176,50	0,00	0,00	176,50	97,63	55%	79	274	157,6	196,1	175,8	176,50	177	15,73	8,91%	11:45	12:05	21/04/2013
P6-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	11:51	296,0	29%	2	173,00	362,60	352,50	296,03	0,00	0,00	296,03	178,83	60%	117	475	173	362,6	352,5	296,03	296	87,10	29,42%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P6-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	11:58	281,3	34%	3	144,70	346,15	353,10	281,32	0,00	0,00	281,32	175,35	62%	106	457	144,7	346,15	353,1	281,32	281	96,64	34,35%	Inicio	Fin	21/04/2013
P6-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	12:05	485,3	51%	4	227,50	821,40	407,10	485,33	0,00	0,00	485,33	342,12	70%	143	827	227,5	821,4	407,1	485,33	485	248,69	51,24%	11:45	12:05	

Punto N°7 Lat: Long																										
Muestras					4		00:15		Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	1	2	3	Promedio		4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio		Fin
P7-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	12:10	78,3	7%	1	75,74	85,93	73,36	78,34	0,00	0,00	78,34	43,17	55%	35	122	75,74	85,93	73,36	78,34	78	5,45	6,96%	12:10	12:25	21/04/2013
P7-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	12:16	73,0	4%	2	77,26	71,56	70,15	72,99	0,00	0,00	72,99	40,07	55%	33	113	77,26	71,56	70,15	72,99	73	3,07	4,21%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P7-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	12:23	61,5	2%	3	63,65	60,22	60,74	61,54	0,00	0,00	61,54	33,73	55%	28	95	63,65	60,22	60,74	61,54	62	1,51	2,45%	Inicio	Fin	21/04/2013
P7-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	12:25	49,7	2%	4	49,76	51,13	48,31	49,73	0,00	0,00	49,73	27,26	55%	22	77	49,76	51,13	48,31	49,73	50	1,15	2,32%	12:10	12:25	



Punto N°7 Lat: Long																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:15					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P7-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	12:10	78,3	7%	1	75,74	85,93	73,36	78,34	0,00	0,00	78,34	43,17	55%	35	122	75,74	85,93	73,36	78,34	78	5,45	6,96%	12:10	12:25	21/04/2013
P7-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	12:16	73,0	4%	2	77,26	71,56	70,15	72,99	0,00	0,00	72,99	40,07	55%	33	113	77,26	71,56	70,15	72,99	73	3,07	4,21%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P7-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	12:23	61,5	2%	3	63,65	60,22	60,74	61,54	0,00	0,00	61,54	33,73	55%	28	95	63,65	60,22	60,74	61,54	62	1,51	2,45%	Inicio	Fin	21/04/2013
P7-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	12:25	49,7	2%	4	49,76	51,13	48,31	49,73	0,00	0,00	49,73	27,26	55%	22	77	49,76	51,13	48,31	49,73	50	1,15	2,32%	12:10	12:25	

Punto N°8 Lat: Long																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:20					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P8-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	12:40	689,8	4%	1	728,60	658,40	682,40	689,80	0,00	0,00	689,80	378,66	55%	311	1068	728,60	658,40	682,40	689,80	690	29,13	4,22%	12:40	13:00	21/04/2013
P8-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	12:46	774,6	10%	2	720,00	886,60	717,10	774,57	0,00	0,00	774,57	429,76	55%	345	1204	720	886,60	717,10	774,57	775	79,23	10,23%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P8-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	12:53	796,3	6%	3	862,40	747,00	779,50	796,30	0,00	0,00	796,30	438,18	55%	358	1234	862,40	747	779,50	796,30	796	48,59	6,10%	Inicio	Fin	21/04/2013
P8-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	13:00	398,7	16%	4	393,00	324,70	478,30	398,67	0,00	0,00	398,67	225,04	56%	174	624	393	324,70	478,30	398,67	399	62,83	15,76%	12:40	13:00	

Punto N°9 Lat: Long																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:10					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P9-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	13:10	167,3	0%	1	167,20	167,70	167,10	167,33	0,00	0,00	167,33	91,65	55%	76	259	167,20	167,70	167,10	167,33	167	0,26	0,16%	13:10	13:20	21/04/2013
P9-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	13:16	182,1	3%	2	178,00	190,70	177,60	182,10	0,00	0,00	182,10	99,88	55%	82	282	178	190,70	177,60	182,10	182	6,08	3,34%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P9-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	13:23	173,7	5%	3	162,50	179,00	179,70	173,73	0,00	0,00	173,73	95,41	55%	78	269	162,50	179	179,70	173,73	174	7,95	4,58%	Inicio	Fin	21/04/2013
P9-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	13:20	165,5	1%	4	167,60	163,10	165,70	165,47	0,00	0,00	165,47	90,64	55%	75	256	167,60	163,10	165,70	165,47	165	1,84	1,11%	13:10	13:20	

Punto N°10 Lat: Long9																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:10					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P10-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	13:35	459,3	9%	1	422,60	434,70	520,60	459,30	0,00	0,00	459,30	254,39	55%	205	714	422,60	434,70	520,60	459,30	459	43,63	9,50%	13:35	13:45	21/04/2013
P10-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	13:41	591,4	6%	2	565,90	569,80	638,40	591,37	0,00	0,00	591,37	325,19	55%	266	917	565,90	569,80	638,40	591,37	591	33,30	5,63%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P10-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	13:48	157,0	15%	3	180,50	164,40	126,00	156,97	0,00	0,00	156,97	88,22	56%	69	245	180,50	164,40	126	156,97	157	22,86	14,56%	Inicio	Fin	21/04/2013
P10-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	13:45	145,0	11%	4	130,60	136,30	168,20	145,03	0,00	0,00	145,03	80,72	56%	64	226	130,60	136,30	168,20	145,03	145	16,55	11,41%	13:35	13:45	

Punto N°11 Lat: Long																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:18					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P11-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	14:42	261,9	18%	1	250,50	325,70	209,50	261,90	0,00	0,00	261,90	149,38	57%	113	411	250,50	325,70	209,50	261,90	262	48,12	18,37%	14:42	15:00	
P11-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	14:48	193,1	6%	2	208,30	182,10	188,80	193,07	0,00	0,00	193,07	106,18	55%	87	299	208,30	182,10	188,80	193,07	193	11,11	5,76%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P11-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	14:55	461,3	5%	3	478,50	476,80	428,60	461,30	0,00	0,00	461,30	253,46	55%	208	715	478,50	476,80	428,60	461,30	461	23,13	5,01%	Inicio	Fin	00/01/1900
P11-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	15:00	178,4	11%	4	190,40	194,20	150,50	178,37	0,00	0,00	178,37	99,18	56%	79	278	190,40	194,20	150,50	178,37	178	19,77	11,08%	14:42	15:00	

