

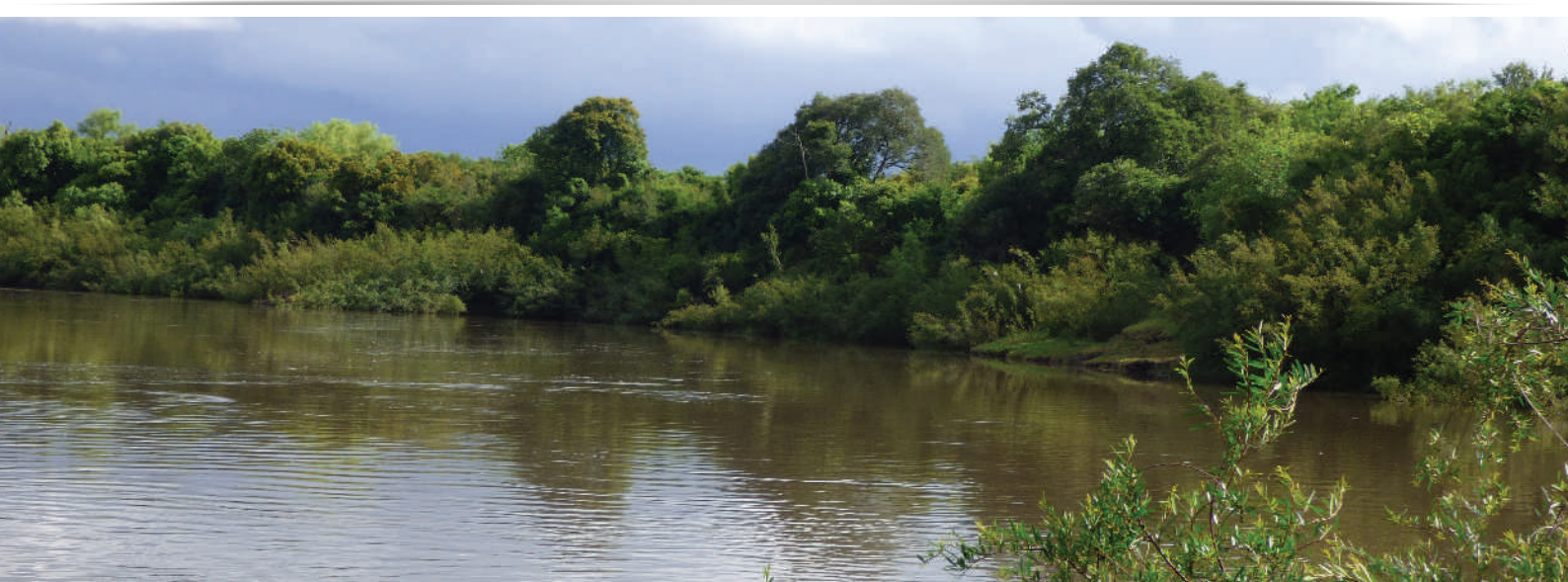


MVOTMA

Ministerio de Vivienda
Ordenamiento Territorial
y Medio Ambiente

Plan de monitoreo del río Cuareim Informe de datos de calidad de agua superficial (período 2008 - 2012)

Montevideo, Junio 2013



DIVISION DE EVALUACIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL

Luis Reolón

DEPARTAMENTO DE EVALUACION DE CALIDAD DEL AGUA

Gabriel Yorda

Responsable del Plan de Monitoreo

Javier Martínez

Personal responsable del Análisis de la Información

Javier Martínez

Gabriel Yorda

Revisado

Magdalena Hill

Personal Participante durante los trabajos de campo y laboratorio

Muestreo y análisis de campo

Javier Martínez

Gerardo Balero

Alejandro Cendón

Gabriel Yorda

Laboratorio central

Sandra Castro

Natalia Barboza

Patricia Simone

Alejandro Mangarelli

Valeria Rivoir

Elena Rodó

Vivian Muñoz

Roxana Gálvez

Gabriela Pistone

Agradecimientos

Al personal de la regional norte de la Dirección Nacional de Aguas, especialmente al Ing.Agr. Jorge Gussoni a Juan Carballo y a Nancy de Vargas por el apoyo brindado a las actividades de campaña, así como por la información aportada y que fue de utilidad para la confección de este informe.

Se agradece al personal de DINAMA por el apoyo que brindan permanentemente, y que hacen posible que los cuerpos técnicos puedan realizar su trabajo eficientemente. Especialmente a Edda Chiesa.

Agradecemos personalmente a la Sra. Patricia Robato, por su colaboración en el análisis de la información y en la corrección de este trabajo.

RESUMEN EJECUTIVO

En este informe se presentan los resultados sobre las condiciones ambientales del río Cuareim (jurisdicción Uruguay) en el tramo compartido con la República Federativa de Brasil, a partir de información obtenida de relevamiento bibliográfico, y del monitoreo de calidad de agua, llevado a cabo por la Dirección Nacional de Medio Ambiente entre enero de 2008 y mayo de 2012.

El río Cuareim es un curso de agua internacional, cuya cuenca hidrográfica forma parte de Brasil y Uruguay. Posee un área total de aproximadamente 14.865 Km², y forma parte de la cuenca del río Uruguay.

Nace en territorio brasileño, posee una longitud de 351 Km. Presenta desde su nacimiento hasta la desembocadura sobre el río Uruguay una pendiente media de 0.93 m/Km.

Entre 2006 y 2007 se trabajó en el marco del proyecto Twinlatin, continuándose posteriormente hasta el día de hoy a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente.

En términos generales y a partir de la información obtenida de recopilación bibliográfica, del trabajo de campo y resultados obtenidos en el presente estudio, se puede afirmar que el río Cuareim es un sistema que se encuentra en aceptables condiciones ambientales.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	VI
INDICE	VIII
LISTA DE TABLAS.....	X
LISTA DE FIGURAS	XII
1 INTRODUCCION	2
1.1 El marco y contexto del Plan: el río Cuareim.	2
1.1.1 El marco normativo.....	2
1.1.2 El contexto geográfico y ambiental.....	3
1.2 Antecedentes del Plan.	3
1.2.1 La elaboración del Plan.	4
1.3 Objetivos del Plan.	4
2 CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RIO CUAREIM.....	6
2.1 Fisiografía.....	6
2.2 Hidrología.....	8
2.3 Climatología de la cuenca.	9
2.4 Suelos, usos y explotación.	12
2.5 Poblaciones.....	16
2.6 Usos del agua.	18
2.6.1 Embalses y tomas para riego.....	19
2.6.2 Tomas de agua para potabilización y abastecimiento.	20
2.6.3 Otros usos.....	20
2.7 Conflictos identificados en la cuenca.....	20
2.7.1 Conflictos de uso.....	20
2.7.2 Conflictos ambientales relacionados a la disposición de efluentes urbanos.	21
3 CLASIFICACION SEGÚN USOS Y ESTANDARES DE CALIDAD DEL AGUA	24
4 ASPECTOS METODOLOGICOS: EL PLAN DE TRABAJO.....	28
4.1 Antecedentes.	28
4.2 Diseño del Plan de monitoreo.	28
4.2.1 Objetivo general.	28
4.2.1.1 Objetivos específicos.....	28
4.2.2 Frecuencia de muestreo.....	29
4.2.3 Estaciones seleccionadas para cada sustrato.	29
4.2.4 Variables determinadas.	31
4.2.5 Aseguramiento de calidad en muestreo y análisis.....	32
4.3 Metodología empleada en el análisis de los datos.....	32
5 RESULTADOS	34
5.1 Discusión de resultados.	34
5.1.1 Serie de caudales del río Cuareim.	34
5.1.2 Análisis espacial de los datos.	35
5.1.3 Parámetros hidroquímicos básicos.....	35
5.1.3.1 Parámetros de medición <i>in situ</i>	35
5.1.3.2 Parámetros bacteriológicos.	39
5.1.3.3 Iones mayoritarios.	40
5.1.3.4 Alcalinidad y Dureza total.....	43
5.1.3.5 Sulfuro.	44
5.1.3.6 Coeficiente de absorción de sodio (RAS).	45
5.1.3.7 Sólidos suspendidos.....	46

5.1.3.8	Nutrientes.....	46
5.1.4	Materia orgánica.....	51
5.1.5	Compuestos inorgánicos	52
5.1.5.1	Metales.....	52
5.1.6	Compuestos orgánicos.....	54
5.1.6.1	Haluros orgánicos absorbibles.....	54
6	EVOLUCION DE VARIABLES POR ESTACION DE MONITOREO ENTRE 2008 Y 2012.....	55
6.1	Síntesis y recomendaciones.....	59
	LISTA DE ACRONIMOS	60
	UNIDADES DE PESO Y MEDIDAS	61
	GLOSARIO.....	62
	BIBLIOGRAFIA.....	64

LISTA DE TABLAS

Tabla I – Cuenca del río Cuareim.	8
Tabla II – Rendimiento de los cultivos de arroz, por zona de producción, para el período 1998 2012. Fuente de datos: encuesta arrocera, MGAP.	15
Tabla III – Evolución de la población de la ciudades brasileiras asentadas en la cuenca del río Cuareim. Fuente de datos: IBGE, 2010.	17
Tabla IV – Población en la hemicuenca uruguaya. Localidades con población superior a 1,000 hab. Fuente de datos: INE.	17
Tabla V – Demanda de agua en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Gaviño Novillo.	19
Tabla VI – Estándares de calidad de agua definidos para Clase 3 del Decreto 253/79 y modif.	25
Tabla VII – Ubicación de las estaciones de monitoreo de agua.	29
Tabla VIII – Variables analizadas y técnicas analíticas empleadas.	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.- Ubicación de la cuenca del río Cuareim, como uno de los sistemas integrantes de la cuenca del Río de la Plata. Tomado de Arcelus & Goldenfum, 2005.	6
Figura 2.2.- Cuenca del río Cuareim, donde puede apreciarse las diferencias de altitud en sus segmentos. Tomado de Twinlatin WP6.	7
Figura 2.3.- Cuenca del río Cuareim. Tomado de Twinlatin WP6.	7
Figura 2.4.- Hemicuenca uruguaya del río Cuareim, en la cual se identifican los principales tributarios. Tomado de García <i>et al</i> , 2008.	8
Figura 2.5.- Isotermas de temperatura media anual (°C) en el Uruguay (1961-1990).	9
Figura 2.6.- Temperaturas máxima y mínimas absolutas (izq), y promedios de temperaturas máximas y mínimas (der), en comparación al promedio anual para el período 1961-1990. Fuente de datos: DNM.	10
Figura 2.7.- Precipitación media anual (mm) en el Uruguay (1961-1990).	10
Figura 2.8.- Promedio de precipitación mensual y de días en que se registran precipitaciones > 1 mm en Artigas, para el período 1961-1990. Fuente de datos: DNM.	11
Figura 2.9.- Insolación media anual (hs) en el Uruguay (1961-1990).	11
Figura 2.10.- Paisaje característico de suelos superficiales (izq) y de suelos de basalto profundo (der.) Tomado de Molfino <i>et al</i> , 2000.	12
Figura 2.11.- Repartición del ganado en el departamento de Artigas (izq.). A la derecha se comparan los totales departamentales de vacunos (sup.) y ovinos (inf.) con los totales nacionales. Fuente de datos: DICOSE.	13
Figura 2.12.- Uso del suelo en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Twinlatin WP3.	13
Figura 2.13.- Zonas arroceras en el Uruguay, según la Asociación de Cultivadores de Arroz. Tomada de: www.aca.com.uy	14
Figura 2.14.- Retrospectiva de área cosechada (zq) y de la producción (der.) de caña de azúcar. Fuente de datos: DIEA.	15
Figura 2.15.- Extracción de arena en el río Cuareim.	16
Figura 2.16.- Principales asentamientos urbanos en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Twinlatin WP6.	18
Figura 2.17 – Vista de las ciudades de Artigas (izq.) y Quaraí (der.).	18
Figura 2.18 – Cantidad de embalses registrados en la cuenca del río Cuareim, por zafra arroceras. (Tomada de Gussoni, 2009).	19
Figura 4.1 – Ubicación de las estaciones seleccionadas.	30
Figura 5.1 – <i>Cluster</i> de asociación de los sitios de muestreo en el área de estudio.	35
Figura 5.2 – Variación media de la temperatura del agua en el área de estudio.	36
Figura 5.3 – Distribución estacional de la temperatura del agua.	36
Figura 5.4 – Distribución espacial de la conductividad eléctrica en el área de estudio.	37
Figura 5.5 – Distribución de pH por estación, límites superior e inferior del estándar para Clase 3.	37
Figura 5.6 – Distribución espacial de oxígeno disuelto en el área de estudio.	38
Figura 5.7 – Valores registrados de oxígeno disuelto, en relación al valor estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif.	38
Figura 5.8 – Valores registrados de turbiedad en el río Cuareim, donde se señala el valor estándar de referencia (color rojo oscuro).	39
Figura 5.9 – Distribución espacial de Coliformes termotolerantes en el río Cuareim. Grafica realizada en escala logarítmica.	40
Figura 5.10 – Variación espacial de calcio en el área de estudio.	41
Figura 5.11 – Distribución espacial de magnesio en el área de estudio.	41
Figura 5.12 – Distribución espacial de sodio en el área de estudio.	42
Figura 5.13 – Distribución espacial de potasio en el área de estudio.	42
Figura 5.14 – Distribución espacial de alcalinidad en el área de estudio (2008-2012).	43
Figura 5.15 – Distribución espacial de dureza total en el área de estudio.	44
Figura 5.16 – Histogramas de distribución de dureza total, calcio y magnesio.	44
Figura 5.17 – Distribución espacial de sulfuros en el río Cuareim.	45
Figura 5.18 – Distribución espacial de RAS en el área de estudio.	45
Figura 5.19 – Distribución espacial de sólidos suspendidos totales en el área de estudio.	46
Figura 5.20 – Distribución espacial de nutrientes nitrogenados en el área de estudio.	47
Figura 5.21 – Distribución espacial de nitratos en el área de estudio.	48

Figura 5.22 – Distribución espacial de nitratos en el área de estudio, en comparación con los promedios obtenidos durante el Programa Twinlatin.	48
Figura 5.23 – Distribución espacial de nitritos en el área de estudio, en comparación con los promedios obtenidos durante el Programa Twinlatin.	49
Figura 5.24 – Distribución espacial de amoníaco en el área de estudio, en relación al estándar establecido por el Decreto 253/79 y modif.....	49
Figura 5.25 – Distribución espacial de nutrientes fosforados en el área de estudio.....	50
Figura 5.26 – Distribución espacial de fósforo total en el área de estudio, en comparación con el estándar del Decreto 253/79 y modif.	51
Figura 5.27 – Distribución espacial de la biomasa algal (clorofila <i>a</i>) en el río Cuareim.	52
Figura 5.28 – Distribución espacial de aluminio en la zona de estudio.	53
Figura 5.29 – Comparación de datos de zinc obtenidos durante la segunda etapa del monitoreo.....	54
Figura 5.30 – Distribución espacial de AOX en el área de estudio.....	54

1 INTRODUCCION

El agua representa un insumo fundamental para la vida, constituyendo un elemento insustituible en diversas actividades humanas, además de mantener el equilibrio en el medio ambiente. En el escenario mundial, la inminente escasez de los recursos hídricos y la diseminación de los factores condicionantes para una gestión integrada, constituyen un requisito fundamental para el desarrollo equilibrado y en consonancia con la preservación del medio ambiente.

La aplicación de los principios orientadores de gestión de agua deberá ordenar su uso múltiple y posibilitar su preservación para generaciones futuras, minimizando e incluso evitando los problemas originados de la escasez y de la contaminación de los cursos de agua, los cuales afectan y comprometen los diversos usos de los recursos hídricos.

La Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) es el organismo responsable a nivel Nacional de la formulación, ejecución, supervisión y evaluación de los *Planes Nacionales de Protección del Medio Ambiente* y de proponer e instrumentar la *Política Nacional* en la materia, generando pautas que garanticen un desarrollo sostenible.

El Departamento de Evaluación de Calidad de Agua (DECA) tiene el cometido de formular, ejecutar y evaluar los planes nacionales de monitoreo de calidad de los diferentes cuerpos de agua del país. En este contexto, se lleva a cabo el DECA lleva a cabo el monitoreo de calidad de agua en el río Cuareim.

Desarrollar este plan ha implicado un esfuerzo muy significativo, cada campaña implicó un nuevo desafío en el que profesionales, técnicos y colaboradores de diferentes ámbitos debieron trabajar en forma coordinada y bajo protocolos establecidos, para garantizar la calidad del trabajo de campo, el traslado de las muestras, análisis de laboratorio, evaluación de los datos así como la interpretación de los resultados.

1.1 El marco y contexto del Plan: el río Cuareim.

1.1.1 El marco normativo.

En marzo de 1991, los gobiernos de Brasil y Uruguay (Brasil-Uruguay, 1991), firman el acuerdo de cooperación para el “Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim (Quaraí en portugués)”. En este, “las Partes Contratantes se comprometen a proseguir y ampliar su estrecha cooperación para promover el desarrollo de la cuenca del río Cuareim”. Queda entonces constituida la Comisión Mixta Brasileño-Uruguaya para el desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim (CRC), como el organismo responsable ante las Partes por la ejecución del acuerdo. Dicha Comisión está conformada por dos Delegaciones, una por cada Parte.

En diciembre de 1992, se firma el “Acuerdo sobre Cooperación en Materia Ambiental” (Brasil-Uruguay, 1992). En el mismo las Partes se comprometen a “intensificar la cooperación destinada a proteger y conservar el medio ambiente, como parte de sus esfuerzos nacionales para el desarrollo sostenible”.

Adicionalmente, en mayo de 1997 se firma el “Ajuste Complementario al Acuerdo de Cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim” (Brasil-Uruguay, 1997), en el cual se dispone sobre el uso racional y sustentable del río Cuareim.

No obstante, la CRC se rige por las normas establecidas en el Estatuto de la Comisión Mixta Uruguayo-Brasileña para el Desarrollo de la Cuenca de la Laguna Merín (CLM), debido a que

no cuenta hasta la fecha con un Estatuto propio ni cuenta con los fondos necesarios para su funcionamiento.

1.1.2 El contexto geográfico y ambiental.

El río Cuareim es un curso de agua internacional y su cuenca hidrográfica se encuentra formando parte de los territorios de Brasil y Uruguay abarcando un área total de aproximadamente 14.865 Km². Nace en la ladera brasileña de la cuchilla Negra, cruza hasta la frontera uruguaya cerrando por el norte (N) el Rincón de Artigas, que limita al sureste (SE) la cuchilla Negra y al oeste (W) los arroyos Maneco e Invernada (Praderi y Vivo, 1970).

La República Federativa de Brasil y la República Oriental del Uruguay comparten 351 Km de su recorrido. El río Cuareim posee una pendiente media de 0.93 m/Km. De sus seis afluentes principales, cuatro se ubican en territorio uruguayo.

Sobre las márgenes del río Cuareim se asientan las ciudades de Artigas (Uruguay) y Quaraí (Brasil), unidas por el Puente Internacional de la Concordia. Entre las dos cuentan con aproximadamente 63.600 habitantes.

Posee, frente a las ciudades de Artigas y Quaraí, un caudal medio cercano a los 95.6 m³/s, con valores extremos de 4.813 m³/s (2001) y 0 m³/s (Twinlatin WP 2006). El régimen hidrológico está fuertemente ligado al régimen de lluvias.

La cuenca tiene entre sus actividades productivas la producción agropecuaria extensiva, el cultivo de arroz irrigado y de caña de azúcar, al comercio de la frontera y a la actividad minera (extracción de piedras semipreciosas).