Punto N°12 Lat: Long																										
Muestras					Lectura de muestra																			Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo
4 00:10					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin					
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat
P12-SG-PT-FL-01-00-01	21/04/2013	14:00	221,9	3%	1	230,50	212,10	223,10	221,90	0,00	0,00	221,90	121,72	55%	100	344	230,50	212,10	223,10	221,90	222	7,56	3,41%	14:00	14:10	
P12-SG-PT-FL-02-00-01	21/04/2013	14:06	85,8	9%	2	79,19	81,12	97,23	85,85	0,00	0,00	85,85	47,54	55%	38	133	79,19	81,12	97,23	85,85	86	8,09	9,42%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P12-SG-PT-FL-03-03-01	21/04/2013	14:13	82,2	3%	3	84,64	79,37	82,64	82,22	0,00	0,00	82,22	45,07	55%	37	127	84,64	79,37	82,64	82,22	82	2,17	2,64%	Inicio	Fin	00/01/1900
P12-SG-PT-FL-04-06-01	21/04/2013	14:10	93,5	4%	4	89,39	92,40	98,80	93,53	0,00	0,00	93,53	51,34	55%	42	145	89,39	92,40	98,80	93,53	94	3,92	4,20%	14:00	14:10	



Muestreo05/05/2013

Punto N°1 Lat: Long Tortuga Alegre																											
Muestras 4 00:06					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P1-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	08:15	47,8	4%	1	47,07	46,02	50,22	47,77	0,00	0,00	47,77	26,21	55%	22	74	47,07	46,02	50,22	47,77		47,8	1,78	3,74%	08:15	08:21	05/05/2013
P1-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	08:17	49,8	2%	2	49,28	51,23	49,03	49,85	0,00	0,00	49,85	27,32	55%	23	77	49,28	51,23	49,03	49,85		49,8	0,98	1,97%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P1-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	08:19	59,7	6%	3	57,35	64,55	57,17	59,69	0,00	0,00	59,69	32,83	55%	27	93	57,35	64,55	57,17	59,69		59,7	3,44	5,76%	Inicio	Fin	05/05/2013
P1-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	08:21	50,9	2%	4	52,09	50,32	50,20	50,87	0,00	0,00	50,87	27,87	55%	23	79	52,09	50,32	50,20	50,87		50,9	0,86	1,70%	08:15	08:21	

Punto N°2 Lat: Long																											
Muestras 4 00:08					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P2-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	09:40	42,3	2%	1	42,99	41,17	42,85	42,34	0,00	0,00	42,34	23,20	55%	19	66	42,99	41,17	42,85	42,34		42	0,83	1,95%	09:40	09:48	05/05/2013
P2-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	09:42	46,1	11%	2	53,51	42,94	41,72	46,06	0,00	0,00	46,06	25,64	55%	20	72	53,51	42,94	41,72	46,06		46	5,29	11,49%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P2-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	09:44	48,0	6%	3	51,51	44,59	47,82	47,97	0,00	0,00	47,97	26,39	55%	22	74	51,51	44,59	47,82	47,97		48	2,83	5,89%	Inicio	Fin	05/05/2013
P2-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	09:48	43,7	8%	4	48,81	42,16	40,24	43,74	0,00	0,00	43,74	24,17	55%	20	68	48,81	42,16	40,24	43,74		44	3,67	8,40%	09:40	09:48	

Punto N°3 Lat: Long costanera circrdia																											
Muestras 4 00:06					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P3-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	10:25	38,2	6%	1	36,03	36,88	41,55	38,15	0,00	0,00	38,15	21,00	55%	17	59	36,03	36,88	41,55	38,15		38	2,43	6,36%	10:25	10:31	21/04/2013
P3-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	10:27	35,2	8%	2	32,97	39,39	33,22	35,19	0,00	0,00	35,19	19,45	55%	16	55	32,97	39,39	33,22	35,19		35	2,97	8,44%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P3-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	10:29	35,1	4%	3	34,85	36,76	33,75	35,12	0,00	0,00	35,12	19,27	55%	16	54	34,85	36,76	33,75	35,12		35	1,24	3,54%	Inicio	Fin	21/04/2013
P3-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	10:31	35,1	4%	4	33,26	36,00	35,93	35,06	0,00	0,00	35,06	19,24	55%	16	54	33,26	36	35,93	35,06		35	1,28	3,64%	10:25	10:31	

Punto N°4 Lat: Long Aº Yuqueri																											
Muestras 4 00:10					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P4-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	11:27	104,8	0%	1	104,20	104,80	105,30	104,77	0,00	0,00	104,77	57,38	55%	47	162	104,2	104,8	105,3	104,77		105	0,45	0,43%	11:27	11:37	05/05/2013
P4-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	11:29	106,6	0%	2	106,60	106,40	106,90	106,63	0,00	0,00	106,63	58,41	55%	48	165	106,6	106,4	106,9	106,63		107	0,21	0,19%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P4-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	11:31	108,0	0%	3	108,40	108,30	107,40	108,03	0,00	0,00	108,03	59,17	55%	49	167	108,4	108,3	107,4	108,03		108	0,45	0,42%	Inicio	Fin	05/05/2013
P4-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	11:37	117,2	3%	4	121,60	112,90	117,00	117,17	0,00	0,00	117,17	64,25	55%	53	181	121,6	112,9	117	117,17		117	3,55	3,03%	11:27	11:37	

Punto N°5 Lat: Long Nueva Escocia																											
Muestras 4 00:05					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P5-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	12:30	58,2	3%	1	60,38	57,83	56,38	58,20	0,00	0,00	58,20	31,91	55%	26	90	60,38	57,83	56,38	58,20		58	1,65	2,84%	12:30	12:35	05/05/2013
P5-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	12:32	56,6	1%	2	57,57	55,82	56,27	56,55	0,00	0,00	56,55	30,98	55%	26	88	57,57	55,82	56,27	56,55		57	0,74	1,31%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P5-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	12:34	55,8	3%	3	58,06	55,32	54,16	55,85	0,00	0,00	55,85	30,62	55%	25	86	58,06	55,32	54,16	55,85		56	1,64	2,93%	Inicio	Fin	05/05/2013
P5-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	12:35	65,5	1%	4	65,31	64,67	66,37	65,45	0,00	0,00	65,45	35,85	55%	30	101	65,31	64,67	66,37	65,45		65	0,70	1,07%	12:30	12:35	



Punto N°6 Lat: Long El palmar RU																											
Muestras					Lectura de muestra															Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
4 00:08					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin						
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P6-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	15:24	72,4	1%	1	72,77	73,08	71,41	72,42	0,00	0,00	72,42	39,67	55%	33	112	72,77	73,08	71,41	72,42		72	0,73	1,00%	15:24	15:32	05/05/2013
P6-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	15:26	79,3	4%	2	83,99	77,22	76,76	79,32	0,00	0,00	79,32	43,54	55%	36	123	83,99	77,22	76,76	79,32		79	3,31	4,17%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P6-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	15:28	71,0	0%	3	71,19	70,80	70,91	70,97	0,00	0,00	70,97	38,87	55%	32	110	71,19	70,80	70,91	70,97		71	0,16	0,23%	Inicio Fin		
P6-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	15:32	75,0	2%	4	76,83	73,73	74,45	75,00	0,00	0,00	75,00	41,10	55%	34	116	76,83	73,73	74,45	75,00		75	1,32	1,77%	15:24	15:32	05/05/2013

Punto N°7 Lat: Long El palmar, A° el palmar																											
Muestras					Lectura de muestra															Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
4 00:10					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin						
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P7-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	15:52	83,2	2%	1	85,54	82,01	82,03	83,19	0,00	0,00	83,19	45,59	55%	38	129	85,54	82,01	82,03	83,19		83	1,66	1,99%	15:52	16:02	05/05/2013
P7-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	15:54	82,9	1%	2	84,03	82,52	82,18	82,91	0,00	0,00	82,91	45,42	55%	37	128	84,03	82,52	82,18	82,91		83	0,80	0,97%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P7-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	15:56	85,6	0%	3	86,04	85,29	85,40	85,58	0,00	0,00	85,58	46,87	55%	39	132	86,04	85,29	85,40	85,58		86	0,33	0,39%	Inicio Fin		
P7-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	16:02	85,2	1%	4	85,99	84,77	84,86	85,21	0,00	0,00	85,21	46,67	55%	39	132	85,99	84,77	84,86		85	0,68	0,80%	15:52	16:02	05/05/2013	

Punto N°8 Lat: Long Playa Colon																											
Muestras					Lectura de muestra															Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
4 00:07					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin						
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P8-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	17:09	70,5	4%	1	72,95	71,58	67,11	70,55	0,00	0,00	70,55	38,70	55%	32	109	72,95	71,58	67,11	70,55		71	2,49	3,53%	17:09	17:16	05/05/2013
P8-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	17:11	67,0	1%	2	67,83	66,24	66,86	66,98	0,00	0,00	66,98	36,69	55%	30	104	67,83	66,24	66,86	66,98		67	0,65	0,98%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P8-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	17:13	74,3	5%	3	77,21	69,30	76,25	74,25	0,00	0,00	74,25	40,78	55%	33	115	77,21	69,30	76,25	74,25		74	3,52	4,75%	Inicio Fin		
P8-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	17:16	74,6	11%	4	86,00	69,51	68,30	74,60	0,00	0,00	74,60	41,46	56%	33	116	86,00	69,51	68,30	74,60		75	8,07	10,82%	17:09	17:16	05/05/2013

Punto N°9 Lat: Long PELAY																											
Muestras					Lectura de muestra															Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
4 00:05					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin						
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P9-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	17:48	49,6	14%	1	57,87	49,97	40,92	49,59	0,00	0,00	49,59	27,81	56%	22	77	57,87	49,97	40,92	49,59		50	6,93	13,97%	17:48	17:53	09/05/2013
P9-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	17:50	43,4	6%	2	46,88	43,04	40,17	43,36	0,00	0,00	43,36	23,87	55%	19	67	46,88	43,04	40,17	43,36		43	2,75	6,34%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P9-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	17:52	40,0	3%	3	41,50	39,27	39,25	40,01	0,00	0,00	40,01	21,93	55%	18	62	41,50	39,27	39,25	40,01		40	1,06	2,64%	Inicio Fin		
P9-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	17:53	41,1	2%	4	40,80	40,34	42,04	41,06	0,00	0,00	41,06	22,50	55%	19	64	40,80	40,34	42,04	41,06		41	0,72	1,75%	17:48	17:53	09/05/2013

Punto N°10 Lat: Long9 ITAPE																											
Muestras					Lectura de muestra															Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
4 00:08					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Inicio	Fin						
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3				4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P10-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	19:12	44,6	7%	1	48,35	44,29	41,04	44,56	0,00	0,00	44,56	24,54	55%	20	69	48,35	44,29	41,04	44,56		45	2,99	6,71%	19:12	19:20	09/05/2013
P10-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	19:14	46,5	13%	2	55,17	41,45	42,85	46,49	0,00	0,00	46,49	26,02	56%	20	73	55,17	41,45	42,85	46,49		46	6,16	13,26%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P10-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	19:16	42,2	3%	3	41,18	41,70	43,65	42,18	0,00	0,00	42,18	23,12	55%	19	65	41,18	41,70	43,65	42,18		42	1,06	2,52%	Inicio Fin		
P10-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	19:20	57,3	9%	4	64,24	53,49	54,03	57,25	0,00	0,00	57,25	31,65	55%	26	89	64,24	53,49	54,03	57,25		57	4,95	8,64%	19:12	19:20	09/05/2013



Punto Nº11 Lat: Long Coloni Elia																											
Muestras 4 00:06					Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P11-RU-PT-FL-01-00-01	09/05/2013	16:40	75,6	2%	1	76,60	73,25	77,01	75,62	0,00	0,00	75,62	41,44	55%	34	117	76,6	73,25	77,01	75,62		76	1,68	2,23%	16:40	16:46	09/05/2013
P11-RU-PT-FL-02-00-01	09/05/2013	16:42	47,3	4%	2	49,10	48,37	44,34	47,27	0,00	0,00	47,27	25,95	55%	21	73	49,1	48,37	44,34	47,27		47	2,09	4,43%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P11-RU-PT-FL-03-03-01	09/05/2013	16:44	47,6	1%	3	47,24	47,24	48,26	47,58	0,00	0,00	47,58	26,06	55%	22	74	47,24	47,24	48,26	47,58		48	0,48	1,01%	Inicio	Fin	09/05/2013
P11-RU-PT-FL-04-06-01	09/05/2013	16:46	45,4	4%	4	47,55	43,16	45,51	45,41	0,00	0,00	45,41	24,92	55%	20	70	47,55	43,16	45,51	45,41		45	1,79	3,95%	16:40	16:46	

Punto Nº12 Lat: Long Gualaguaychu, Ñandubaisal																											
Muestras 4 00:10					Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P12-RU-PT-FL-01-00-01	05/05/2013	19:05	142,1	1%	1	143,00	142,90	140,50	142,13	0,00	0,00	142,13	77,86	55%	64	220	143	142,9	140,5	142,13		142	1,16	0,81%	19:05	19:15	05/05/2013
P12-RU-PT-FL-02-00-01	05/05/2013	19:07	169,0	7%	2	155,00	169,80	182,30	169,03	0,00	0,00	169,03	93,09	55%	76	262	155	169,8	182,3	169,03		169	11,16	6,60%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P12-RU-PT-FL-03-03-01	05/05/2013	19:09	169,3	3%	3	168,50	175,30	164,20	169,33	0,00	0,00	169,33	92,83	55%	77	262	168,5	175,3	164,2	169,33		169	4,57	2,70%	Inicio	Fin	05/05/2013
P12-RU-PT-FL-04-06-01	05/05/2013	19:15	193,1	6%	4	179,50	206,50	193,40	193,13	0,00	0,00	193,13	106,21	55%	87	299	179,5	206,5	193,4	193,13		193	11,02	5,71%	19:05	19:15	