1.2 Antecedentes del Plan.

En reiteradas oportunidades la DINAMA intentó implementar un plan de monitoreo en esta cuenca, los cuales fueron interrumpidos por diferentes razones. Entre 1990 y 1994, en el marco del Plan Aguas se realizaron 5 muestreos 4 de ellos en 1994.

A fines del 2003, la Delegación Uruguaya ante a la CRC suscribe un acuerdo de cooperación con el Departamento de Ingeniería Ambiental (DIA) del IMFIA (Facultad de Ingeniería, UdelaR). El objetivo de dicho acuerdo es el "*Diseño de un programa de monitoreo ambiental de la Cuenca del río Cuareim correspondiente al territorio uruguayo, margen Izquierda (MI), con el objetivo de reunir y actualizar información relevante a los efectos de incorporar las variables ambientales a la gestión del recurso hídrico así como evaluar la calidad de agua de la cuenca y planificar el seguimiento de su control*" (CRC - IMFIA, 2004) En este marco entre junio y julio de 2004 se realizaron dos campañas piloto de muestreo, para conocer la calidad del agua del río Cuareim, en su margen Sur, las cuales estuvieron a cargo de personal técnico del DIA y de DINAMA.

En el año 2006, la entonces Dirección Nacional de Hidrografía (DNH), en conjunto con el Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH – Brasil), acuerdan desarrollar e implementar un monitoreo en el río Cuareim, el cual incluía entre otros aspectos el de la calidad del agua. Siendo la DINAMA la responsable de llevar a cabo los los *Planes Nacionales de Protección del Medio Ambiente*, la DHN en calidad de contratista nacional frente el Proyecto Twinlatin, extiende invitación al Departamento de Calidad de Agua de la DINAMA para participar en los trabajos a desarrollarse.

La DINAMA se incorpora entonces, a la ejecución de dicho Proyecto, el cual ya había sido acordado entre los contratistas de ambos países. Si bien no pudo discutir los aspectos técnicos del Proyecto propuesto, resuelve participar del mismo en el entendido que la experiencia y la información a adquirir le resultarían vitales para el establecimiento de un futuro Plan de Monitoreo permanente a desarrollarse en el río Cuareim.

Las tareas desarrolladas en conjunto terminan a finales del 2007, no obstante la DINAMA continúa con este monitoreo hasta procesar la información recabada hasta entonces y poder formular un Plan de monitoreo.

1.2.1 La elaboración del Plan.

La información generada durante el Programa Twinlatin generó una base para el conocimiento sobre la calidad del agua del río Cuareim, sin embargo ésta no es suficiente para que la DINAMA cumpla con su cometido.

Es por ello, que una vez finalizado el informe técnico evaluatorio de calidad de agua (García et al., 2008), se procede a definir un nuevo monitoreo, teniendo en cuenta las recomendaciones, pero también teniendo en cuenta las restricciones de personal, la logística necesaria y las restricciones analíticas. Se entiende que es preferible formular un plan que incluya pocos puntos de muestreo, con algunas limitaciones en lo que refiere a las variables a monitorear, pero no quebrantar la continuidad lograda.

1.3 Objetivos del Plan.

El *Plan de monitoreo del río Cuareim* tiene como objetivo principal

- ✓ Conocer el estado de calidad del agua, en el tramo del río Cuareim compartido entre Brasil y Uruguay, que permita evaluar a corto y mediano plazo, los cambios en el sistema frente a los posibles impactos producidos en su cuenca, de modo de poder gestionarla.

Este Plan se inscribe en los Planes Nacionales de Protección del Medio Ambiente, que tienen como propósito el garantizar el desarrollo sostenible, y poner a disposición de los ciudadanos la información generada así como los aspectos técnicos vinculados a la obtención de la misma.

2 CARACTERIZACION DE LA CUENCA DEL RIO CUAREIM

Para la elaboración de este capítulo se obtiene información secundaria a partir de la compilación de información publicada, y de informes técnicos de la DINAMA.

Se hará énfasis en la hemicuenca ubicada en territorio uruguayo.

El río Cuareim, es afluente del río Uruguay, por su margen izquierda, y por lo tanto forma parte de la Cuenca del Plata (fig. 2.1). Se localiza al Sur (S) de la República Federativa de Brasil (que incluye los Municipios de Santana do Livramento, Quaraí y Uruguaiana) y al Noreste (NE) de la República Oriental del Uruguay (Departamento de Artigas).

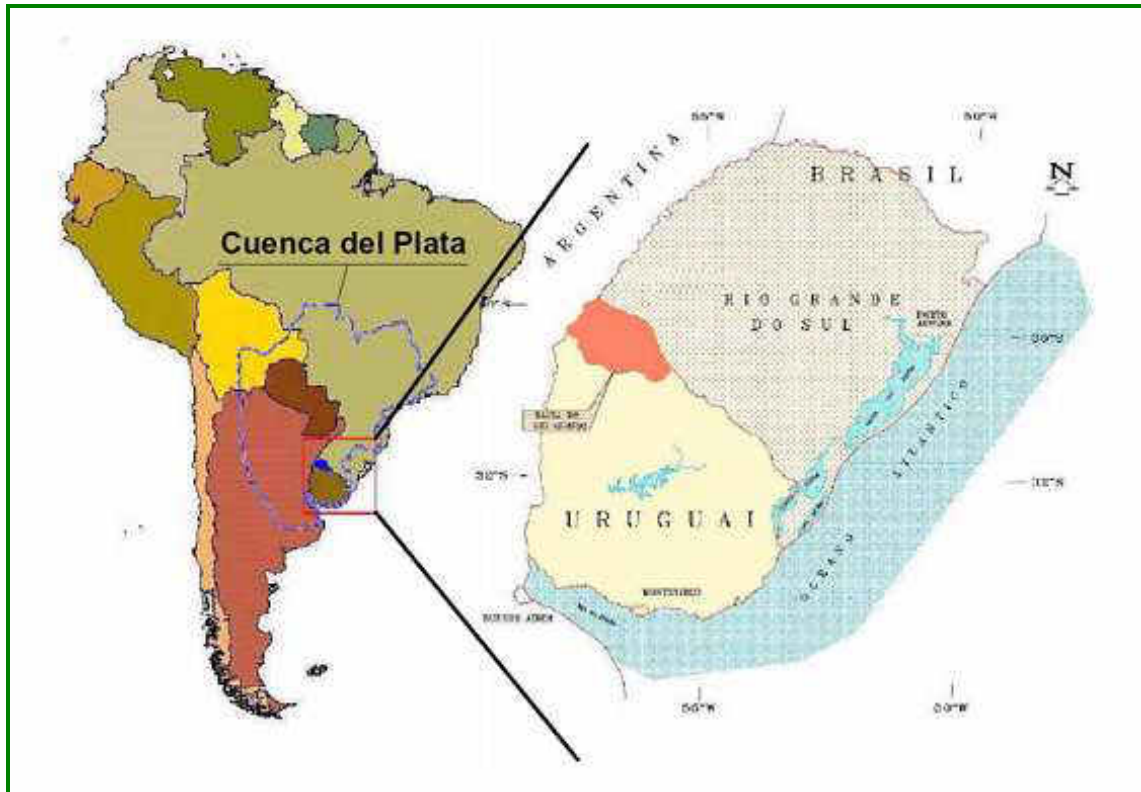


Figura 2.1.- Ubicación de la cuenca del río Cuareim, como uno de los sistemas integrantes de la cuenca del Río de la Plata. Tomado de Arcelus & Goldenfum, 2005.

2.1 Fisiografía.

El río Cuareim nace en territorio brasileño, en la ladera brasileña de la cuchilla Negra. Cruza hasta la frontera uruguayo cerrando por el Norte (N) el Rincón de Artigas, que limita al Sureste (SE) la cuchilla Negra y al Oeste (W) los arroyos Maneco e Invernada (Praderi y Vivo, 1970). Todos ellos son cursos torrenciales labrados en la roca.

Sigue en dirección Noroeste (NW), hasta que al S del paralelo 30 tuerce W, y se dirige luego al SW, donde recibe allí los arroyos Tres Cruces y un kilómetro y medio más abajo el Cuaró. Luego de recibir las aguas del arroyo Yucutujá, el cauce del río Cuareim se ensancha y hace una curva hacia el N, que con el río Uruguay forma el Rincón de Santa Rosa.

Su canal principal posee una longitud total de 351 Km, con un desnivel de 326 m entre la naciente y la desembocadura. Posee una altitud media de 149 m y posee una pendiente media de 0.93 m/Km. Las pendientes más pronunciadas se encuentran en el primer cuarto de su recorrido, siendo de 1.96 m/Km (Gussoni, 2009).



Figura 2.2.- Cuenca del río Cuareim, donde puede apreciarse las diferencias de altitud en sus segmentos. Tomado de Twinlatin WP6.

Sus afluentes más importantes son, del lado brasilero (margen derecha) los arroyos Espinilho, Sarandi, Quaraí-Mirim y Garupá (fig. 2.2), y del lado uruguayo (margen izquierda) los arroyos Catalán Grande, Tres Cruces, Cuaró y Yucutujá (fig. 2.3).



Figura 2.3.- Cuenca del río Cuareim. Tomado de Twinlatin WP6.

La subcuenca del río Cuareim es una cuenca transfronteriza compartida entre Brasil y Uruguay, siendo su cauce principal la frontera entre los dos países. Posee un área de drenaje de 14,865 Km², de la cual 8,258 Km² se encuentra en territorio uruguayo (fig. 2.3), y los restantes 6,607 Km² en territorio brasileño (Tabla I).

Tabla I – Cuenca del río Cuareim.

	Área de la cuenca (Km ²)	Cuenca (%)
Brasil	6,608	44.4
Uruguay	8,258	55.6
Total	14,865	100

La mayoría de los afluentes de la región alta de la cuenca en ambos países escurren por terrenos rocosos en régimen torrencial.

Con referencia a los tres afluentes principales del lado uruguayo, los arroyos Tres Cruces, Cuaró y Yucutujá (fig.2.4) que juntos acumulan 4 .685 Km² de cuenca en sus partes altas, son de características torrenciales y en la parte inferior presentan una vegetación importante.

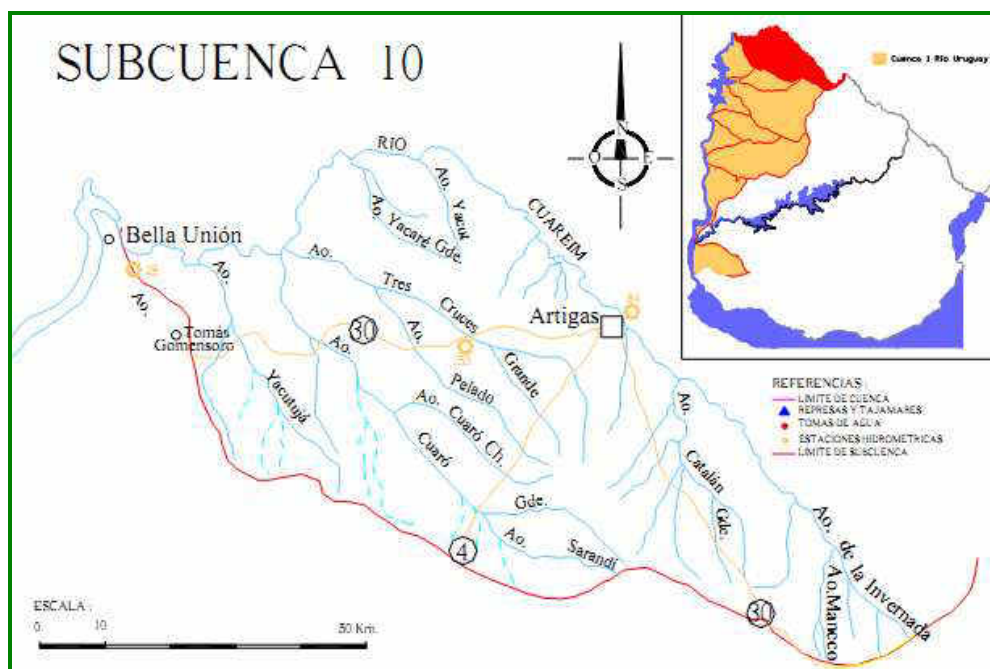


Figura 2.4.- Hemicuenca uruguayana del río Cuareim, en la cual se identifican los principales tributarios. Tomado de García *et al*, 2008.

2.2 Hidrología.

La sub-cuenca del río Cuareim presenta un régimen hidrológico variable, como consecuencia de la irregularidad de las lluvias, ya que el régimen de aportación de las aguas es exclusivamente pluvial. Es por ello que en todos los afluentes del río Cuareim los caudales más importantes se manifiestan inmediatamente después de las lluvias, para observarse luego una rápida disminución en la escorrentía ya que los suelos de la cuenca no cuentan con posibilidad de almacenamiento. Esto determina picos de crecida y descenso rápidos, para luego, en pocos días, volver a sus caudales medios, que en término generales son reducidos.

De los registros de caudales en el río Cuareim, medidos por la Dirección Nacional de Hidrografía (DNH), se aprecia un flujo promedio de 95.8 m³.s⁻¹, con un máximo de 5,335 m³.s⁻¹ (en el año 2001, toma de agua de OSE), y un mínimo de cero. No obstante, los registros

obtenidos en estiaje no arrojan una información fidedigna de los caudales específicos mínimos naturales del Río, ya que están sesgados debido a las extracciones de agua que se realizan para la irrigación de los cultivos de arroz (entre octubre y febrero), siendo muy difícil su cuantificación (Gaviño Novillo, 2005).

De las curvas de permanencia del flujo, el río Cuareim presenta flujos iguales o superiores a los $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante el 64 % del tiempo, mientras que flujos iguales o superiores a los $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ se manifiestan durante el 22.5 % del tiempo (Twinlatin WP1, 2006).

La cuenca del río Cuareim tiene un alto coeficiente de escurrimiento (C), del orden de los 0.46 en Artigas, posee una baja capacidad de almacenamiento y percolación casi nula (Arcelus & Goldenfum, 2005).

Los eventos de inundaciones de mayor o menor magnitud son frecuentes en la cuenca del río Cuareim. Si bien la mayor parte del área inundada corresponde a bosque ribereño, se han registrado afectaciones importantes en las ciudades de Artigas y Quaraí, lo cual significa una amenaza latente para su población. Como consecuencia de las mismas se registran pérdidas económicas importantes.

El 80 % de las crecidas mantienen picos que no llegan a producir inundaciones en las ciudades de Artigas y Quaraí. En Artigas el río comienza a salirse de cauce, cuando se superan los 6.80 m (escala DNH en toma de agua de OSE), y las evacuaciones comienzan cuando el nivel supera los 8.30m.

2.3 Climatología de la cuenca.

Los estadísticos climatológicos que se consideran para esta caracterización, son los provenientes de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM). Sin embargo, los registros disponibles en la página web de dicha Dirección no se encuentran actualizados, ya que los estadísticos se basan en registros obtenidos entre los años 1961 y 1990.

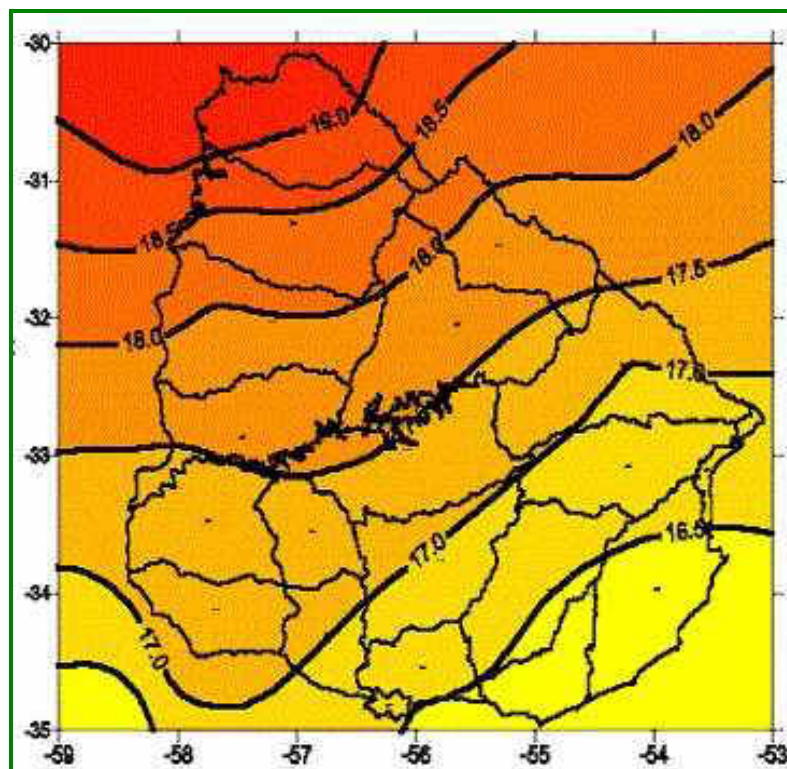


Figura 2.5.- Isotermas de temperatura media anual ($^{\circ}\text{C}$) en el Uruguay (1961-1990).
Tomada de: www.meteorología.gub.uy.

La cuenca del río Cuareim posee un clima templado húmedo subtropical, de gran amplitud térmica diaria: en el mes más frío las temperaturas oscilan entre 3 y 18 °C, y en el mes más caluroso la diferencia alcanza los 22 °C (fig. 2.5) . La temperatura media anual es de 19 °C, con máximas y mínimas absolutas de 40.8 y -5.2 °C respectivamente (fig. 2.6).

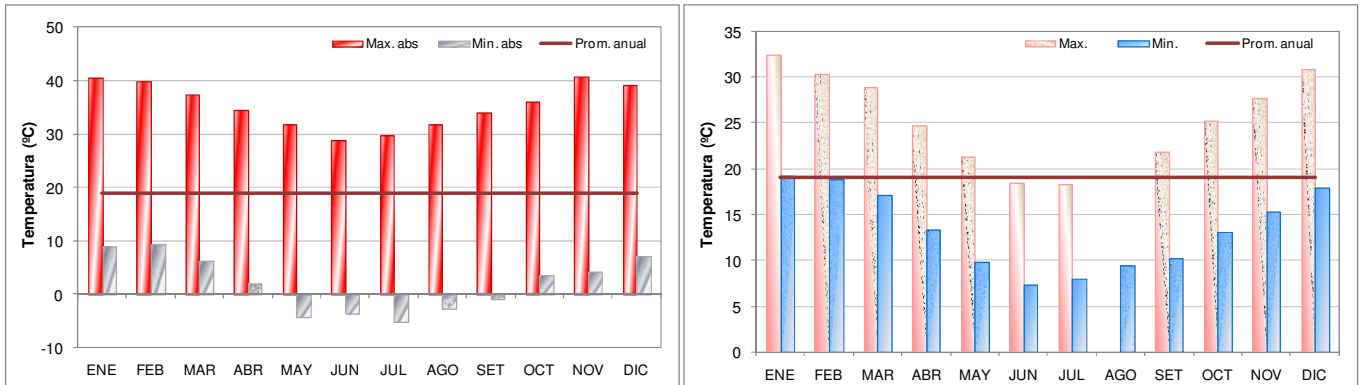


Figura 2.6.- Temperaturas máxima y mínimas absolutas (izq), y promedios de temperaturas máximas y mínimas (der), en comparación al promedio anual para el período 1961-1990. Fuente de datos: DNM.

Presenta un régimen de precipitaciones acumuladas medias que varía entre 1,300 mm y 1,500 mm (fig. 2.7), con una distribución estacional aproximadamente uniforme (en el verano 20%, en el otoño 22%, en el invierno 24,5% y en la primavera 23%), presentando no obstante una fuerte variación interanual (Chediak *et al*, 2008). Llueve en promedio 66 días al año, variando entre 5 ó 6 días por mes (fig. 2.8).

Según Arcelus y Goldenfum, se evidencian en el área, elevados índices de variabilidad mensual (superiores al 80%) y un bajo índice de variabilidad anual (inferiores al 30 %).

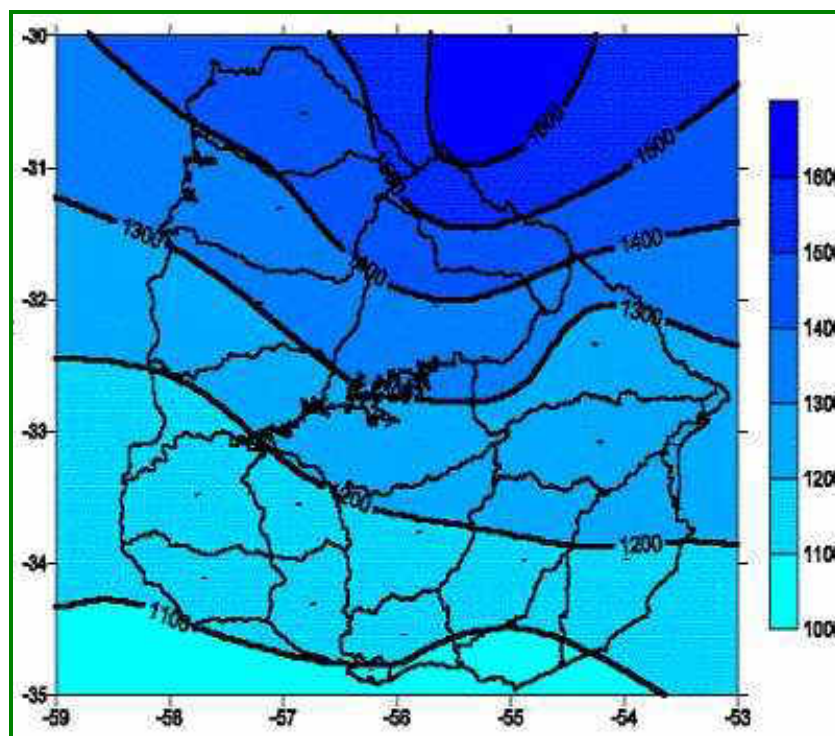


Figura 2.7.- Precipitación media anual (mm) en el Uruguay (1961-1990). Tomada de: www.meteorología.gub.uy.

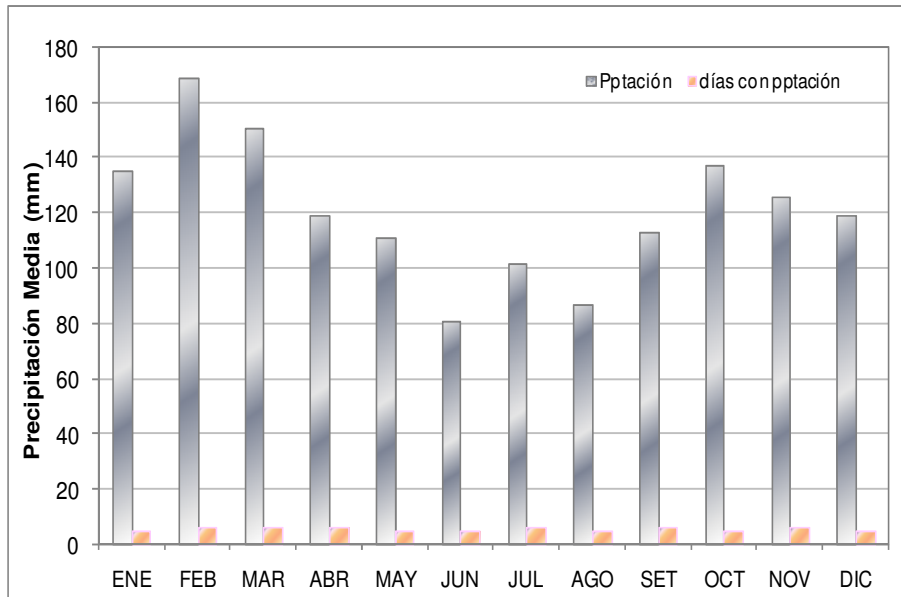


Figura 2.8.- Promedio de precipitación mensual y de días en que se registran precipitaciones > 1 mm en Artigas, para el período 1961-1990. Fuente de datos: DNM.

Los vientos dominantes provienen de los sectores NE y E con una intensidad que promedia los 4.1 m/s.

La insolación, es decir, las horas efectivas de sol en el área se encuentra por encima de las 2,500 a 2,600 horas (fig. 2.9).

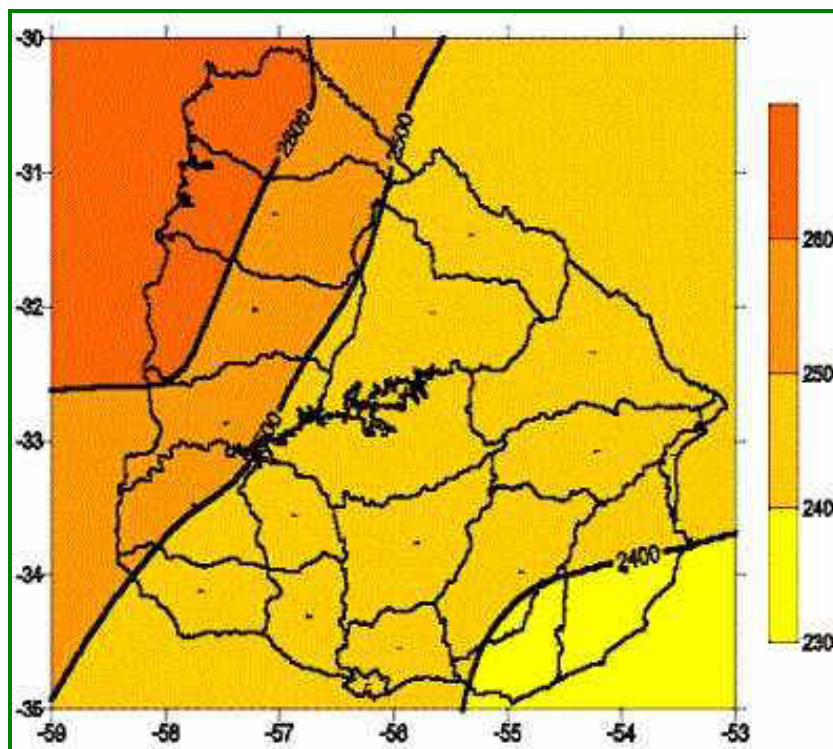


Figura 2.9.- Insolación media anual (hs) en el Uruguay (1961-1990). Tomada de: www.meteorología.gub.uy.

2.4 Suelos, usos y explotación.

La cuenca tiene suelos desarrollados sobre basalto (lavas de Arapey), y dadas las características geológicas y geomorfológicas de la roca basáltica, las diferencias en las características y propiedades de los suelos radican en la profundidad del *solum* de los mismos (Molfino *et al.*, 2000).

En la cuenca alta predominan los suelos superficiales (hasta 40 cm), con alta rocosidad y/o pedregosidad, escarpas y afloramientos rocosos, los que presentan muy baja aptitud agrícola. Frecuentemente afloran las rocas ígneas sobre las rocas sedimentarias (fig. 2.10).

La cuenca media está integrada por tierras con variable aptitud agrícola. Existen suelos muy superficiales y con altos grados de rocosidad y pedregosidad, en transición con suelos más profundos y algunos de alta aptitud agrícola.

Eso cambia en la parte baja de la cuenca, donde aparecen suelos con alta capacidad agrícola, profundos, de alta fertilidad natural, texturas arcillosas, ubicados en las planicies aluviales adyacentes a las grandes vías de drenaje de la región fig. 2.10).



Figura 2.10.- Paisaje característico de suelos superficiales (izq) y de suelos de basalto profundo (der.)
Tomado de Molfino *et al.*, 2000.

Entre las actividades productivas de la cuenca se encuentran la ganadería, la agricultura, la forestación, la minería (de piedras semi-preciosas), la extracción de arena y cantos rodados. No obstante, en la hemicuenca S, los principales usos del suelo corresponden a: urbano, ganadero y agrícola (principalmente arroz).

En conjunto, estas actividades impactan el ambiente, lo que se refleja en la degradación de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y comprometen la cantidad de agua.

La actividad ganadera es la actividad de mayor importancia económica del lado uruguayo. El área ganadera de la hemicuenca S se encuentra principalmente al este del arroyo Tres Cruces, la cual se lleva a cabo en forma extensiva. Según la División Contralor de Semovientes (DICOSE), en el año 2012 en número de cabezas de ganado en el departamento de Artigas era de 1,241,005 ovinos y 780,844 vacunos (fig. 2.11). Si bien esta información corresponde a todo el departamento, cabe señalar que la mayor parte del área ganadera se sitúa en la cuenca del río Cuareim.

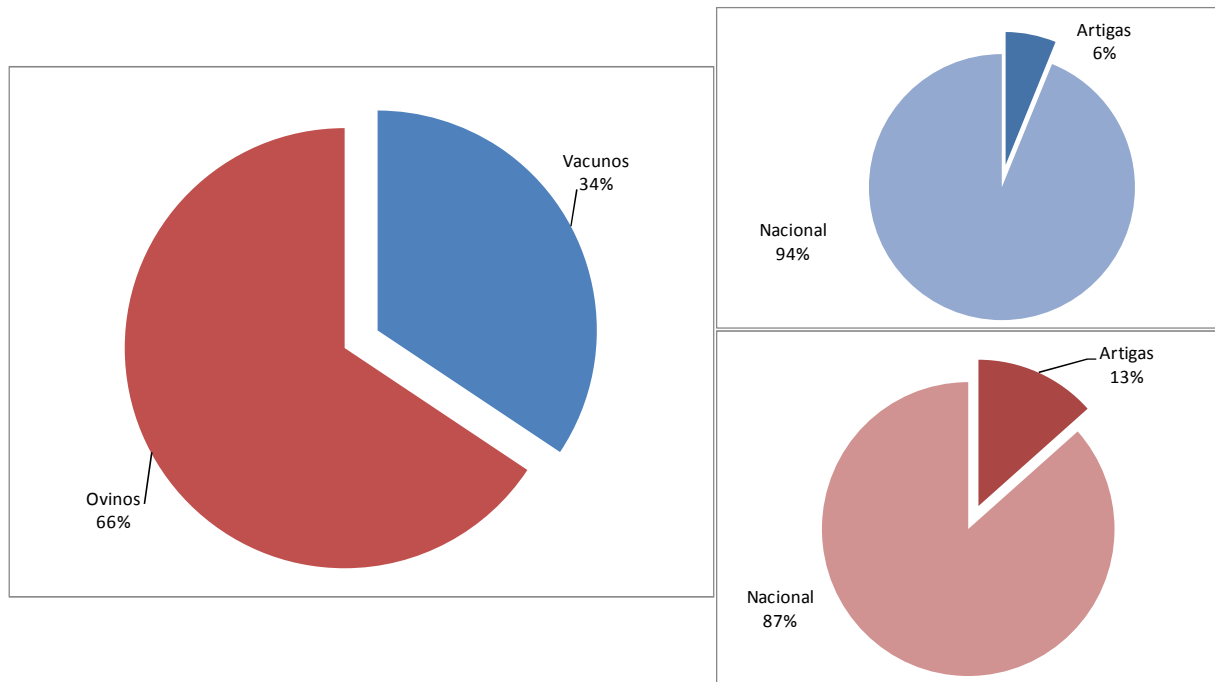


Figura 2.11.- Repartición del ganado en el departamento de Artigas (izq.). A la derecha se comparan los totales departamentales de vacunos (sup.) y ovinos (inf.) con los totales nacionales. Fuente de datos: DICOSE.

En lo que refiere a la agricultura, encontramos que la principal explotación de la cuenca es el cultivo de arroz irrigado, seguido por la caña de azúcar, la horticultura y la vitivinicultura.

El cultivo de arroz es la actividad económica de mayor importancia en el lado brasilero, mientras que en la hemicuenca uruguaya, es la segunda actividad económica en importancia. Desde sus inicios, los cultivos de arroz gozan de un crecimiento constante.

Si bien solo el 45 % de la cuenca pertenece a Brasil, el 67 % de los campos arroceros (fig. 2.12) se ubican en este país (Twinlatin WP3, 2009).

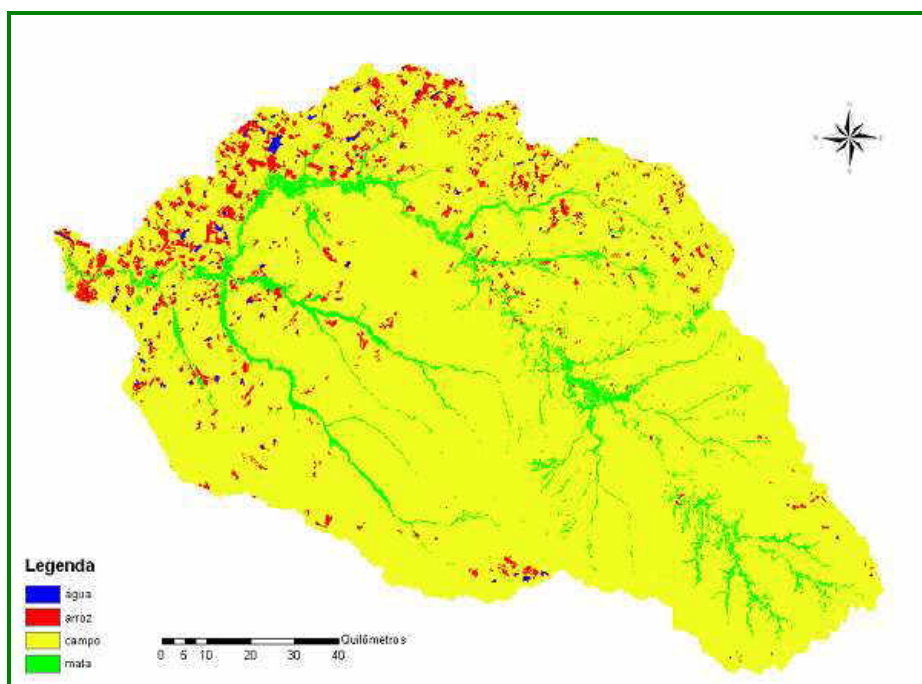


Figura 2.12.- Uso del suelo en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Twinlatin WP3.

En la margen izquierda del río Cuareim, el cultivo de arroz se da principalmente en la parte baja de la cuenca, aunque no exclusivamente. De acuerdo a Chediak *et al.*, este sector ha incrementado el área de siembra hasta 1998, y desde entonces se ha mantenido relativamente estable.

Se trata de un cultivo de verano, que se basa en un sistema de producción de baja intensidad, en rotaciones con pasturas e integrado con la producción ganadera.

Los anuarios estadísticos que publica la DIEA, para las estadísticas arroceras se divide al país en tres regiones: Norte y litoral Oeste, Centro y Este. Los datos que se consideran a los efectos de este informe corresponden a la zona Norte y litoral Oeste. Si bien a ésta zona la conforman los departamentos de Artigas, Salto, Paysandú, Río Negro y Soriano, como puede apreciarse en la figura 2.13 la mayor parte del área arrocerá se concentra en el departamento de Artigas y al N del departamento de Salto.

Por onceavo año consecutivo, y como puede apreciarse en la Tabla II, el mayor nivel de productividad arrocerá en el Uruguay, corresponde a la zona Norte-litoral Oeste (Méndez, 2012). Este rendimiento se explica por el avance tecnológico y por el manejo de los cultivos que se produce. La mayor parte de los productores de arroz, cultiva bajo el régimen combinado con la ganadería, plantando pradera cuando no se produce arroz.

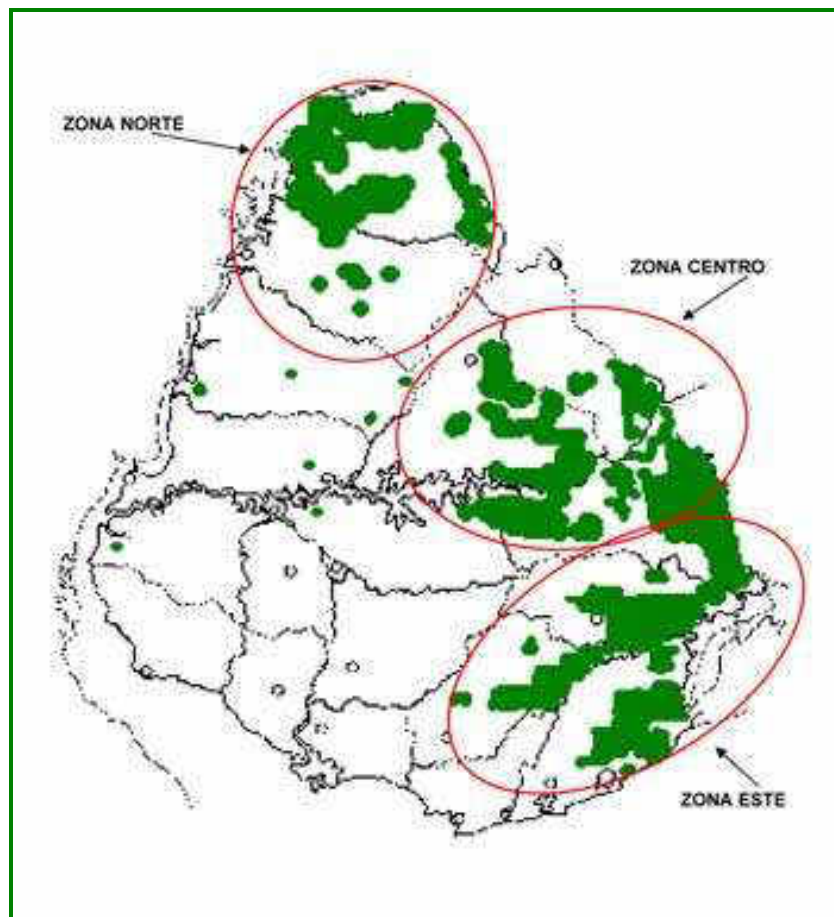


Figura 2.13.- Zonas arroceras en el Uruguay, según la Asociación de Cultivadores de Arroz. Tomada de: www.aca.com.uy.

Tabla II – Rendimiento de los cultivos de arroz, por zona de producción, para el período 1998 2012. Fuente de datos: encuesta arrocera, MGAP.

Zafra	N y litoral W	Centro	Este	Total nacional
1997/98	5,509	4,209	5,133	5,086
1998/99	7,239	6,139	6,166	6,383
1999/00	6,084	6,041	6,534	6,384
2000/01	7,102	6,585	6,621	6,704
2001/02	6,950	5,882	5,537	5,863
2002/03	6,530	5,205	5,821	5,905
2003/04	7,749	6,209	6,536	6,771
2004/05	6,845	6,282	6,706	6,600
2005/06	7,905	6,834	7,165	7,290
2006/07	8,262	8,045	7,757	7,881
2007/08	8,322	7,637	7,808	7,901
2008/09	8,156	8,152	7,953	8,012
2009/10	7,344	6,573	7,079	7,094
2010/11	s/d	s/d	s/d	8,400
2011/12	8,635	8,479	7,556	7,850

La caña de azúcar ha sido un cultivo importante en la zona de Bella Unión, desde la creación de CALNU en 1965. Se trata de un cultivo de verano, que se realiza bajo riego. Para la zafra 1990/91 el sector cañero conquista la mayor superficie cosechada, siendo de 10,758 ha. Sin embargo, a partir del año 1994 esta industria sufre un franco retroceso, alcanzando una superficie mínima cosechada de 2,750 ha para la zafra 2000/01 (Chediack *et al.*, 2008, DIEA & OPYPA, 2000).