Muestreo 26/01/2014

Punto Nº 1 Lat: Long Balneario Camping Santa Ana																											
Muestras 4 00:10					Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P1-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	08:00	45,9	1%	1	45,95	45,49	47,50	46,31			46,31	1,05	2%	45	47	45,95	45,49		46,31		45,9	0,41	0,90%	08:00	08:10	26/01/2014
P1-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	08:03	43,1	1%	2	42,56	44,26	43,32	43,38			43,38	0,85	2%	43	44	42,56		43,32	43,38		43,1	0,46	1,06%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P1-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	08:06	44,9	1%	3	44,29	46,48	45,04	45,27			45,27	1,11	2%	44	46	44,29		45,04	45,27		44,9	0,51	1,14%	Inicio	Fin	26/01/2014
P1-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	08:10	43,8	7%	4	40,31	45,26	51,93	45,83			45,83	5,83	13%	40	52	40,31	45,26		45,83		43,8	3,04	6,93%	08:00	08:10	

Punto Nº2 Lat: Long Federación puente																											
Muestras 4 00:10					Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P2-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	09:10	252,2	14%	1	202,80	273,00	280,70	252,17	0,00	0,00	252,17	141,41	56%	111	394	202,8	273	280,7	252,17		252	35,05	13,90%	09:10	09:20	26/01/2014
P2-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	09:13	162,5	18%	2	129,40	158,10	200,00	162,50	0,00	0,00	162,50	92,48	57%	70	255	129,4	158,1	200	162,50		163	28,99	17,84%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P2-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	09:16	171,8	36%	3	85,48	203,50	226,40	171,79	0,00	0,00	171,79	108,23	63%	64	280	85,48	203,5	226,4	171,79		172	61,74	35,94%	Inicio	Fin	26/01/2014
P2-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	09:20	100,8	18%	4	86,71	88,97	126,60	100,76	0,00	0,00	100,76	57,42	57%	43	158	86,71	88,97	126,6	100,76		101	18,29	18,16%	09:10	09:20	

Punto Nº3 Lat: A° Gualaguaycito																											
Muestras 4 00:15					Muestra Nº	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo					
Codigo	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P3-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	09:45	465,7	1%	1	462,00	465,40	469,60	465,67	0,00	0,00	465,67	255,07	55%	211	721	462	465,4	469,6	465,67		466	3,11	0,67%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P3-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	09:50	430,3	2%	2	440,00	422,80	428,10	430,30	0,00	0,00	430,30	235,77	55%	195	666	440	422,8	428,1	430,30		430	7,19	1,67%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P3-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	09:55	440,5	2%	3	428,10	452,10	441,20	440,47	0,00	0,00	440,47	241,40	55%	199	682	428,1	452,1	441,2	440,47		440	9,81	2,23%	Inicio	Fin	26/01/2014
P3-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	10:00	466,0	4%	4	441,20	468,60	488,30	466,03	0,00	0,00	466,03	255,80	55%	210	722	441,2	468,6	488,3	466,03		466	19,31	4,14%	09:45	10:00	



Punto N°4 Lat: Bañerío camping (aguas arriba embalse)																											
Muestras 4				00:20				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P4-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	10:20	31,8	2%	1	32,62	30,89	32,02	31,84	0,00	0,00	31,84	17,45	55%	14	49	32,62	30,89	32,02	31,84	32	0,72	2,25%	10:20	10:40	26/01/2014	
P4-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	10:26	41,6	13%	2	49,15	37,13	38,47	41,58	0,00	0,00	41,58	23,25	56%	18	65	49,15	37,13	38,47	41,58	42	5,38	12,93%	10:26	10:46	26/01/2014	
P4-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	10:33	44,3	5%	3	44,01	46,98	42,02	44,34	0,00	0,00	44,34	24,35	55%	20	69	44,01	46,98	42,02	44,34	44	2,04	4,60%	10:33	10:53	26/01/2014	
P4-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	10:40	31,8	8%	4	35,13	29,51	30,88	31,84	0,00	0,00	31,84	17,56	55%	14	49	35,13	29,51	30,88	31,84	32	2,39	7,51%	10:20	10:40	26/01/2014	

Punto N°5 Lat: Long: Bañerío camping La Tortuga Alegre																											
Muestras 4				00:15				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P5-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	10:55	30,5	9%	1	34,48	29,03	28,03	30,51	0,00	0,00	30,51	16,89	55%	14	47	34,48	29,03	28,03	30,51	31	2,83	9,29%	10:55	11:10	26/01/2014	
P5-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	11:00	30,4	6%	2	32,52	30,53	28,28	30,44	0,00	0,00	30,44	16,74	55%	14	47	32,52	30,53	28,28	30,44	30	1,73	5,69%	11:00	11:15	26/01/2014	
P5-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	11:05	31,3	16%	3	35,13	34,39	24,31	31,28	0,00	0,00	31,28	17,66	56%	14	49	35,13	34,39	24,31	31,28	31	4,94	15,78%	11:05	11:20	26/01/2014	
P5-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	11:10	28,7	1%	4	29,15	28,71	28,26	28,71	0,00	0,00	28,71	15,73	55%	13	44	29,15	28,71	28,26	28,71	29	0,36	1,27%	10:55	11:10	26/01/2014	

Punto N°6 Lat: Long Costanera Concoria																											
Muestras 4				00:15				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P6-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	11:45	51,6	0%	1	51,81	51,65	51,30	51,59	0,00	0,00	51,59	28,26	55%	23	80	51,81	51,65	51,30	51,59	52	0,21	0,41%	11:45	12:00	26/01/2014	
P6-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	11:50	40,7	5%	2	37,82	42,69	41,51	40,67	0,00	0,00	40,67	22,35	55%	18	63	37,82	42,69	41,51	40,67	41	2,07	5,10%	11:45	12:00	26/01/2014	
P6-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	11:55	34,9	1%	3	35,29	34,81	34,58	34,89	0,00	0,00	34,89	19,11	55%	16	54	35,29	34,81	34,58	34,89	35	0,30	0,85%	11:45	12:00	26/01/2014	
P6-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	12:00	36,9	1%	4	37,20	37,10	36,38	36,89	0,00	0,00	36,89	20,21	55%	17	57	37,20	37,10	36,38	36,89	37	0,37	0,99%	11:45	12:00	26/01/2014	

Punto N°7 Lat: Long Puerto Ye01-14a																											
Muestras 4				00:15				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P7-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	12:45	34,7	1%	1	35,00	34,74	34,37	34,70	0,00	0,00	34,70	19,01	55%	16	54	35	34,74	34,37	34,70	35	0,26	0,74%	12:45	13:00	26/01/2014	
P7-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	12:50	34,2	2%	2	34,73	33,32	34,63	34,23	0,00	0,00	34,23	18,75	55%	15	53	34,73	33,32	34,63	34,23	34	0,64	1,88%	12:45	13:00	26/01/2014	
P7-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	12:55	34,8	7%	3	37,82	34,86	31,78	34,82	0,00	0,00	34,82	19,19	55%	16	54	37,82	34,86	31,78	34,82	35	2,47	7,08%	12:45	13:00	26/01/2014	
P7-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	13:00	33,2	8%	4	35,88	29,38	34,25	33,17	0,00	0,00	33,17	18,32	55%	15	51	35,88	29,38	34,25	33,17	33	2,76	8,32%	12:45	13:00	26/01/2014	