Desde al año 2006, bajo la gestión de Alcoholes del Uruguay (ALUR) el ingenio azucarero de la zona ha aumentado paulatinamente su cosecha y su producción (fig. 2.14), alcanzando un área cosechada de 6,480 ha para la zafra 2010/11 (DIEA, 2012).

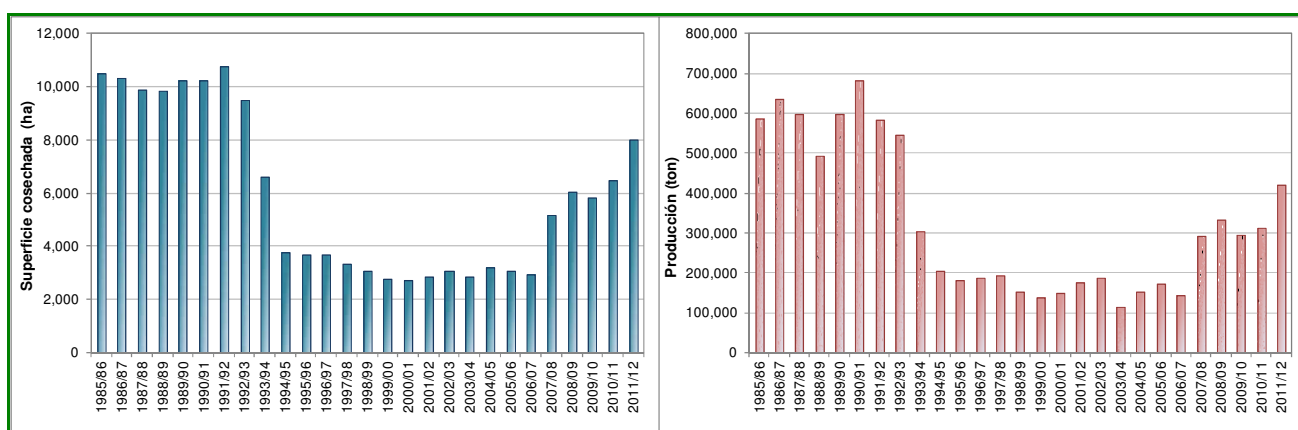


Figura 2.14.- Retrospectiva de área cosechada (zq) y de la producción (der.) de caña de azúcar. Fuente de datos: DIEA.

En la parte baja de la cuenca exclusivamente, la actividad vitivinícola, además de contar con plantaciones de vid, posee un emprendimiento para su posterior procesado. La horticultura posee en la cuenca baja, una industria procesadora de materias prima (García *et al.*, 2008).

En el departamento de Artigas existen una gran cantidad de cateos exploratorios, cavas y canteras para la explotación de ágatas y amatistas. La mayor actividad se concentra sobre la cuenca del arroyo Catalán Grande, en las cercanías de la capital departamental y en los valles de los arroyos Cuaró y Tres Cruces. El volumen de extracción fluctúa como consecuencia de la demanda externa. El sistema de explotación de estos recursos ha cambiado gradualmente, pasando de la explotación tradicional a cielo abierto a nuevos proyectos de sistemas tecnológicos, facilitando el acceso a niveles de mayor productividad.

El principal impacto debido a la extracción de piedras semi-preciosas se relaciona con el movimiento de los suelos, lo cual puede desencadenar un proceso de erosión que conduce a la sedimentación en el río. Por otra parte, el paisaje natural se transforma por completo. Las minas a cielo abierto son ampliadas hasta que el recurso se agota, y una vez que esto ocurre, pueden convertirse en vertederos para la eliminación de residuos sólidos, o como depósitos de agua (Twinlatin WP 6, 2009).

La extracción de arena se realiza en aquellos sitios donde se depositan sedimentos, es decir en el fondo de valles y ríos, y a menudo coincidiendo con bosques ribereños. Si bien la extracción de arena genera puestos de trabajos directos o indirectos, también genera impactos negativos en la cuenca. Esta actividad trae consigo la destrucción de la vegetación ribereña, la concomitante pérdida de hábitat de los animales que allí habitan y cambios en la morfología del río. Esta actividad no está controlada en la cuenca del río Cuareim, y se realiza manualmente (fig. 2.15). En la margen izquierda del río Cuareim, se ha removido parte de la vegetación ribereña, generando un mayor sitio de exposición para la extracción de arena (Twinlatin WP 6, 2009).



Figura 2.15.- Extracción de arena en el río Cuareim.

En la cuenca del río Cuareim, especialmente en la hemicuenca brasilera, se ha desarrollado un nuevo tipo de actividad económica: la forestación. Se observan plantaciones de eucaliptos y pinos, a gran escala, las cuales vienen a reemplazar las praderas naturales.

Estos dos tipos de árboles se cultivan desde hace décadas en el estado de Rio Grande do Sul, y se utilizan principalmente para la producción de madera y de papel. Se estima que las plantaciones de eucaliptos aumenten en el futuro próximo (Twinlatin WP6, 2009)

2.5 Poblaciones.

Dentro de la cuenca del río Cuareim, solo una pequeña área está urbanizada, lo cual representa aproximadamente el 1% del área total.

Sobre la margen derecha se asientan las ciudades de Quaraí y Barra do Quaraí, con una población cercana a los 27,000 habitantes (Tabla III). Si bien las ciudades de Uruguayana y Santana do Livramento también tienen territorio dentro de la hemicuenca brasilera, sus poblaciones se encuentran fuera del área de la cuenca (Twinlatin WP6, 2009).

Tabla III – Evolución de la población de la ciudades brasileras asentadas en la cuenca del río Cuareim. Fuente de datos: IBGE, 2010.

Ciudad	Censo	Población (hab)
Quaraí	1991	22,083
	1996	23,143
	2000	24,002
	2007	22,552
	2010	23,021
Barra do Quaraí	2000	3,884
	2007	3,776
	2010	4,012
TOTAL	2010	27,033

En tanto la hemicuenca uruguaya es más poblada, con un total aproximado de 55,000 habitantes (Tabla IV), sin embargo la mayor parte de los poblados poseen menos de 1,000 habitantes, y mantienen características rurales (fig. 2.16).

Tabla IV – Población en la hemicuenca uruguaya. Localidades con población superior a 1,000 hab. Fuente de datos: INE.

Localidad	Población (hab)
Artigas	40,658
Pintadito	1,642
Tomás Gomensoro	2,659
Baltasar Brum	2,531
Las Piedras	2,771
Total	50.261

El total de la población del municipio de Quaraí y del departamento de Artigas, viven en la cuenta alrededor de 80,000 habitantes. Las ciudades de Artigas (Uruguay) y Quaraí (Brasil), unidas por el puente internacional de La Concordia (fig. 2.17), concentran más del 75 % de los habitantes de toda la cuenca. Sus pobladores han desarrollando históricamente un íntimo contacto entre sí y con el río, el cual se comporta como un elemento de unión más que como una barrera física (García *et al.*, 2008).



Figura 2.16.- Principales asentamientos urbanos en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Twinlatin WP6.

No se espera un crecimiento en las poblaciones de estas ciudades, debido al estancamiento observado en las últimas décadas. En cambio, las localidades rurales tienden a disminuir su población. Con base en esto, se estima que tanto los patrones de gasto de agua, ya sea para consumo humano como la generación de aguas residuales, se mantengan inalterables.

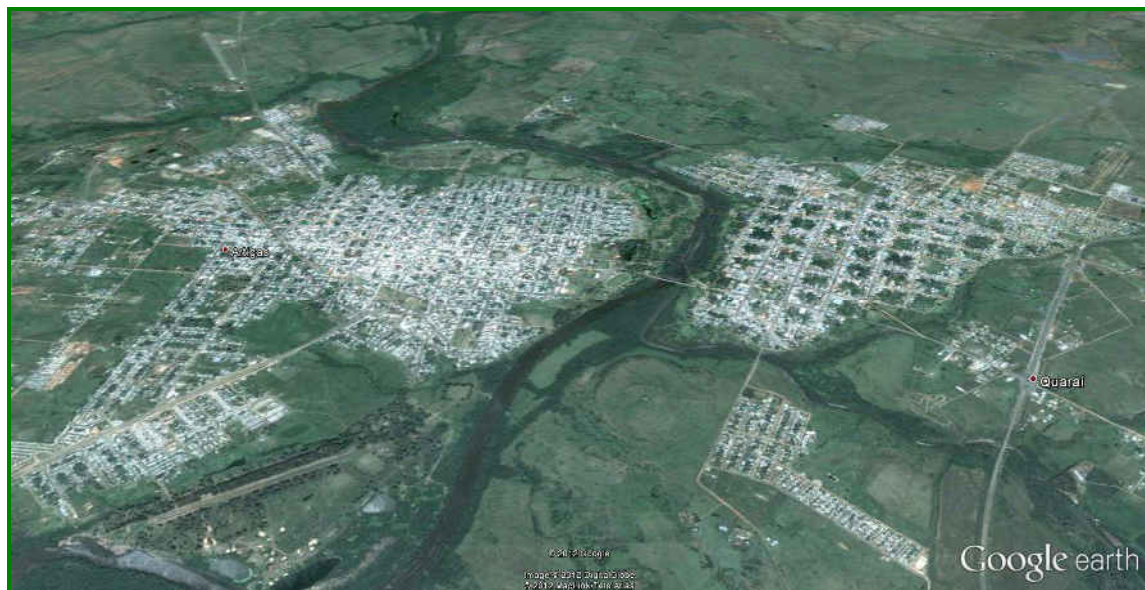


Figura 2.17 – Vista de las ciudades de Artigas (izq.) y Quaraí (der.).

2.6 Usos del agua.

El agua de la cuenca del río Cuareim se utiliza principalmente para riego, actividades ganaderas y para satisfacer el abastecimiento para consumo humano, pero también se utilizan para la industria, la recreación y la pesca.

2.6.1 Embalses y tomas para riego.

Según se publica en el informe final del *Proyecto Piloto Demostrativo de Cuenca del río Cuareim/Quaraí* (Gaviño Novillo, 2005 - Tabla V), la demanda más elevada de agua en la cuenca del río Cuareim se da para la irrigación de los cultivos, especialmente el arroz.

Tabla V – Demanda de agua en la cuenca del río Cuareim. Tomada de Gaviño Novillo.

Uso	Hemicuenca N (m ³)	Hemicuenca S (m ³)	Total de la cuenca (m ³)	%
Consumo humano	209,291	8,400,658	8,609,949	1.26
Ganadería	5,560,746	1,194,215	4,754,961	0.69
Irrigación	449,550,000	219,280,000	668,835,000	97.65
Otros usos	21,583	2,703,417	2,725,000	0.40
Total	453,341,620	231,578,290	684,919,910	100

El agua es un recurso fundamental para la producción de arroz, por lo que la falta del recurso en los meses en que se debe irrigar los cultivos (noviembre a febrero) es un factor limitante para el mantenimiento del cultivo y el incremento en la superficie a ser cultivada.

En un principio, el agua destinada a la irrigación es extraída de forma directa del río Cuareim y sus afluentes, utilizando sistemas de bombeo. Pero la importante expansión de los cultivos en regadío, aumentó la demanda de agua, por lo que los productores optan por construir embalses de agua en zonas altas, que sirven como reservorios y que permiten el riego por gravedad. De esta forma almacenan agua durante el invierno para abastecer a los cultivos durante el verano. Como se aprecia en la figura 2.18 el número de embalses aumento considerablemente desde la zafra 1987/88, especialmente los 10 primeros años.

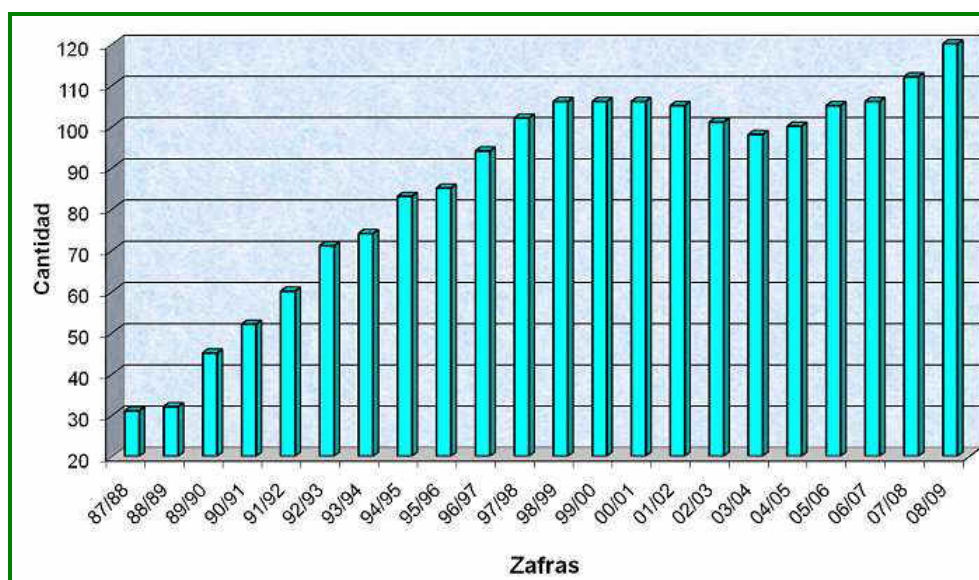


Figura 2.18 – Cantidad de embalses registrados en la cuenca del río Cuareim, por zafra arrocer. (Tomada de Gussoni, 2009).

La mayor parte de los reservorios de agua para irrigación se localizan en la hemicuenca N, con el 67 % de los reservorios (Twinlatin WP3, 2009). En la hemicuenca uruguaya, en las regiones NW y W es donde se encuentran el mayor número de embalses agrícolas. Si bien el agua embalsada se destina fundamentalmente a la irrigación de los cultivos de arroz, también se

utilizan para riego de la caña de azúcar o como abrevaderos para el ganado (Gussoni, 2009). Se estima que los cultivos de arroz consumen aproximadamente 11,000 m³/ha-año.

El río Cuareim y sus afluentes son una fuente directa de agua para riego. De acuerdo a los permisos de extracción, el porcentaje de agua que es utilizada para abastecimiento de las poblaciones es mínimo en comparación con lo que se destina para riego (CRC - IMFIA, 2004).

2.6.2 Tomas de agua para potabilización y abastecimiento.

El abastecimiento de agua en el Uruguay es realizado por la OSE, y en el Brasil por la empresa concesionaria CORSAN. Ambas empresas se abastecen mediante tomas directas sobre el Río.

La disponibilidad de agua en las tomas de las ciudades tiene relación al manejo del agua río arriba, y en los afluentes que desembocan previos a las tomas. Cabe señalar que si bien el abastecimiento en las épocas de estiaje ha sido un problema en ambas ciudades, actualmente ya no lo es para Artigas, ya que la OSE ha realizado perforaciones subterráneas de modo de acceder a una fuente de abastecimiento alternativa. Por su parte, la ciudad de Quaraí se abastece casi exclusivamente del agua del río Cuareim, con lo cual en épocas de estiaje se debe racionar el agua con severas consecuencias.

En el Artículo II, inciso b), del acuerdo de cooperación firmado entre los gobiernos de Brasil y Uruguay, para el “Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim” se establece que las partes contratantes procurarán alcanzar “la utilización racional y equitativa del agua con fines domésticos, urbanos, agropecuarios e industriales”.

En el Artículo II del “Ajuste Complementario al Acuerdo de Cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim” dice que “Se dará prioridad al abastecimiento de agua potable a las poblaciones ribereñas,...”. En el Artículo IV de este Ajuste, a su vez, “Las Partes establecen, con carácter provisorio, que el caudal específico será igual a 0.4 l/s/Km²”.

Según consta en el informe del “Plan de monitoreo ambiental en la cuenca del río Cuareim (margen izquierda)”, el consumo autorizado para abastecimiento de las poblaciones es de 103 l/s, lo que representa el 1 % de los usos de quita en la cuenca.

2.6.3 Otros usos.

No se identifican extracciones con fines industriales, como agua de proceso.

La pesca tanto recreativa como comercial no posee en la cuenca un uso cuantitativo importante, y tampoco se ejercen usos de navegación.

Como uso recreativo, existe un balneario aguas arriba del puente de la Concordia, que une las ciudades de Artigas y Quaraí. Esta zona es frecuentada por la población local, durante el verano.

2.7 Conflictos identificados en la cuenca.

Cada uso requiere una cierta cantidad y calidad de agua. Cada uso puede modificar la cantidad o la calidad del agua, y en consecuencia puede afectar otros potenciales usos.

2.7.1 Conflictos de uso.

Los principales conflictos de uso tienen origen en la escasez temporaria o extendida de los recursos hídricos, de manera de mantener las actividades productivas y el abastecimiento de agua a las poblaciones.

Desde el punto de vista económico, el agua tiene la particularidad de que se trata de un bien cuyos derechos de propiedad no están bien asignados. En relación a esta característica es que se genera un problema bien estudiado por la economía denominado problema de los bienes

comunes: la falta de derechos de propiedad sobre el bien lleva a un uso no eficiente del mismo con su consecuente sobreexplotación. La razón de esto se debe a que los distintos usuarios del bien común no toman en cuenta al utilizar el recurso el efecto negativo que resulta en los demás agentes no contar con el mismo (externalidad negativa). En el caso de la cuenca del río Cuareim, este problema se ve agravado en la medida que los agentes involucrados habitan dos países distintos (cuenca transfronteriza).

El período de mayor consumo de agua es el verano, cuando se ve peligrar el abastecimiento de agua para las poblaciones.

Asimismo, como ya se mencionara, el agua es fundamental para la producción arrocerá, y la falta del recurso en los meses de verano puede limitar la superficie cultivada o generar pérdidas en cultivos ya iniciados.

La calidad del agua aguas abajo de los sistemas de riego puede verse afectada por el incremento de la carga orgánica de la cuenca, especialmente por el incremento en su carga contaminante de productos utilizados en los sistemas agrícolas (agroquímicos, fertilizantes y pesticidas). Las características ecológicas de las áreas con riego han sufrido modificaciones por la introducción de especies (cultivos) y la alteración del ecosistema en forma integral. Dependiendo de la efectividad en el control de los procesos de erosión y contaminación de las aguas con agroquímicos y deslizamientos de laderas, los efectos se manifiestan en toda la cuenca. Es de remarcar que el ecosistema local pertenece a una ecoregión que no presenta un alto grado en su conservación.

2.7.2 Conflictos ambientales relacionados a la disposición de efluentes urbanos.

Por su parte, los asentamientos urbanos inciden en la cuenca en los aspectos inherentes de las aglomeraciones humanas, como ser la generación de líquidos cloacales y de residuos sólidos urbanos.

Quizás uno de los problemas más notorios desde el punto de vista ambiental en la cuenca lo constituye la disposición final de las aguas servidas de la ciudad de Quaraí en la "Sanga da Divisa", afluente directo del río Cuareim en la zona próxima a las ciudades. La disposición final de esta ciudad no posee tratamiento, por lo que se considera altamente contaminante. En épocas de estiaje el caudal de la zanja no es suficiente para disolver los residuos cloacales, pero cuando el Río supera cierta cota, los efluentes de la zanja desbordan hacia la zona de las tomas de agua (Gaviño Novillo, 2005).

La ciudad de Artigas cuenta con servicio de saneamiento, el cual cubre el 50 % de su población (dato del 2009). La red de saneamiento cuenta con 73 km de redes, y el tratamiento se realiza mediante dos plantas de tratamiento ubicadas al NW y al SE de la ciudad. De las 6,424 conexiones de alcantarillado con que cuenta la ciudad, se estima que aproximadamente 5,300 corresponden a la planta depuradora que se ubica al NW y las restantes 1,124 corresponden a un sistema independiente (barrio Ayuí) (OSE, 2009).

La planta depuradora de la ciudad de Artigas posee tratamiento primario, con digestión (tanque Imhoff) y secado de los lodos removidos. La cámara de entrada al sistema de tratamiento, posee una conexión bypass del proceso, la cual permite desviar parcial o totalmente el caudal de ingreso hacia el emisario. El efluente tratado es vertido al río Cuareim, a través de un caño colector de 0.45 m de diámetro y de 950 m de longitud.

En 1992, la capacidad de la planta de tratamiento ya se encontraba excedida, por lo cual el tratamiento se realiza en forma parcial, es decir parte ingresa al sistema de tratamiento, y parte se desvía por el bypass al emisario, descargando en forma cruda al río Cuareim. A su vez, durante eventos de crecidas extraordinarias, la planta de tratamiento se inunda.

En cuanto al sistema independiente del barrio Ayuí, posee tratamiento secundario en base a una laguna facultativa previa al vertimiento en la zanja Caballero. Esta laguna no presenta estructuras de entrada y salida adecuadas, y se encuentra en una zona inundable. Debe

mencionarse que esta laguna no fue concebida como definitiva, sino que debe ser sustituida ya sea por una nueva planta depuradora, o por una red de bombeo que vincule los líquidos efluentes del barrio Ayuú con los del resto de la ciudad.

A ello se suma que en las viviendas no cubiertas por la red, los pozos negros y fosas sépticas tampoco se encuentran en las condiciones debidas, lo que sumado al mal funcionamiento de la recolección y disposición final por las barométricas, genera problemas ambientales y sanitarios.

Actualmente el saneamiento de la ciudad de Artigas se encuentra en obra. Se prevé que todos los líquidos cloacales provenientes del sistema de alcantarillado (ya sea a través de sistemas de bombeo o por gravedad) y de los sistemas individuales (pozos negros), se concentren en un único punto de vertido. Se ampliará la planta de tratamiento, la cual mantendrá su ubicación actual, y se planean nuevas conexiones al alcantarillado. El sistema contará con sistema de tratamiento biológico secundario, con tratamiento anaerobio para la eliminación de fósforo, y posterior tratamiento anaerobio del tipo de lodos activados en la modalidad de aireación extendida con desnitrificación, con desinfección UV. Los lodos se deshidratan mediante filtros de banda, con posterior disposición en el vertedero municipal. (OSE, 2009)

Debido a la existencia de crecientes extraordinarias que puede superar los niveles topográficos locales la nueva Planta estará sobre-elevada según se detalla en el diseño de proyecto respectivo (OSE, 2009).

Esta planta entraría en funcionamiento a fines del año 2013. (IdeA, 2012)

3 CLASIFICACION SEGÚN USOS Y ESTANDARES DE CALIDAD DEL AGUA

La contaminación del agua constituye uno de los principales problemas ambientales de nuestros tiempos. Es un problema global, que no puede circunscribirse a un espacio territorial determinado, por haber adquirido dimensiones mundiales, característica general de los problemas ambientales. Esto hace indispensable el establecimiento de una política de protección del agua y lucha contra la contaminación originada por los vertidos, que permita frenar el avance de la degradación, que tan graves consecuencias acarrea, no solo para la salud y la vida humana, sino también para el propio equilibrio de los sistemas naturales y la vida animal y vegetal.

El carácter indispensable de este recurso natural para la vida y su enorme trascendencia económica, unidos a la enorme presión que se está produciendo sobre el mismo como consecuencia en un aumento de su consumo y de su creciente contaminación han aumentado las preocupaciones por el mantenimiento de su calidad. El deterioro progresivo del medio acuático ha provocado que el punto álgido de las preocupaciones en torno al agua se haya trasladado desde una perspectiva de estricta gestión del recurso a una perspectiva ambiental de protección de calidad del agua y de lucha contra su contaminación.

Considerando estas variaciones, los diferentes Estados, han desarrollado una serie de herramientas para asegurar que los aportes antrópicos, especialmente el aporte de tóxicos, no superen la capacidad de resiliencia del ambiente, provocando una degradación irreversible o generando un daño ambiental que no pueda ser amortiguado. Estas herramientas pueden ser diferentes, según el país al cual se refiera y a su legislación, pudiéndose contar con:

- niveles guía de calidad,
- objetivos de calidad, ó
- estándares de calidad

Los *niveles guía de calidad* son una expresión cuantitativa o narrativa emergente de un requerimiento científico inherente a un parámetro de calidad respecto a un destino específico asignado.

Los *objetivos de calidad* son una expresión cuantitativa o narrativa inherente a un parámetro de calidad en un programa de manejo del ambiente, respecto a un destino específico asignado al mismo que resulta de considerar, además del requerimiento científico antes mencionado, su calidad actual y las restricciones tecnológicas y socioeconómicas.

El *estándar de calidad* es una expresión cuantitativa o narrativa, fijada con carácter de cumplimiento obligatorio para parámetro de calidad en relación a un uso específico asignado al ambiente.

Estos marcos referenciales deben servir como herramienta para la toma de decisiones sobre la asignación de destinos para los recursos hídricos superficiales, subterráneos y su lecho, así como para definir estrategias apropiadas para la protección y la recuperación de la calidad de los mismos, asociadas a la salvaguardia de los componentes bióticos involucrados. Para ello es necesario clasificar a las aguas, asignándoles diferentes usos.

Los países deben hacer cumplir, a través de sus instituciones competentes, las Normas que velan por conservar la calidad ambiental del recurso, para lo cual regulan las actividades antrópicas por medio de normas jurídicas nacionales.

El río Cuareim, es una cuenca transfronteriza, que no cuenta con un régimen estatutario propio, y que, hasta entonces, se rige por las normas del estatuto de la Comisión Mixta Uruguayo-Brasileña para el Desarrollo de la Cuenca de la Laguna Merín (CLM). Tampoco cuenta con estándares o niveles guía de calidad de agua definidos, por lo cual, a efectos de este estudio se compararán los valores obtenidos con la normativa nacional.

La normativa nacional es el Código de Aguas, regulado por el Decreto 253/79 y modificaciones, cuya última modificación, en este aspecto, fue en 1989. Éste Decreto regula la calidad del agua y las emisiones a través de estándares, la normativa nacional garantiza que los vertidos al río Uruguay así como la calidad de los afluentes sea consistente con las expectativas de calidad del Río definidas en el Tema E3.

El decreto 253/79 y modif.. clasifica los cuerpos de agua en 5 clases:

CLASE 1

Aguas destinadas o que puedan ser destinadas al abastecimiento de agua potable a poblaciones con tratamiento convencional.

CLASE 2

a) Aguas destinadas al riego de hortalizas o plantas frutícolas u otros cultivos destinados al consumo humano en su forma natural, cuando éstas son usadas a través de sistemas de riego que provocan el mojado del producto.

b) Aguas destinadas a recreación por contacto directo con el cuerpo humano.

CLASE 3

Aguas destinadas a la preservación de los peces en general y de otros integrantes de la flora y fauna hídrica, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyo producto no se consume en forma natural o en aquellos casos que siendo consumidos en forma natural se apliquen sistemas de riego que no provocan el mojado del producto.

CLASE 4

Aguas correspondientes a los cursos o tramos de cursos que atraviesan zonas urbanas o suburbanas que deban mantener una armonía con el medio, o también aguas destinadas al riego de cultivos cuyos productos no son destinados al consumo humano en ninguna forma.

De acuerdo con lo dispuesto por la Ley N° 16.112 (30 /05/1990) y Ley N° 16.170, Arts. 456 y 457 (28/12/1990), el organismo competente para aplicar medidas que impidan el deterioro de los recursos hídricos es el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA).

En función de sus competencias, mediante resolución ministerial del 25 de febrero 2005, el MVOTMA clasifica en forma genérica, en la clase 3 prevista en el art. 3º del decreto 253/79 del 9 de mayo de 1979, todos los cuerpos y cursos de agua cuya cuenca tributaria sea mayor a 10 km² y que a la fecha no han sido clasificados. Esta clasificación no obstará a que se proceda a clasificar en forma específica cursos o cuerpos de agua o parte de los mismos.

En la tabla VI se listan los valores estándar correspondientes a la Clase 3.

Tabla VI – Estándares de calidad de agua definidos para Clase 3 del Decreto 253/79 y modif..

PARAMETRO	ESTANDAR
OLOR	No perceptible
MATERIALES FLOTANTES Y ESPUMAS NO NATURALES	Ausentes
COLOR NO NATURAL	Ausente

PARAMETRO	ESTANDAR
TURBIEDAD	Máx 50 UNT
pH	Entre 6.5 y 8.5
OD	Mín 5 mg/L
DBO ₅	Máx 10 mg/L
ACEITES Y GRASAS	Virtualmente ausentes
DETERGENTES	Máx 1 mg/L en LAS
SUSTANCIAS FENOLICAS	Máx 0.2 mg/L en C ₆ H ₅ OH
AMONIACO LIBRE	Máx 0.02 mg/L
NITRATOS	Máx 10 mg/L en N
FOSFORO TOTAL	Máx 0.025 mg/L en P
COLIFORMES FECALES	No se deberá exceder el límite de 2,000 CF/100 mL en ninguna de al menos 5 muestras, debiendo la media geométrica de las mismas estar por debajo de 1,000 CF/100 mL
CIANURO	Máx 0.005 mg/L
ARSÉNICO	Máx 0.005 mg/L
CADMIO	Máx 0.001 mg/L
COBRE	Máx 0.2 mg/L
CROMO TOTAL	Máx 0.05 mg/L
MERCURIO	Máx 0.0002 mg/L
NIQUEL	Máx 0.02 mg/L
PLOMO	Máx 0.03 mg/L
ZINC	Máx 0.03 mg/L

Aquellas variables monitoreadas en este Plan, que no se encuentran reguladas en la normativa nacional, se cotejan con normativa extranjera.

Por ej., en el caso de los Haluros Orgánicos Absorbibles (AOX), se opta por considerar el valor estándar sugerido para el distrito de Berlín (Alemania: Water Quality Class II) a efecto de comparar los valores obtenidos en el monitoreo. El valor estándar utilizado es de 25 µg/l.

4 ASPECTOS METODOLOGICOS: EL PLAN DE TRABAJO.

En este capítulo se presentará el *Plan de monitoreo del río Cuareim*, en el tramo de compartido con Brasil. Este surge ante la necesidad de conocer y describir el estado actual de calidad del agua de este recurso compartido.

La DINAMA es el organismo competente a nivel Nacional de "...la coordinación exclusiva de la gestión ambiental integrada del Estado y de las entidades públicas en general" (Ley 17.283, Art. 8), así como "formular, ejecutar, supervisar y evaluar planes de control de las actividades públicas y privadas que incidan en la calidad de los recursos ambientales" (Agregado Art. 7 Ley General de Protección del Ambiente).

4.1 Antecedentes.

En el año 2006, por invitación de la entonces Dirección Nacional de Hidrografía (DNH), la DINAMA a través del DECA participa del monitoreo llevado a cabo en el marco del Proyecto Twinlatin. (García *et al*, 2008). Dicho monitoreo fue acordado entre la DNH y el IPH (Brasil), y la DINAMA participó del mismo como cooperante de la DNH.

Finalizado el estudio en el marco del Proyecto Twinlatin, el DECA entiende necesario continuar con el monitoreo en dicho curso de agua, de forma de contar con las herramientas que le permitan conocer, vigilar y gestionar la calidad del agua. A su vez, permitirá desarrollar un indicador de estado ambiental que permita evaluar el impacto producido por las actividades que involucren el uso del Río, con una fácil visualización e interpretación destinado a los tomadores de decisión y a la población en general.

4.2 Diseño del Plan de monitoreo.

Los Planes de monitoreo de calidad de agua deben proporcionar datos confiables y científicamente verificables. Para ello, deben planificarse muy bien en todas sus etapas, y basarse en metodologías internacionalmente aprobadas.

La metodología de trabajo para agua se baso en el Programa internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (Guía operativa GEMS/Agua, 3^{ra} Ed, 94.1). Este es el mecanismo del sistema de Naciones Unidas (UN), cuyo objetivo es coordinar y catalizar las actividades de monitoreo y evaluación ambiental realizadas tanto por las Agencias especializadas de UN como por instituciones nacionales e internacionales. Constituye un esfuerzo conjunto de la comunidad internacional destinado a adquirir, a través del monitoreo permanente y su evaluación, los datos y la información necesaria para el manejo ambiental mundial. No obstante se adaptó a las capacidades nacionales disponibles (recursos humanos, equipos, materiales, técnicas, etc.).

4.2.1 Objetivo general.

Conocer el estado de calidad del agua, en el tramo del río Cuareim compartido entre Brasil y Uruguay, que permita evaluar a corto y mediano plazo, los cambios en el sistema frente a los posibles impactos producidos en su cuenca, de modo de poder gestionarla

4.2.1.1 Objetivos específicos.

- a) Identificar descargas puntuales o difusas, tanto domesticas como industriales o agropecuarias que afecten la calidad ambiental.
- b) Evaluar la evolución ambiental en el cuerpo principal del Río.

4.2.2 Frecuencia de muestreo.

Este Plan de monitoreo prevé la realización de campañas bimestrales, a los efectos de cumplir con los objetivos previstos, en función de la capacidades nacionales, y teniendo en cuenta que la variación en la calidad del agua puede ser cíclica o aleatoria, especialmente en los ríos.

4.2.3 Estaciones seleccionadas para cada sustrato.

Durante la revisión del plan de monitoreo, se mantienen los sitios muestreados durante el proyecto Twinlatin. Sin embargo se realizan algunas modificaciones, ya sea en función de la logística del muestreo como de las recomendaciones efectuadas en el informe de la etapa anterior. Es así que:

- Dada la lejanía desde Montevideo al área de estudio, y al mal estado de la ruta que conduce hacia la ciudad de Artigas, lo que dificulta el traslado del bote neumático del DECA, se opta por realizar la colecta de muestras desde la costa.
- A inicios del 2008 el punto 2 de colecta, se traslada aguas debajo de su ubicación original, hacia las cercanías del Puente de la Concordia.
- A inicios del 2009, se incorpora un nuevo sitio de monitoreo, al E de la ciudad de Artigas, aguas debajo de la desembocadura del arroyo Catalán Grande.

La ubicación exacta de las estaciones monitoreadas entre el 2008 y mediados del 2012, se presentan en la Tabla VII y en la figura 4.1.

Tabla VII – Ubicación de las estaciones de monitoreo de agua.

Punto	Descripción	Latitud (WGS 84)	Longitud (WGS 84)
1	Aproximadamente 20 Km el E de la ciudad de Artigas. Aguas arriba de la misma, luego de la desembocadura el arroyo Catalán Grande.	30° 28' 05"	56° 24' 23"
2	Ubicado en la ciudad de Artigas aprox. a 200 m del puente de la Concordia.	30° 23' 45"	56° 27' 21"
3	Ubicado aproximadamente a 10 Km. al W de la ciudad de Artigas. Aguas abajo de la misma.	30° 21' 34"	56° 32' 09"
4	Zona Pay Paso aguas abajo de la desembocadura del arroyo Yucutujá. Aproximadamente a 30 Km de su desembocadura sobre el río Uruguay.	30° 16' 45"	57° 24' 57"

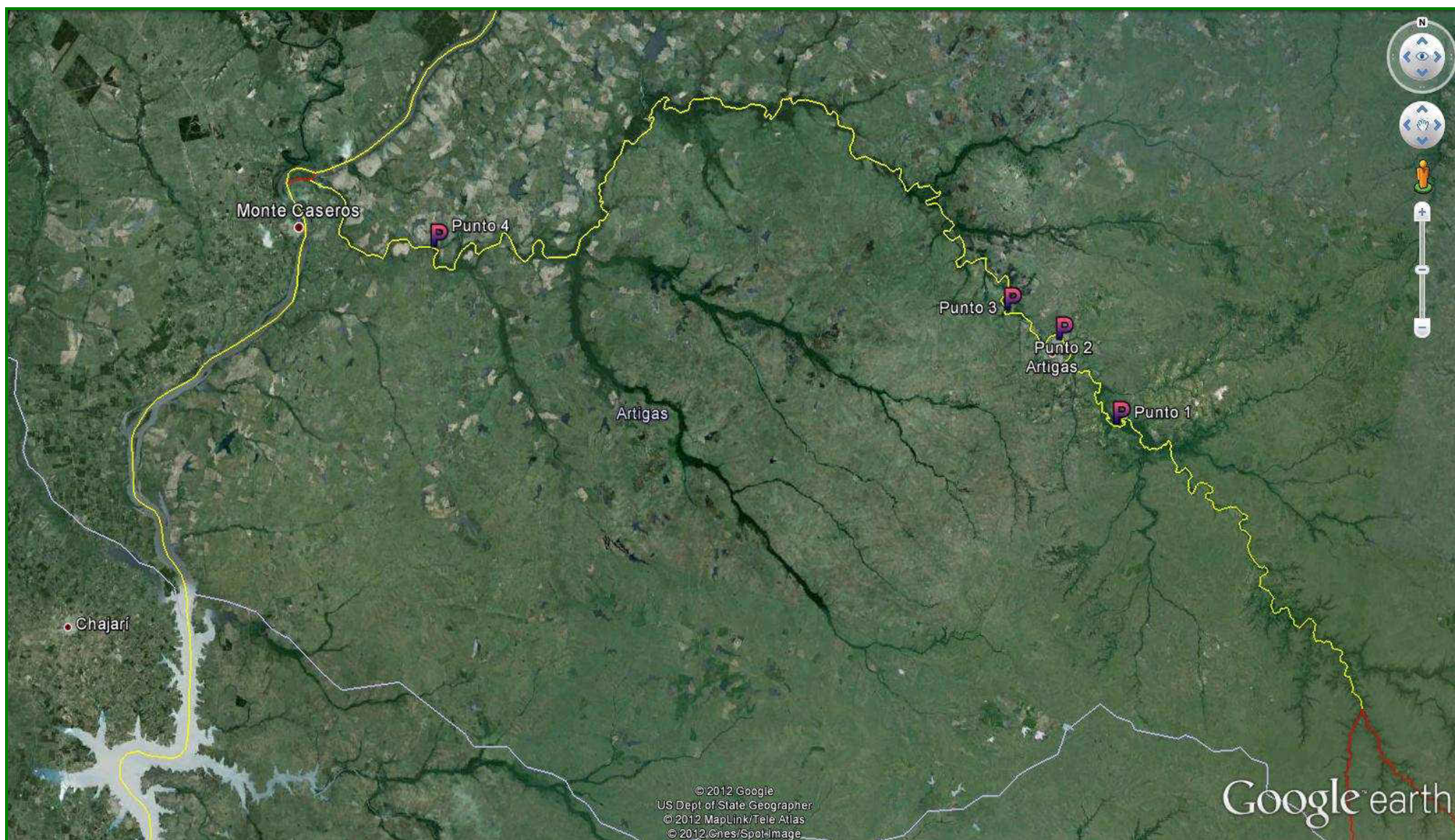


Figura 4.1 – Ubicación de las estaciones seleccionadas.

4.2.4 Variables determinadas.

Con el propósito de obtener un panorama completo del estado de calidad de las aguas del río Cuareim, se analizan algunas variables ambientales y otras que implican aportes antropogénicos. En la Tabla VIII se presenta la lista de variables analizadas.

Tabla VIII –Variables analizadas y técnicas analíticas empleadas.