Punto N°8 Lat: Long liebgi																											
Muestras 4				00:15				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P8-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	14:50	37,9	0%	1	37,66	38,09	37,90	37,88	0,00	0,00	37,88	20,75	55%	17	59	37,66	38,09	37,9	37,88	38	0,18	0,46%	14:50	15:05	26/01/2014	
P8-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	14:55	39,1	3%	2	40,55	38,55	38,30	39,13	0,00	0,00	39,13	21,45	55%	18	61	40,55	38,55	38,3	39,13	39	1,01	2,57%	14:50	15:05	26/01/2014	
P8-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	15:00	39,1	1%	3	38,89	38,91	39,57	39,12	0,00	0,00	39,12	21,43	55%	18	61	38,89	38,91	39,57	39,12	39	0,32	0,81%	14:50	15:05	26/01/2014	
P8-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	15:05	38,0	3%	4	36,75	37,50	39,64	37,96	0,00	0,00	37,96	20,82	55%	17	59	36,75	37,50	39,64	37,96	38	1,22	3,23%	14:50	15:05	26/01/2014	

Punto N°9 Lat: Long Colon																											
Muestras 4				00:15				Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					Hora de Muestreo		Fecha de Muestreo			
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío	Muestra N°	1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin	Fecha de Lectura
P9-01-14-PT-FL-01-00-01	26/01/2014	15:45	49,6	1%	1	50,50	49,33	49,10	49,64	0,00	0,00	49,64	27,20	55%	22	77	50,50	49,33	49,1	49,64	50	0,61	1,23%	15:45	16:00	26/01/2014	
P9-01-14-PT-FL-02-00-01	26/01/2014	15:51	44,9	0%	2	45,02	44,64	45,14	44,93	0,00	0,00	44,93	24,61	55%	20	70	45,02	44,64	45,14	44,93	45	0,21	0,47%	15:45	16:00	26/01/2014	
P9-01-14-PT-FL-03-03-01	26/01/2014	15:56	42,1	18%	3	7,92	45,56	47,10	33,53	0,00	0,00	33,53	24,15	72%	9	58	45,56	47,10	47,10	33,53	42	7,43	17,67%	15:45	16:00	26/01/2014	
P9-01-14-PT-FL-04-06-01	26/01/2014	16:00	40,7	3%	4	38,78	41,81	41,49	40,69	0,00	0,00	40,69	22,32	55%	18	63	38,78	41,81	41,49	40,69	41	1,36	3,34%	15:45	16:00	26/01/2014	



Punto N°10 Lat: Long9 ITAPE																										
Muestras 4 00:15					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					hora de Muestra		Fecha de Muestreo				
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P10-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	16:15	45,2	2%	1	46,65	44,67	44,28	45,20	0,00	0,00	45,20	24,77	55%	20	70	46,65	44,67	44,28	45,20	45	1,04	2,30%	16:15	16:30	27/01/2014
P10-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	16:20	44,4	4%	2	46,88	44,14	42,06	44,36	0,00	0,00	44,36	24,36	55%	20	69	46,88	44,14	42,06	44,36	44	1,97	4,45%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P10-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	16:25	44,3	1%	3	43,61	44,23	45,20	44,35	0,00	0,00	44,35	24,30	55%	20	69	43,61	44,23	45,2	44,35	44	0,65	1,48%	Inicio	Fin	27/01/2014
P10-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	16:30	44,7	1%	4	45,41	44,07	44,68	44,72	0,00	0,00	44,72	24,50	55%	20	69	45,41	44,07	44,68	44,72	45	0,55	1,22%	16:15	16:30	

Punto N°11 Lat: Long Pelay																										
Muestras 4 00:15					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					hora de Muestra		Fecha de Muestreo				
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P11-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	16:45	54,3	10%	1	60,59	54,42	47,94	54,32	0,00	0,00	54,32	30,08	55%	24	84	60,59	54,42	47,94	54,32	54	5,16	9,51%	16:45	17:00	27/01/2014
P11-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	16:50	38,3	1%	2	38,77	38,11	38,00	38,29	0,00	0,00	38,29	20,98	55%	17	59	38,77	38,11	38	38,29	38	0,34	0,89%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P11-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	16:55	46,5	1%	3	46,97	46,65	45,97	46,53	0,00	0,00	46,53	25,49	55%	21	72	46,97	46,65	45,97	46,53	47	0,42	0,90%	Inicio	Fin	27/01/2014
P11-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	17:00	39,7	2%	4	40,25	40,16	38,72	39,71	0,00	0,00	39,71	21,76	55%	18	61	40,25	40,16	38,72	39,71	40	0,70	1,77%	16:45	17:00	

Punto N°12 Lat: Long Gualaguaychu, Nandubaisal																										
Muestras 4 00:15					Muestra N°	Lectura de muestra					Con 5 lecturas				con 5 Lecturas, eliminando datos anómalos (fuera de un desvío estándar)					hora de Muestra		Fecha de Muestreo				
Código	Fecha	Hora Aprox.	Parámetro	Desvío		1	2	3	Promedio	4	5	Promedio	desvest	desv.relat	Prom.-DS	Prom.+DS	1	2	3	4	5		Promedio	desvest	desv.relat	Inicio	Fin
P12-01-14-PT-FL-01-00-01	27/01/2014	18:30	127,0	8%	1	129,50	138,10	113,50	127,03	0,00	0,00	127,03	70,14	55%	57	197	129,5	138,1	113,5	127,03	127	10,19	8,02%	18:30	18:45	27/01/2014
P12-01-14-PT-FL-02-00-01	27/01/2014	18:35	82,5	4%	2	78,39	85,92	83,04	82,45	0,00	0,00	82,45	45,24	55%	37	128	78,39	85,92	83,04	82,45	82	3,10	3,76%	Hora de Lectura		Fecha de Lectura
P12-01-14-PT-FL-03-03-01	27/01/2014	18:40	85,1	1%	3	85,81	84,74	84,88	85,14	0,00	0,00	85,14	46,64	55%	39	132	85,81	84,74	84,88	85,14	85	0,47	0,56%	Inicio	Fin	27/01/2014
P12-01-14-PT-FL-04-06-01	27/01/2014	18:45	85,6	10%	4	97,15	78,54	81,16	85,62	0,00	0,00	85,62	47,43	55%	38	133	97,15	78,54	81,16	85,62	86	8,23	9,61%	18:30	18:45	