Variables	Procedimiento analítico
Temperatura	Sensor <i>in situ</i>
Conductividad	Sensor <i>in situ</i>
Oxígeno disuelto y % de Sat.	Sensor <i>in situ</i>
pH	Sensor <i>in situ</i>
Turbiedad	SOP 1022 UY *
Coliformes termotolerantes	SOP 5053 UY *
Calcio (Ca)	SOP 3129 UY *
Magnesio (Mg)	SOP 3139 UY *
Sodio (Na)	SOP 3149 UY *
Potasio (K)	SOP 3147 UY *
Alcalinidad	SOP 1002 UY *
Dureza total	SOP 1012 UY *
Sulfuro	4051 UY ó 4052 UY *
Clorofila a	ISO 10260 ***
Sólidos Totales	SOP 1021 UY *
Sólidos Suspendidos	SOP 1020 UY *
Silicatos (SiO ₂)	SOP 1018 UY *
Nitratos (NO ₃)	SOP 4030 UY *
Nitritos (NO ₂)	SOP 4086 UY *

Variables	Procedimiento analítico
Amonio (NH ₄)	SOP 4080 UY *
Nitrógeno total Kjeldhal	ISO 5663 modif. ***
Nitrógeno total (NT)	ISO 11905-2 modif. ***
Fosfato (PO ₄)	SOP 4012 UY *
Fósforo total (PT)	SOP 4013 UY*
Aluminio (Al)	SOP 3123 UY *
Cromo (Cr), plomo (Pb) y zinc (Zn).	SOP 3135 UY, 3146 UY y 3133 UY *
Haluros orgánicos absorbibles (AOX)	ISO 9562: 2004 ***

Notas:

- 1) - * Manual de procedimientos analíticos para muestras ambientales
- 2) - ***Subcontratación del servicio analítico – LATU.

Los análisis se realizan en el laboratorio de DINAMA, Departamento Laboratorio Ambiental, según metodologías estandarizadas y validadas internacionalmente. Los procedimientos estandarizados de operaciones son los que se incluyen en el Manual de Procedimientos Analíticos para Muestras Ambientales (DINAMA – Laboratorio Ambiental, 2009), y que se basan en el Standard Method for the Examination of Water and Waste Water; 21st edition.

4.2.5 Aseguramiento de calidad en muestreo y análisis.

Se efectúan controles de calidad para las diferentes determinaciones analíticas. El Laboratorio Ambiental trabaja bajo las condiciones establecidas en sus programas de control de calidad analítico, y participa en ejercicios de intercomparación con otros laboratorios, tanto nacionales como internacionales.

4.3 Metodología empleada en el análisis de los datos.

Al iniciarse el análisis de los datos y en virtud de que muchos de ellos se encontraban por debajo de sus límites de detección (LD) o cuantificación (LC) resulto necesario utilizar metodologías aceptadas internacionalmente para su manejo estadístico.

No existe una sola metodología internacionalmente aceptada para el manejo de estos datos, sin embargo se encontraron diferentes formas de procesarlos:

- Tratarlos como datos perdidos.
- Manejarlos como “ceros”.
- Utilizar el valor numérico del límite de detección.
- Utilizar la mitad del valor numérico del límite de detección.

Cuando una gran porción de los datos se encuentra por debajo de LD o LC, utilizar cualquiera de las aproximaciones anteriores puede resultar sumamente problemático, pues la varianza de la muestra se ve fuertemente subestimada. A su vez cuando se aplican estandarizaciones a los

grupos de datos que poseen valores constantes en lugar de los < LD o <LC, los resultados estimados resultan perjudicados.

En ausencia de herramientas de análisis más sofisticadas, se sugiere para el análisis rutinario de los datos, el uso de los grupos completos de datos sustituidos, ya sea por el valor del LD o LC, o la mitad de estos valores.

Esta estrategia de manejo de los datos no permite realizar ningún tipo de análisis de inferencia (intervalos de confianza o test de hipótesis) esto es cuando la proporción de los datos sustituidos supera por ejemplo el 25 % del total de datos (ANZEC – ARM CANZ, 2000).

El grupo de valores obtenidos por debajo del LC resulta significativo, siendo en algunos casos del 100%. Debido a ello se ha optado, por el uso del valor LD o LC, así como de su valor medio, dependiendo de cada variable.

Este manejo de los datos influencia fuertemente el análisis, dado que no permite en el caso de ser el 100% de los datos sustituidos, realizar inferencias respecto a una variable dada y su relación con las otras; permitiendo solamente referenciar estos a valores típicos o estándares de calidad.

Los datos fueron analizados sin mayor manejo que el antes mencionado, aplicándose estudios estadísticos para datos crudos en todos los casos; obteniéndose correlaciones, *clusters*, gráficos de caja, etc. Las interrelaciones se realizaron de forma cruzada entre variables, permitiendo interpretar los datos de forma temporal.

5 RESULTADOS

En este capítulo presentaremos los resultados correspondientes a calidad del agua superficial obtenidos en el marco del *Plan de monitoreo del río Cuareim*, entre enero de 2008 y mayo de 2012. Las campañas de muestreo de DINAMA se llevaron a cabo por personal técnico del DECA, en 4 sitios ubicados en el curso principal del Río.

Se dispone de datos provenientes de 19 muestreos de agua de los 27 planificados. Se planificaron muestreos para cumplir con las frecuencias establecidas (bimensuales), sin embargo, por diversas razones, se han suspendido campañas o se han modificado algunas fechas, lo que hace que la frecuencia establecida (bimestral), se vea alterada. No obstante se ha tratado de cubrir las posibles variaciones estacionales.

Los datos obtenidos, verificados y validados, se comparan con:

- Los estándares de calidad de agua.
- Los datos registrados durante los muestreos llevados a cabo en el marco del Proyecto Twinlatin (2006-07)
- Entre las estaciones de monitoreo.

Esto se realiza con el fin de verificar la calidad del agua y cuantificar cualquier cambio espacial o temporal que pudiese haber surgido.

Los estándares de calidad de agua que se aplican para la evaluación son los establecidos para Clase 3, en el Decreto 253/79 y modificativos que reglamenta el Código de Aguas del Uruguay. Para las variables no contempladas en estas normativas se recurre a estándares internacionales, por ejemplo para el caso de los haluros orgánicos adsorbibles (AOX), se utiliza el estándar sugerido para el distrito de Berlín (Alemania) para protección de biota acuática.

5.1 Discusión de resultados.

Antes de comenzar con la discusión de los resultados, debe recordarse que:

- a inicios del 2008 el punto 2 de muestreo, se traslada aguas debajo de su ubicación original, hacia las cercanías del Puente de la Concordia. En su ubicación actual el punto 2 se sitúa aguas abajo de la desembocadura de la zanja Caballero. Esta zanja recorre el sur de la ciudad, en sentido oeste a este, y a ella se vierten los líquidos provenientes de la laguna facultativa utilizada en el tratamiento de los efluentes cloacales del barrio Ayuí.
- el punto 1 comienza a muestrearse a inicios del 2009, por lo tanto no se cuenta con valores previos para su comparación. El número de datos con que se cuenta en este sitio es de 12 y no de 18 como en los otros puntos.

5.1.1 Serie de caudales del río Cuareim.

El régimen hídrico de un curso de agua es de gran importancia a la hora de evaluar los datos provenientes de los diferentes planes de monitoreo de calidad de agua. El DECA no realiza mediciones de caudales durante los muestreos que lleva a cabo, por lo cual para obtener este tipo de información recurre a la DINAGUA, que es el organismo con competencia en la materia.

No existe información actualizada disponible en Uruguay respecto a los caudales o a los niveles de alturas limnimétricas para el río Cuareim, y la información existente ya se analizó en el capítulo correspondiente a la descripción del área de estudio.

Cabe señalar que la ANA cuenta con un importante registro tanto de caudales como de niveles, para el río Cuareim a la altura del puente de la Concordia, y que está disponible en su página

web. Se resuelve no utilizar dicha información ya que se desconoce la metodología empleada en su adquisición.

5.1.2 Análisis espacial de los datos.

Del análisis de los datos obtenidos en las diferentes estaciones de muestreo, se desprende el hecho que no existen diferencias significativas entre las distintas estaciones (fig. 5.1). Como se aprecia en el diagrama de *clusters*, los puntos 1 y 3, son los que presentan una asociación más fuerte, son similares. El punto de muestreo 2, en su ubicación actual, se ubica aguas abajo de la descarga de la zanja Caballero, la cual a su vez es receptora del saneamiento del barrio Ayuí. Mientras que el punto 4, que presenta una mayor distancia en relación a los otros puntos, se encuentra en una zona cercana a la desembocadura sobre el río Uruguay, y aguas abajo de las desembocaduras de los arroyos Tres Cruces, Cuaró y Yucutujá.

Estas asociaciones se muestran en el diagrama de Pearson, de asociación completa (Fig . 5.1)

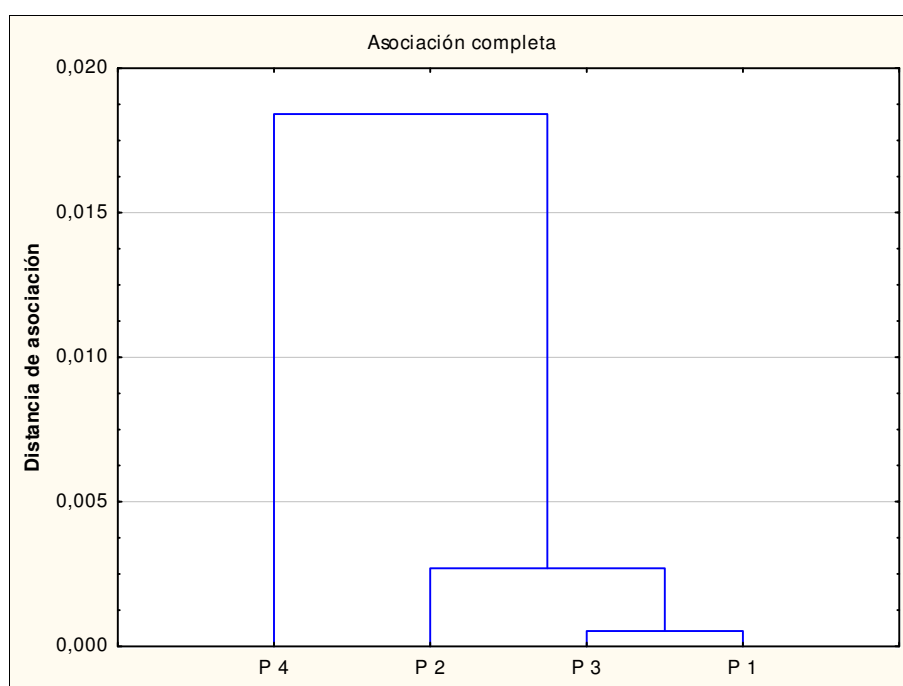


Figura 5.1 – *Cluster* de asociación de los sitios de muestreo en el área de estudio.

5.1.3 Parámetros hidroquímicos básicos.

5.1.3.1 Parámetros de medición *in situ*.

Existen parámetros que por sus condiciones de inestabilidad, se recomiendan medir *in situ*. Entre ellos están la temperatura del agua, la conductividad eléctrica, el pH, el oxígeno disuelto y la turbiedad.

La temperatura

En el área de estudio no se han encontrado apartamientos significativos de las condiciones naturales, por lo que se cumple con el estándar del Decreto 235/79 y modif. Durante una misma campaña la distribución de la temperatura en el área de estudio es homogénea. Como se aprecia en la figura 5.2 la distribución media de la temperatura, a través de las dieciocho campañas realizadas, es relativamente homogénea, y similar a la observada durante el Programa Twinlatin. El rango de variación de la temperatura va desde 10 a 32 °C, dependiendo

de la época del año. Presenta un comportamiento estacional, pero con temperaturas muy similares en otoño y primavera (fig. 5.3).

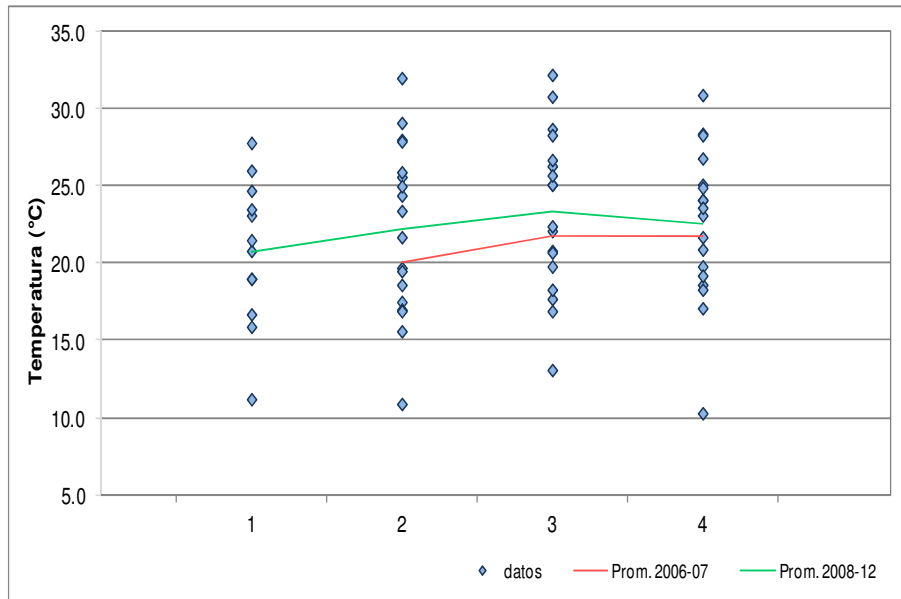


Figura 5.2 – Variación media de la temperatura del agua en el área de estudio.

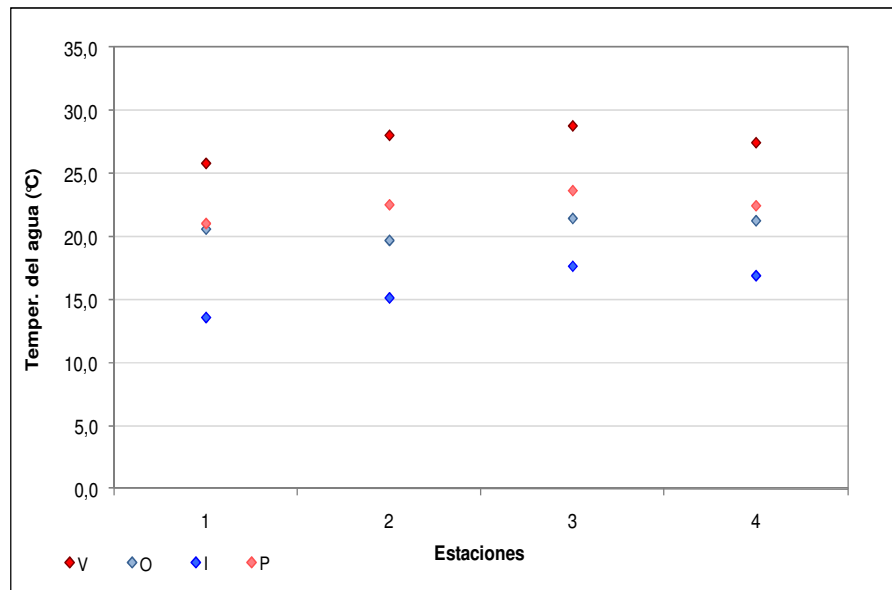


Figura 5.3 – Distribución estacional de la temperatura del agua.

La conductividad

En el área de estudio se registran valores medios de conductividad de 132 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con máximos y mínimos de 241 y 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente (fig. 5.4). Se aprecia un aumento en el valor medio registrado de conductividad entre los puntos 1 y 4. El promedio registrado entre el 2008 y mayo del 2012 es superior al registrado entre los años 2006 y 2007, en aproximadamente 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin embargo, el comportamiento registrado es igual.

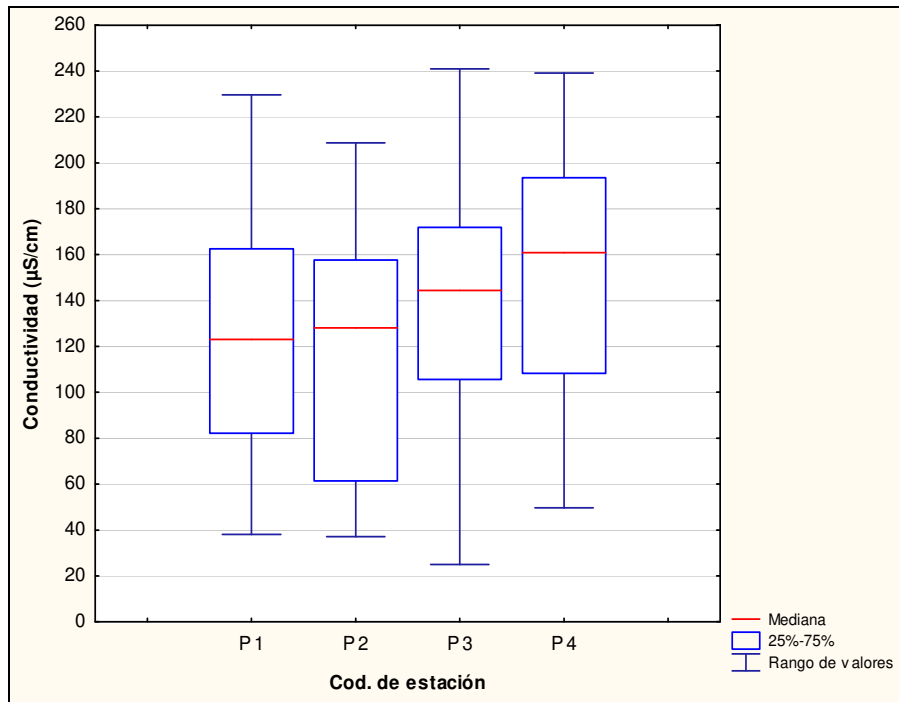


Figura 5.4 – Distribución espacial de la conductividad eléctrica en el área de estudio.

El pH

Los valores registrados de pH en el área de estudio, presentan una distribución normal con la mayor parte de los datos distribuidos entre 7.0 y 7.5. Cumple en el 79 % de los casos con el estándar establecido en el Decreto 253/79 (6.5 y 8.5) para preservación de la vida acuática (fig. 5.5). El promedio registrado en la zona es de 7.2 con una desviación estándar de 0.7, obteniéndose los registros más bajos en los muestreos realizados en otoño e invierno. En el periodo 2008-2012, se observan promedios superiores de pH en comparación con el periodo 2006-2007. No se observa un comportamiento similar al registrado durante el Programa Twinlatin.

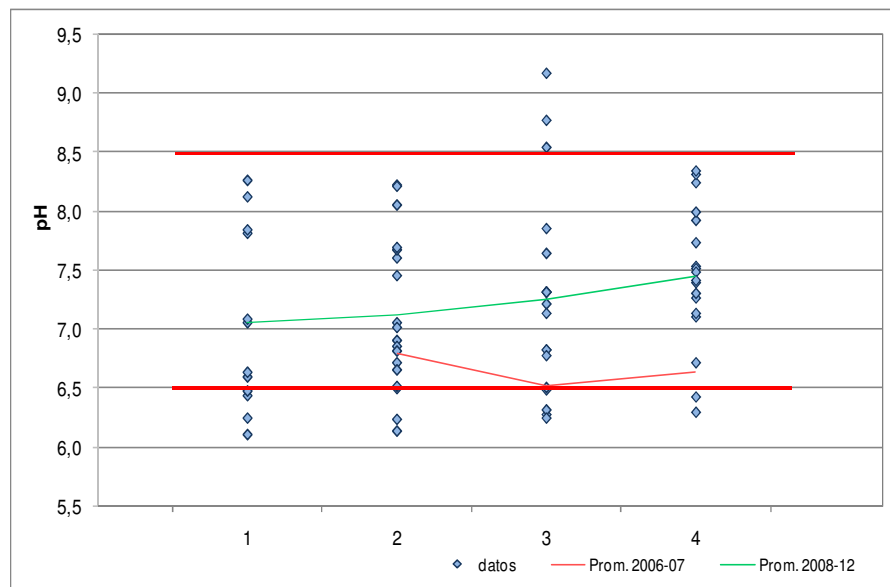


Figura 5.5 – Distribución de pH por estación, límites superior e inferior del estándar para Clase 3.

El **oxígeno disuelto** en las aguas superficiales proviene principalmente de la atmósfera y de la actividad fotosintética de las algas y otras plantas acuáticas.

En el área de estudio presenta un valor promedio de oxígeno de 7.3 mg/l y una desviación estándar de 1.1 mg/l, lo que indica poca dispersión de los valores. Los puntos 1 y 2 son los que presentan una mayor dispersión de los valores, mientras que el punto 4 presenta un valor medio más elevado y una menor dispersión (fig. 5.6).

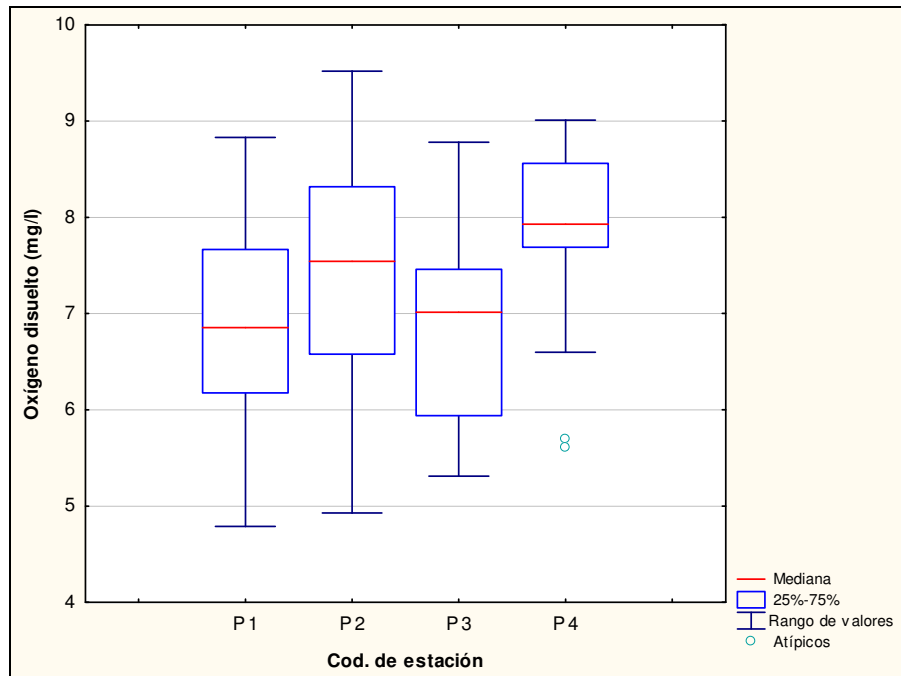


Figura 5.6 – Distribución espacial de oxígeno disuelto en el área de estudio.

En cuanto al grado de cumplimiento del estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif., para Clase 3, que establece un valor mínimo de 5.0 mg/l, puede afirmarse que en el 97 % de los casos se cumple con dicho valor (fig. 5.7). El comportamiento promedio registrado para esta variable, es similar a los registros previos.

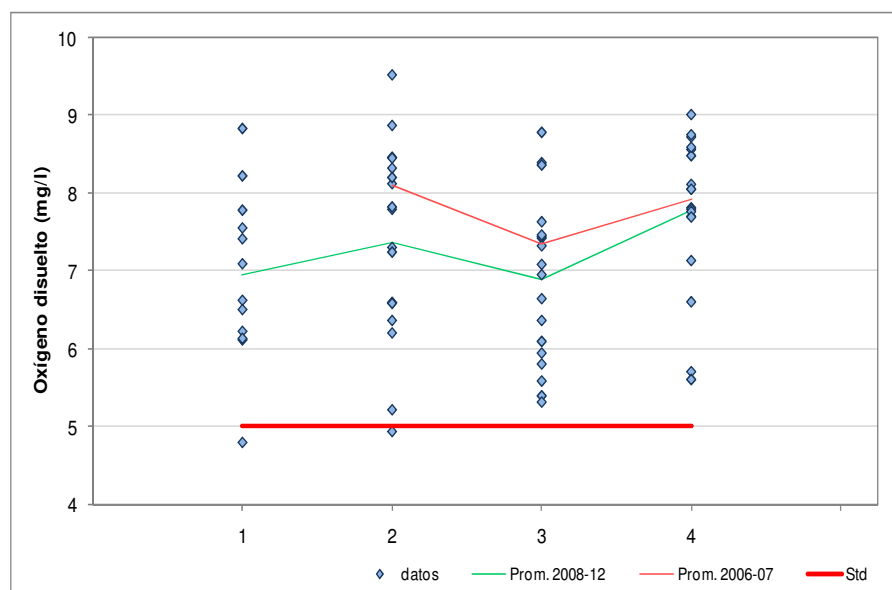


Figura 5.7 – Valores registrados de oxígeno disuelto, en relación al valor estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif.

Como ya se mencionara, los valores de oxígeno disuelto fluctúan naturalmente en forma diaria y estacional, pues se trata de una variable muy dependiente de la temperatura ya que ésta modifica los valores de saturación del gas. En la zona de estudio, y tras las campañas de muestreo realizadas, se puede apreciar que los registros máximos de oxígeno disuelto ocurren en invierno, pero luego ya no se aprecia diferencia entre el resto de las estaciones del año, como se esperaba *a priori*. Esto puede explicarse por el hecho de que en la zona cada vez es menos marcada la diferencia estacional, las estaciones intermedias (otoño y primavera) no son tan claras.

La **turbiedad** es una expresión de la propiedad óptica del agua.

Los valores promedios registrados en esta etapa son similares a los registrados durante el Programa Twinlatin, presentando el punto 3 los valores más elevados. Como se aprecia en la figura 5.8, los puntos 1 y 3 de toma de muestra son los que presentan una mayor dispersión de los datos.

Esta variable se encuentra regulada en el Decreto 253/79 y modificativos, siendo el valor estándar de 50 NTU. El 82 % de los valores obtenidos en el marco de este Plan se encuentran por debajo de dicho límite, y del análisis estadístico resulta que la mayor parte de aquellos valores que se encuentran por encima del valor estándar resultan ser valores atípicos o extremos.

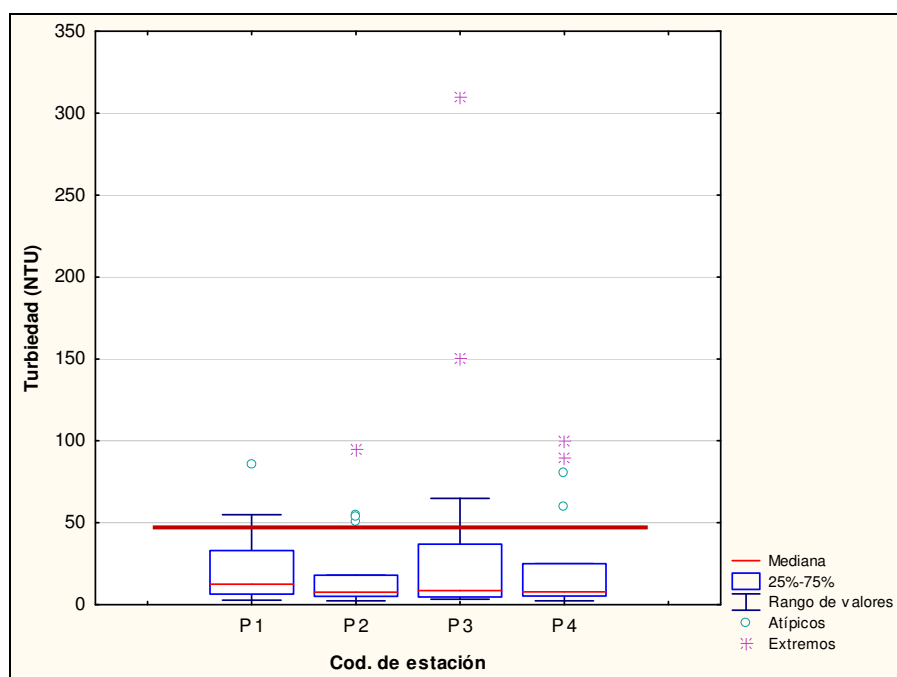


Figura 5.8 – Valores registrados de turbiedad en el río Cuareim, donde se señala el valor estándar de referencia (color rojo oscuro).

5.1.3.2 Parámetros bacteriológicos.

Para detectar la presencia de patógenos en el agua, se utilizan organismos que sirven como indicadores de contaminación.

Tradicionalmente se utilizan como indicadores de calidad bacteriológica del agua a los bacilos del grupo coliformes (termoresistentes y totales).

El promedio de coliformes termotolerantes encontrados en la zona de estudio es de 750 UFC/100 ml. Como se aprecia en la figura 5.9, las estaciones 1 y 3 son las que presentan los promedios más elevados. La estación 1 no se monitoreo durante el Twinlatin, no obstante el resto de las estaciones monitoreadas registran valores promedios similares a los observados entonces, siendo el punto 3 el que presenta los promedios más elevados.

A su vez, el 87 % de los valores obtenidos en el marco de este Plan se encuentran por debajo del estándar utilizado como referencia.

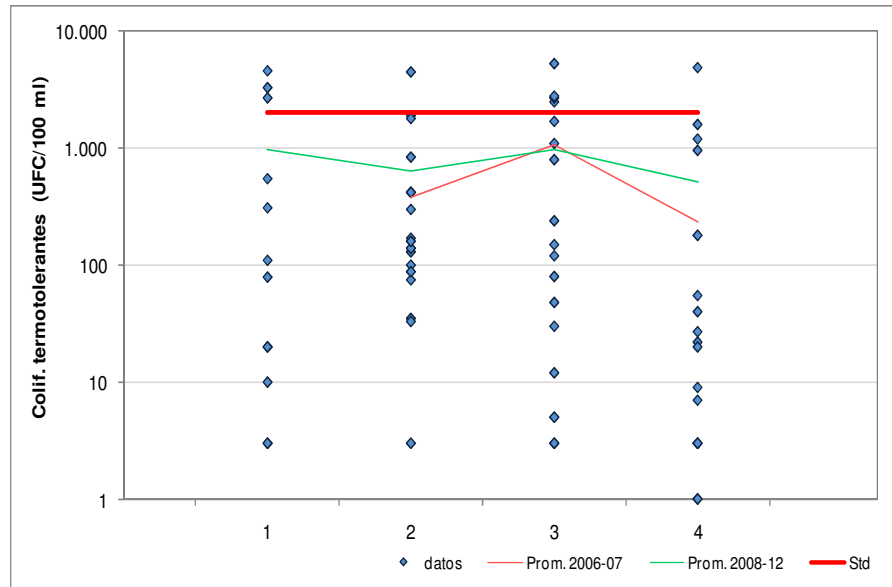


Figura 5.9 – Distribución espacial de Coliformes termotolerantes en el río Cuareim. Grafica realizada en escala logarítmica.

5.1.3.3 Iones mayoritarios.

En el marco del Proyecto Twinlatin no se analizaron los iones mayoritarios. A inicios del 2009, luego de la formulación del nuevo Plan de monitoreo, se comienzan a analizar los cationes (Ca, Mg, Na y K).

El **calcio** es uno de los iones más abundantes en las aguas superficiales.

En el río Cuareim se aprecia un aumento en la concentración de calcio desde la naciente hasta su desembocadura (fig. 5.10), presentado las estaciones 1 a 3 valores promedio que van de 10.4 a 11 mg/l, mientras que el promedio registrado en la estación 4 asciende a los 15.2 mg/l. A su vez, los datos registrados en la estación 4 son los que presentan mayor rango de dispersión.

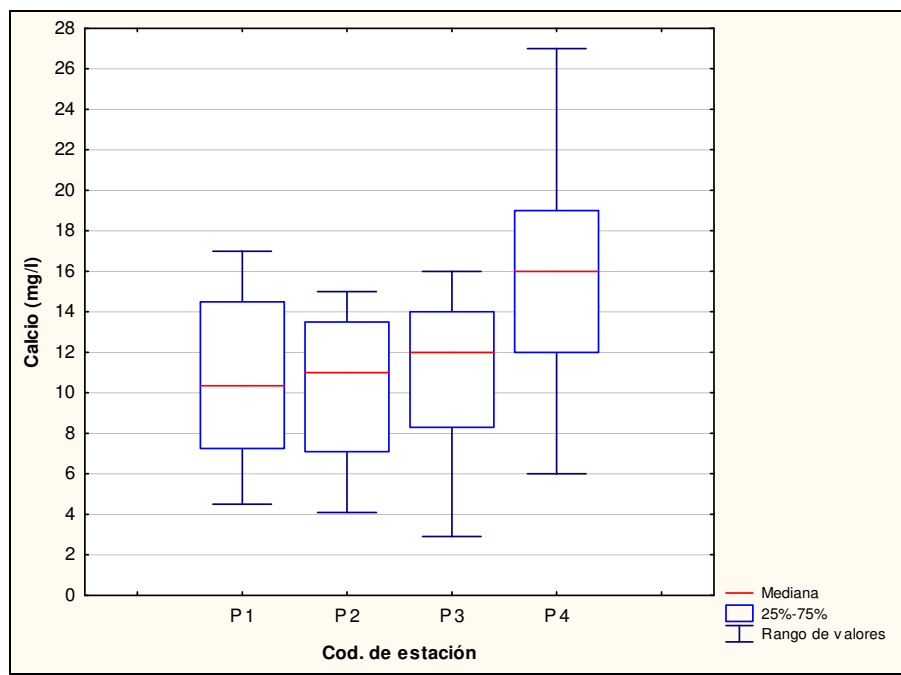


Figura 5.10 – Variación espacial de calcio en el área de estudio.

El ión **magnesio** es un elemento relativamente abundante en la corteza terrestre.

Presenta en el río Cuareim, un comportamiento muy similar al observado con el calcio, con mayor dispersión de datos y mayor promedio de concentración en la estación 4 (fig. 5.11).

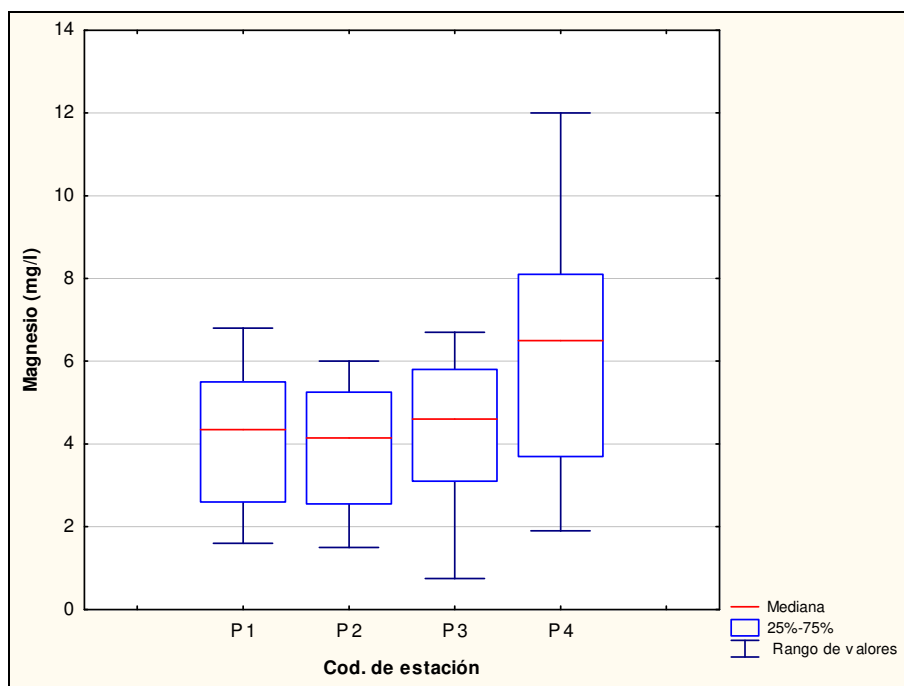


Figura 5.11 – Distribución espacial de magnesio en el área de estudio.

La estación 4 se ubica aguas debajo de las desembocaduras de los arroyos Tres Cruces, Cuaró y Yucutujá, por lo cual puede existir algún aporte proveniente de estos afluentes.

El **sodio** presenta en el río Cuareim una concentración que varía desde valores por debajo del límite de cuantificación del método (LC = 1.0 mg/l) a los 15 mg/l. Como se aprecia en la figura

5.12 presenta, en la estación 3, un valor promedio por encima del resto de las estaciones monitoreadas. Este promedio más elevado se presume que se debe a posibles aportes difusos, ya que se trata de una zona dedicada a la agricultura.

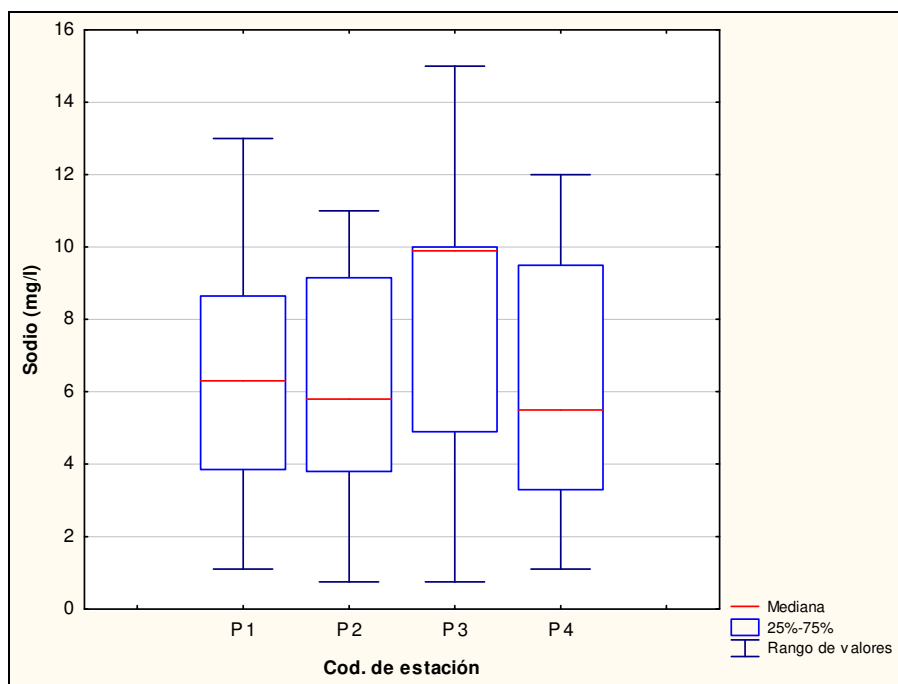


Figura 5.12 – Distribución espacial de sodio en el área de estudio.

El **potasio** si bien en la naturaleza ocupa el séptimo lugar en cuanto a abundancia.

Las muestras colectadas en el río Cuareim, presentan valores que van desde aquellos que no pudieron ser cuantificados (LC = 1.0 mg/l) a los 8.1 mg/l, aunque este último surge como un valor atípico resultado del análisis estadístico (Fig.5.13).