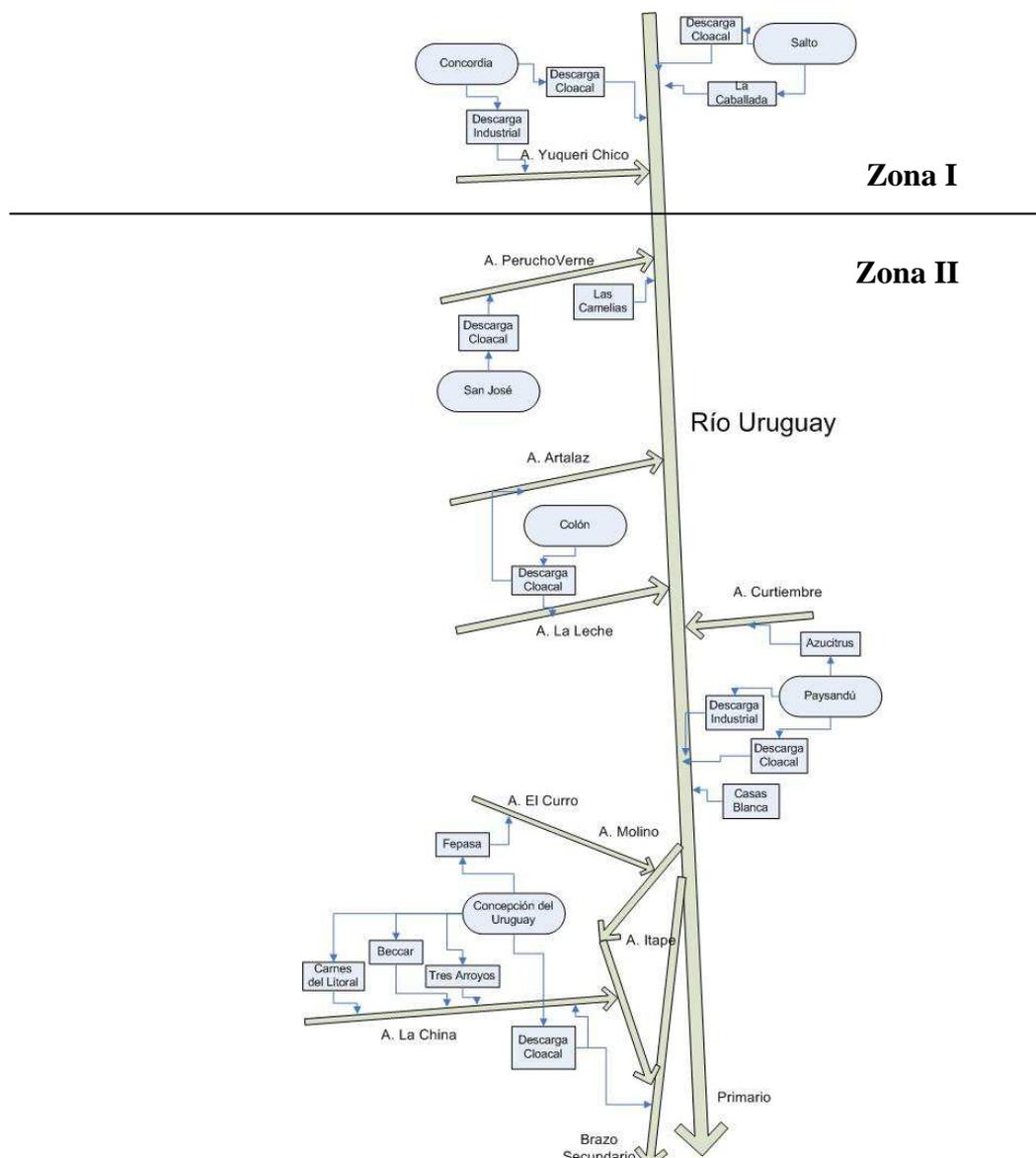
Anexo 3

Vuelcos que aportan nutrientes en el tramo de estudio.

Puntos de las Descargas Incorporadas al Modelo Matemático

En el siguiente grafico se expresa un esquema de la ubicación de las descargas a lo largo del tramo de estudio, los valores expresados en las tablas siguientes fueron utilizados como base para obtener los parámetros y valores que luego se ingresaron al modelo unidimensional para realizar las corridas correspondientes.

Estos datos fueron obtenidos de Tesis presentada para el grado de MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL del Ing. Alejandro Zabalett



Esquema general de las descargas para el tramo de estudio en el río Uruguay



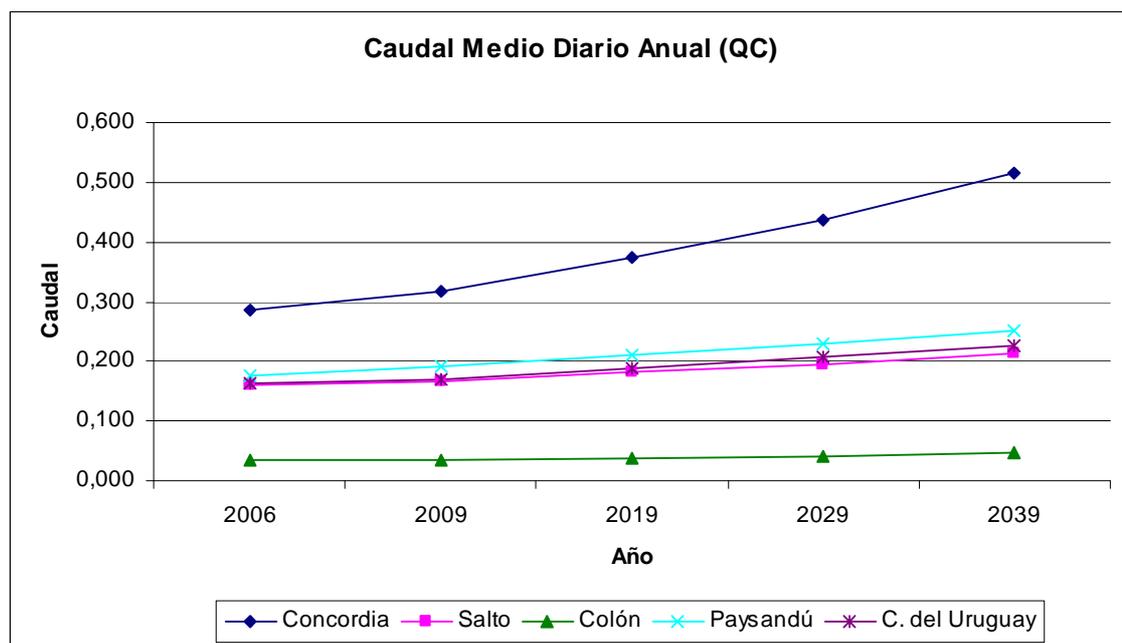
Localidad	Año	Población	Producción	Cuentas / Conexiones	Porcentaje de Cobertura (Agua)	Dotación media de agua por Hab.	Habitantes servidos agua potable	Promedio Hab/conexión	Adoptado Hab/conexión	Consumo Agua Potable	Consumo Público Estim	Pérdidas y Desp Estim		Cuentas/Conexiones cloacales	Porcentaje de Cobertura (Cloaca)	Habitantes servidos desague cloacal	Adoptado Habitantes Servidos Sist Cloacal	Flujo Cloacal Típico (70% doméstico)	Ocloacal mínima (250 l/hab/día -70% Doméstico)	Ocloacal máxima (500 l/hab/día -70% Doméstico)	Ocloacal medio (363 l/hab/día -70% Doméstico)	Coefficiente de variación estacional	Coefficiente de pico horario	Caudal Medio Diario Anual (QC)	Caudal Min Horario (QB)	Caudal min Horario (QA)	Caudal máx Diario (QD)	Caudal máx Horario (QE)	Calidad Bacteriológica Liq. Cloacal Crudo	Carga másica cloacal	Carga másica cloacal+Industrial	
		hab.	m3/día			lts/hab .día				m3/día	Min	Max	Min	Max					m3/s	m3/s	m3/s			m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	UFC/100ml	m3/s.UFC/100ml	
Concordia	2006	150000	59043	32338	73.3	537	109950	3.4	3.4	53139	2952	8856	5904	11809	28676.5	65	97500	97500	37197	0.197	0.395	0.287	1.5	1.5	0.287	0.2	0.201	0.4	0.43	1.E+07	3.E+06	3.E+06
Salto	2006	100638	38242	28119	95.0	400	95606	3.4	3.4	34418	1912	5736	3824	7648	15983.7	54	54345	54300	24093	0.110	0.220	0.160	1.5	1.5	0.160	0.1	0.112	0.2	0.24	1.E+07	2.E+06	2.E+06
San José	2006	2800	600	500	71.4	300	1999.2	4.0	4	540	30	90	60	120	399	57	1596	1600	377.8	0.003	0.006	0.005	1.5	1.5	0.005	0.0	0.003	0.0	0.01	1.E+07	5.E+04	5.E+04
Colón	2006	21000	8295	4879	79.0	500	16590	3.4	3.4	7466	415	1244	830	1659	3458.8	56	11760	12000	5226	0.024	0.049	0.035	1.5	1.5	0.035	0	0.025	0.1	0.05	1.E+07	4.E+05	4.E+05
Paysandú	2006	85000	20400	25500	96.0	250	81600	3.2	3.2	18360	1020	3060	2040	4080	18593.8	70	59500	60000	12852	0.122	0.243	0.176	1.5	1.5	0.176	0.1	0.124	0.3	0.26	1.E+07	2.E+06	2.E+06
C. del Uruguay	2006	69886	22570	19219	88.0	367	61500	3.2	3.2	20313	1129	3386	2257	4514	17471.5	80	55909	56000	14219	0.113	0.227	0.165	1.5	1.5	0.165	0.1	0.115	0.2	0.25	1.E+07	2.E+06	2.E+06

Estudio general de los vuelcos cloacales de las ciudades, agua potable e industriales, evaluación de porcentajes de cobertura, y una determinación típica de caudales de vuelco (Año 2006).



	2006	2009	2019	2029	2039
Concordia	0,287	0,318	0,372	0,438	0,516
Salto	0,159	0,167	0,181	0,196	0,213
Colón	0,035	0,036	0,039	0,042	0,046
Paysandú	0,176	0,191	0,210	0,231	0,253
C. del Uruguay	0,165	0,171	0,188	0,206	0,225

Caudales medios diarios anuales para las distintas ciudades en estudio, con proyección a intervalos de 10 años.



Caudales medios diarios anuales para las distintas ciudades en estudio, con proyección a intervalos de 10 años.



Anexo 4:

Plano



Anexo 5

Mapas



Anexo 6

Tablas de WASP



ESCENARIOS		ESTIAJE									
SEGMENTOS		1		4		13		36		52	
PARAMETROS DE SALIDA en TIME		CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]
Configuracion	HIPOTESIS										
A (Con Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	37,986	0,066	41,307	0,066	62,813	0,064	61,133	0,066	51,887	0,062
	2 Tmax - CIAmin	38,778	0,066	47,000	0,066	71,410	0,073	73,756	0,077	75,563	0,081
	3 Tmin - CIAmax	101,335	0,114	105,357	0,113	103,575	0,110	97,678	0,109	93,032	0,110
	4 Tmax - CIAmax	108,122	0,114	136,468	0,114	190,422	0,193	204,045	0,211	233,797	0,250
Incremento [%] (A)	H4 vs H3 Temp	6,70	-0,01	29,53	1,05	83,85	75,80	108,90	92,97	151,31	126,33
	H4 vs H2 CIA	178,82	71,09	190,36	72,46	166,66	163,73	176,65	173,71	209,41	207,75
Incremento [%] (A)	H2 vs H1 Temp	2,09	0,00	13,78	-0,07	13,69	14,93	20,65	16,62	45,63	30,90
	H3 vs H1 CIA	166,77	71,10	155,06	70,55	64,89	72,42	59,78	65,42	79,30	77,99
B (Sin Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	41,775	0,067	68,452	0,067	139,148	0,104	146,421	0,110	152,143	0,114
	2 Tmax - CIAmin	45,684	0,067	90,393	0,068	110,982	0,083	123,811	0,093	135,043	0,101
	3 Tmin - CIAmax	106,142	0,114	137,950	0,114	169,353	0,127	176,917	0,133	183,442	0,138
	4 Tmax - CIAmax	110,892	0,114	158,434	0,119	188,566	0,141	202,915	0,152	215,365	0,161
Incremento [%] (B)	H4 vs H3 Temp	4,48	0,00	14,85	4,26	11,34	11,35	14,70	14,69	17,40	17,37
	H4 vs H2 CIA	142,74	71,21	75,27	75,25	69,91	69,90	63,89	63,89	59,48	59,45
Incremento [%] (B)	H2 vs H1 Temp	9,36	0,00	32,05	1,86	-20,24	-20,24	-15,44	-15,44	-11,24	-11,48
	H3 vs H1 CIA	154,08	71,21	101,53	71,21	21,71	21,71	20,83	20,83	20,57	20,25

ESCENARIOS		CRECIDA									
SEGMENTOS		1		4		13		36		52	
PARAMETROS DE SALIDA en TIME		CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]
Configuracion	HIPOTESIS										
A (Con Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	37,715	0,051	38,929	0,051	47,089	0,050	49,704	0,050	50,984	0,052
	2 Tmax - CIAmin	38,136	0,051	41,031	0,051	57,108	0,052	57,754	0,054	60,174	0,061
	3 Tmin - CIAmax	100,997	0,099	102,508	0,098	108,903	0,097	106,659	0,098	96,714	0,101
	4 Tmax - CIAmax	101,739	0,099	106,108	0,098	110,095	0,102	108,975	0,104	103,941	0,108
Incremento [%] (A)	H4 vs H3 Temp	0,73	0,00	3,51	-0,01	1,09	5,13	2,17	5,83	7,47	6,94
	H4 vs H2 CIA	166,78	91,94	158,61	91,73	92,78	96,64	88,69	92,39	72,74	76,22
Incremento [%] (A)	H2 vs H1 Temp	1,12	0,00	5,40	-0,01	21,28	3,15	16,20	7,88	18,02	18,54
	H3 vs H1 CIA	167,79	91,94	163,32	91,73	131,27	92,94	114,59	96,12	89,69	95,34
B (Sin Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	39,718	0,052	49,004	0,052	81,140	0,061	83,482	0,063	85,015	0,064
	2 Tmax - CIAmin	41,735	0,052	59,541	0,052	79,257	0,059	83,554	0,063	86,380	0,065
	3 Tmin - CIAmax	103,573	0,099	115,107	0,099	141,090	0,106	143,736	0,108	145,464	0,109
	4 Tmax - CIAmax	106,100	0,099	127,680	0,099	148,442	0,111	156,599	0,115	156,599	0,117
Incremento [%] (B)	H4 vs H3 Temp	2,44	0,00	10,92	0,00	5,21	5,21	8,95	6,73	7,65	7,65
	H4 vs H2 CIA	154,22	92,00	114,44	92,00	87,29	87,29	87,42	83,59	81,29	81,28
Incremento [%] (B)	H2 vs H1 Temp	5,08	0,00	21,50	0,00	-2,32	-2,30	0,09	0,09	1,61	1,61
	H3 vs H1 CIA	160,77	92,00	134,89	92,00	73,89	73,93	72,18	72,17	71,10	71,10



ESCENARIOS		MEDIO-INVENCIAL									
SEGMENTOS		1		4		13		36		52	
PARAMETROS DE SALIDA en TIME		CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]	CHL A [ug/l]	TOT P [mg/l]
Configuracion	HIPOTESIS										
A (Con Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	37,570	0,054	38,255	0,053	42,366	0,052	43,758	0,052	48,029	0,050
	2 Tmax - CIAmin	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	3 Tmin - CIAmax	100,668	0,101	100,936	0,100	102,442	0,098	102,787	0,097	87,387	0,095
	4 Tmax - CIAmax	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremento [%] (A)	H4 vs H3 Temp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	H4 vs H2 CIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremento [%] (A)	H2 vs H1 Temp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	H3 vs H1 CIA	167,94	88,36	163,85	88,10	141,80	86,62	134,90	85,46	81,95	89,87
B (Sin Mortalidad)	1 Tmin - CIAmin	39,422	0,054	47,906	0,054	77,913	0,058	80,168	0,060	81,605	0,061
	2 Tmax - CIAmin	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	3 Tmin - CIAmax	103,203	0,101	113,784	0,101	146,989	0,110	149,565	0,112	151,233	0,113
	4 Tmax - CIAmax	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremento [%] (B)	H4 vs H3 Temp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	H4 vs H2 CIA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Incremento [%] (B)	H2 vs H1 Temp	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	H3 vs H1 CIA	161,79	88,43	137,51	88,43	88,66	88,66	86,56	86,58	85,32	85,32

CONFIGURACION	PARAMETROS DE TRANSFORMACION														
	Water Temperature [T]	Solar Radiation		Light extinction [K _{ext}]	Growth Rate		Carbon to CHL A Ratio [E _c]	Light Limitation	Respiration		Death Rate [K _D]	Phosphorus to Carbon Ratio	Phosphorus Mineralization Rate		P Half Saturation Constant
		Langley	Fraction		Maximum growth rate [K _{ic}]	Temp. Coefficient [E _{ic}]			Endogenous Respiration [K _{IR}]	Temperature Coefficient [E _{IR}]			D. org. P mineralization at 20C	Temperature coefficient	
A	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X	-
B	X	X	X	-	X	X	-	X	-	-	-	X	X	X	-

PARAMETROS DE TRANSFORMACION		Water Temperature T	Solar Radiation		Light extinction [K _{ext}]	Growth Rate		Carbon to CHL A Ratio [E _c]	Light Limitation	Respiration		Death Rate [K _D]	Phosphorus to Carbon Ratio	Phosphorus Mineralization Rate	P Half Saturation Constant	
Referencia	Manual Wasp	(según tabla 9-2); p. 9	(según tabla 9-1); p. 9-7	(según tabla 9-1); p. 9-7	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-2); p. 9-14	Di Toro option, p. 9-37	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-4); p. 9-17	(según tabla 9-2); p. 9-14	(según tabla 9-4); p. 9-17	
Configuracion	ESCENARIOS	HIPOTESIS														
A (con mortalidad)	ESTIAJE	1	19	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		2	28	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		3	19	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		4	28	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
	CRECID A	1	19	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		2	28	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		3	19	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		4	28	1300	0.6	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
	MEDIO-INVENCIAL	1	19	1000	0.45	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		3	19	1000	0.45	2.5	3	1.07	-	1	0.125	1.045	0.02	0.025	0.22	1.08
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
B (sin mortalidad)	ESTIAJE	1	19	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		2	28	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		3	19	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		4	28	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
	CRECID A	1	19	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		2	28	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		3	19	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		4	28	1300	0.6	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
	MEDIO-INVENCIAL	1	19	1000	0.45	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		3	19	1000	0.45	-	3	1.07	-	1	-	-	-	0.025	0.22	1.08
		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Bibliografía

- [1] Echlin, P. El alga verde-azul. Scientific American.
- [2] Guías para ambientes seguros en aguas recreativas, Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces, Universidad Nacional Autónoma de Honduras
- [3] Lic. Mariela Caneo. Cianobacterias y Cianotoxinas, manual profesional y técnico de cianobacterias y cianotoxinas red cyanosur
- [4] www.icaa.gov.ar
- [5] Cianobacterias Planctónicas del Uruguay, Manual para la identificación y medidas de gestión, Oficina regional de ciencia de la UNESCO para América latina y el Caribe
- [6] Subsecretaría de Turismo de Entre Ríos
- [7] Artículo derivado de un proyecto de investigación de director novel, PID UNER 8050, 2008-2010, Facultad de Ciencias de la Alimentación -FCAlim-, Universidad Nacional de Entre Ríos -UNER - (Concordia, Entre Ríos, Argentina)
- [8] Mg. Alejandro Zabalett, Tesis presentada para el grado de MAGÍSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL.
- [9] Julio C. Cardini, Alejandro Zabalett, Cecilia M. Cardini, Daniel Mársico y Néstor Oliver, Modelación Matemática Bidimensional del Proceso de Eutrofización del Embalse de Salto Grande.
- [10] Universidad Veracruzana, Manual operativo para la utilización del sistema de información geográfica Quantum GIS 1.8.
- [11] Tim A. Wool, Water Quality Analysis Simulation program (WASP).
- [12] Instituto Nacional del Agua y del Ambiente, AIDIS Argentina, Seminario "Criterio de selección de Tecnologías de Depuración de Líquidos Cloacales".