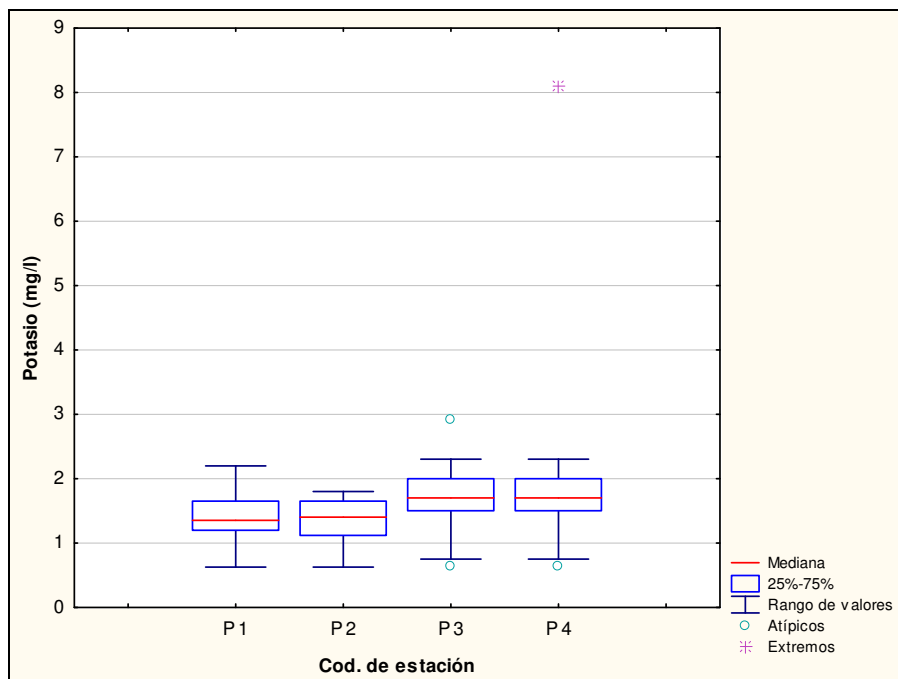


Figura 5.13 – Distribución espacial de potasio en el área de estudio.

5.1.3.4 Alcalinidad y Dureza total.

La **alcalinidad** del agua es una medida de la capacidad reguladora del agua para amortiguar cambios de pH.

Los valores de alcalinidad registrados en el río Cuareim presentan un promedio de 64.7 mg CaCO₃/l con valores extremos de 12 a 160 mg CaCO₃/l, no considerando los valores determinados como atípicos. La estación que presenta la mayor variación y el valor de mediana más elevado es la estación 4, tal como se aprecia en la figura 5.14. A su vez, presenta un comportamiento similar al determinado durante el Programa Twinlatin.

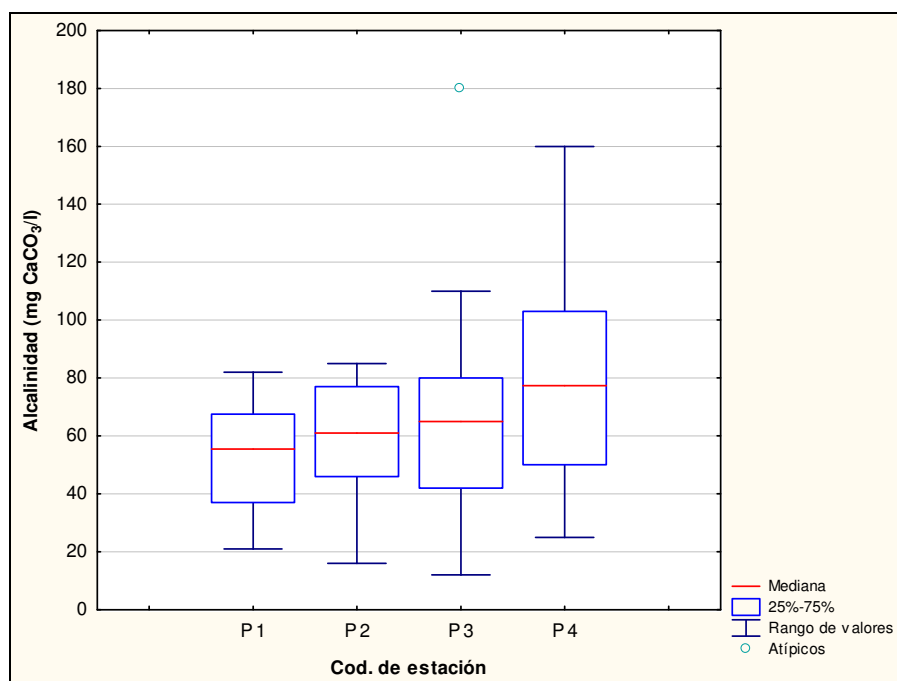


Figura 5.14 – Distribución espacial de alcalinidad en el área de estudio (2008-2012).

La **dureza** del agua es producto de las concentraciones de los iones metálicos polivalentes disueltos.

La dureza total en el área de estudio posee un valor medio de 48.8 mg CaCO₃/l, con un rango de variación de 10.3 y 116.8 mg CaCO₃/l. Al igual que sucede con la alcalinidad, la estación que presenta la mayor variación y el valor de mediana más elevado es la estación 4 (fig. 5.15). De acuerdo a estos resultados podemos clasificar a las aguas del Río como levemente duras (hasta 60 mg/l), excepto para la estación 4.

Si bien la dureza del agua es producto de las concentraciones de los iones calcio y magnesio, como se aprecia en la figura 5.16, la dureza del agua del río Cuareim está dada fundamentalmente por el ión calcio.

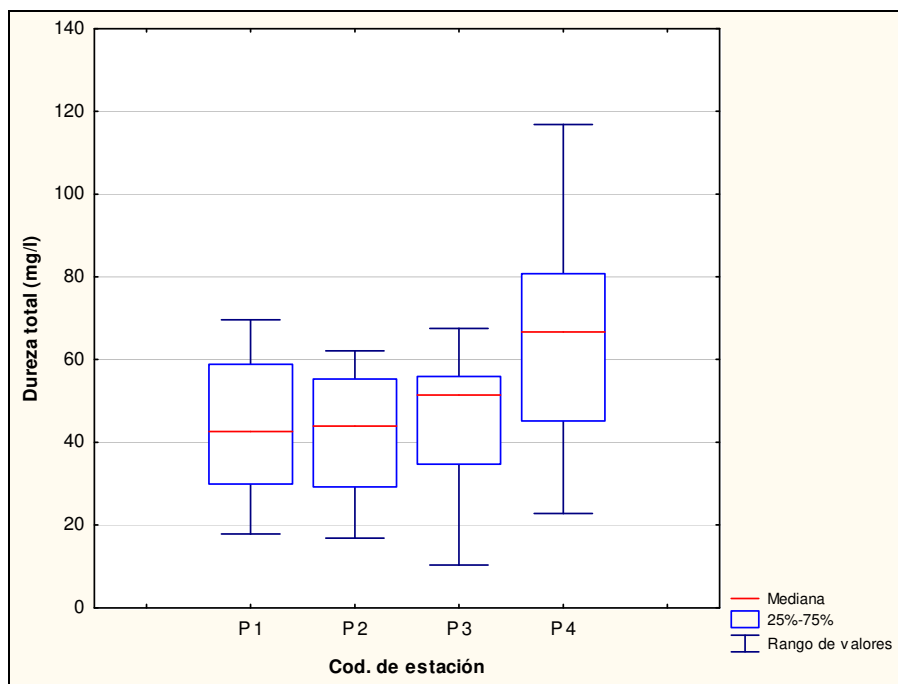


Figura 5.15 – Distribución espacial de dureza total en el área de estudio.

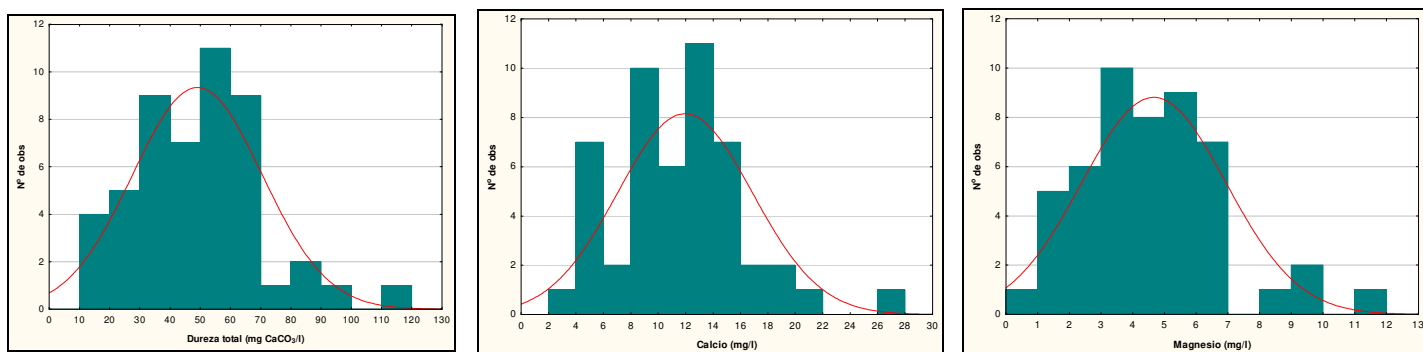


Figura 5.16 – Histogramas de distribución de dureza total, calcio y magnesio.

5.1.3.5 Sulfuro.

En el río Cuareim se comienza a monitorear esta variable a inicios del año 2009, registrándose valores relativamente homogéneos a lo largo de este curso de agua (fig. 5.17). De los datos colectados hasta ahora se desprende que este Río presenta un valor promedio de 0.09 mg/l, con un rango de variación entre valores menores al límite de detección (LC = 0.03 mg/l) y 0.31 mg/l.

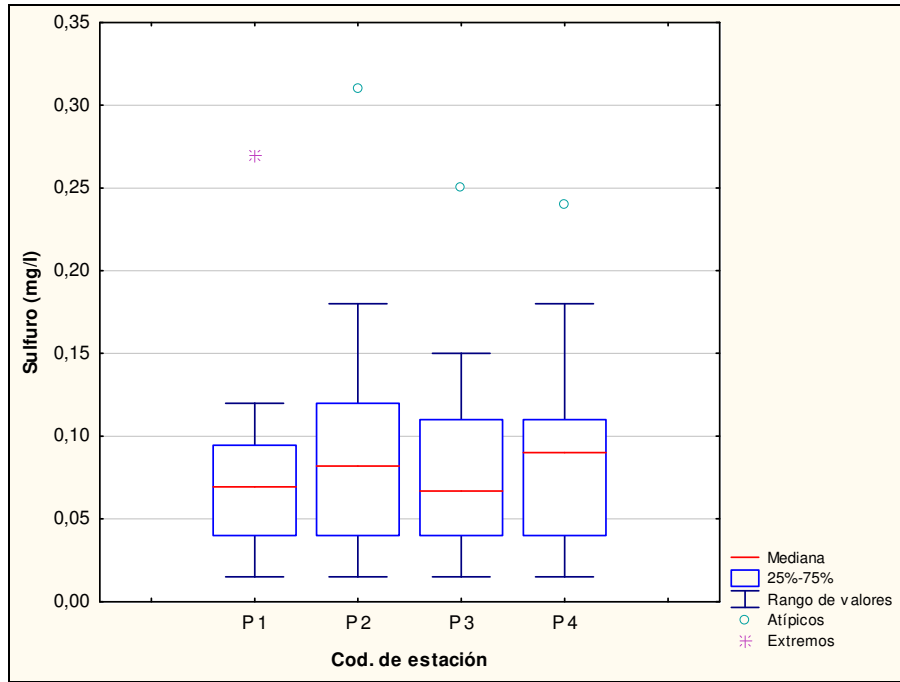


Figura 5.17 – Distribución espacial de sulfuros en el río Cuareim.

5.1.3.6 Coeficiente de absorción de sodio (RAS).

En el tramo de Río en estudio, el RAS presenta un valor medio de 0.41, con extremos de 0.06 y 0.87 (fig. 5.18), siendo la estación 3 la que presenta un valor medio más elevado.

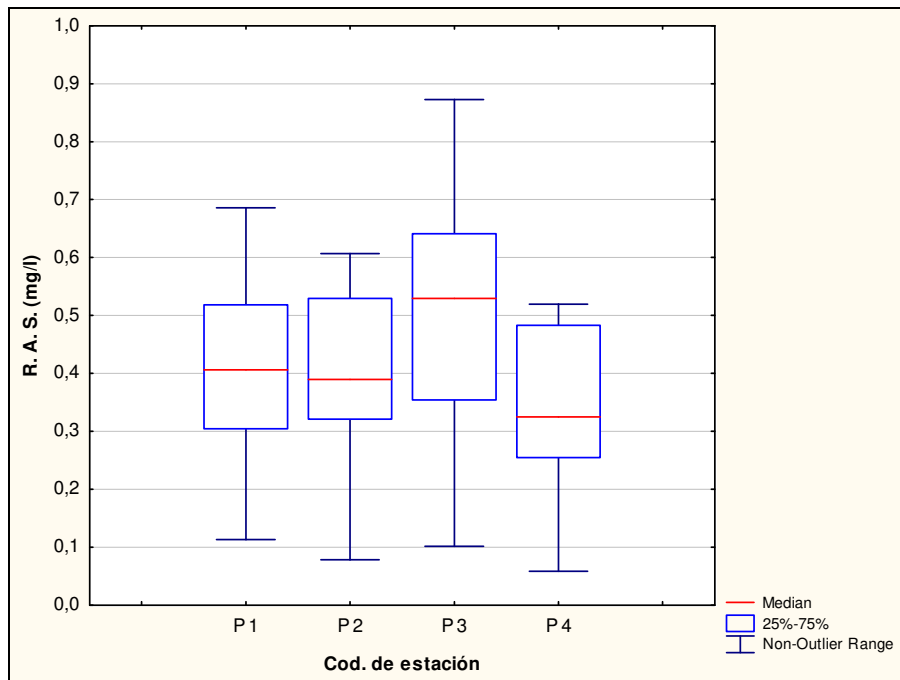


Figura 5.18 – Distribución espacial de RAS en el área de estudio.

5.1.3.7 Sólidos suspendidos.

Las muestras colectadas en el río Cuareim presentan valores que se encuentran por debajo del límite de cuantificación a valores de 350 mg/l, si bien del análisis estadístico resulta que los valores superiores a los 69 mg/l se definen como atípicos o extremos. Los sólidos en el área de estudio presentan un valor medio relativamente homogéneo de 8 mg/l, y una desviación estándar elevada, de 57 mg/l. Esto demuestra la heterogeneidad en las mediciones realizadas, presentando variación entre las diferentes campañas de monitoreo (fig. 5.19). Los valores extremos registrados varían entre menores al límite de cuantificación del método (LC = 5 mg/l) y los 350 mg/l. Al realizar el análisis estadístico de estos datos, los valores superiores a los 69 mg/l se definen como valores atípicos o extremos.

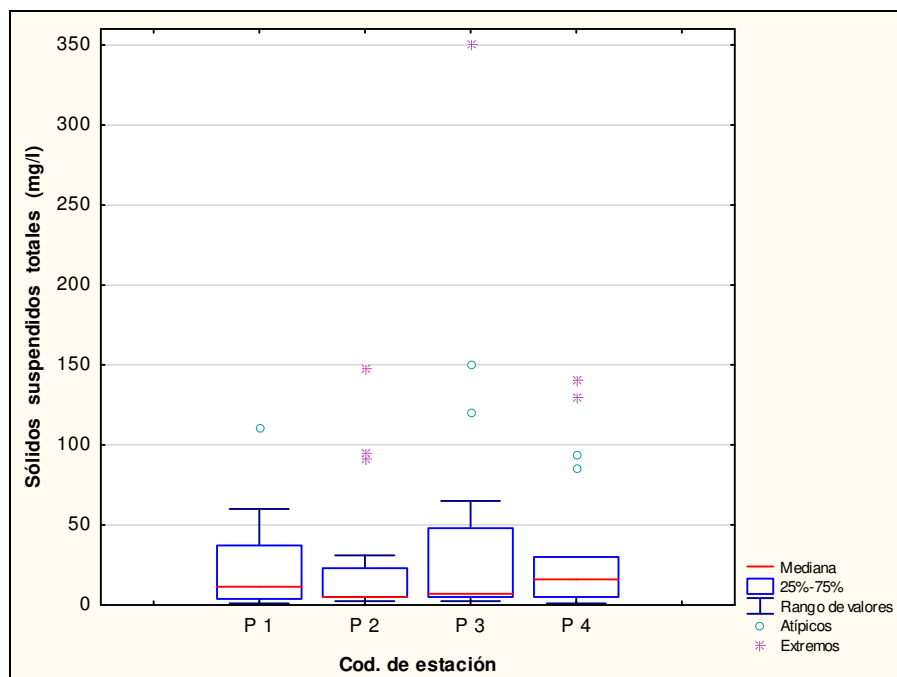


Figura 5.19 – Distribución espacial de sólidos suspendidos totales en el área de estudio.

5.1.3.8 Nutrientes.

En el marco del plan de monitoreo del río Cuareim se analizan las sales inorgánicas disueltas, Nitrato (NO_3), Nitrito (NO_2), Amonio (NH_4), Amoníaco (NH_3) y Fosfatos (PO_4) además el Silicio (Si) y los totales de, Nitrógeno y Fósforo

Se calcularon los valores promedios por estación de muestreo, para ser graficadas en función de su distribución en el Río (fig. 5.20).

Puede observarse que en el río Cuareim las sales nitrogenadas y el nitrógeno total aumentan hacia su desembocadura. Asimismo, se aprecia una predominancia de las especies más oxidadas (NO_3 y NH_4) y más estable en los cuerpos de agua, lo que evidencia la capacidad oxidativa del sistema. Esto evita que se produzcan mayores problemas de calidad asociados a dichos compuestos.

En la estación 4 (fig. 5.20), se aprecia una disminución en la concentración de nitratos, aún cuando el nitrógeno total se mantiene en los mismos niveles que en la estación 3. Como ya se mencionara, la estación 4 se encuentra aguas debajo de la desembocadura de tres de sus principales afluentes, en una zona donde se concentran los plantíos de arroz.

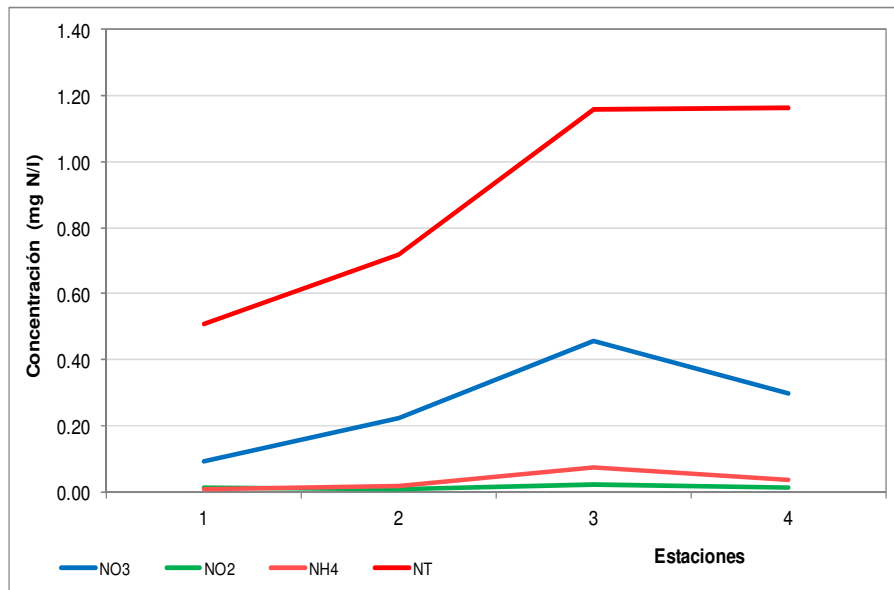


Figura 5.20 – Distribución espacial de nutrientes nitrogenados en el área de estudio.

Nitratos

El nitrato a través del río Cuareim presenta una gran variación (fig. 5.21). En la estación 1 se registran el valor medio más bajo y los menores rangos de variación. Mientras que en la estación 3 se observan el valor medio más elevado y el rango de variación es el más amplio registrado en el Río.

Al realizarse el análisis estadístico de los datos de nitratos, algunos de los registros se definen como valores atípicos, e incluso algunos como valores extremos. No obstante, aun considerando estos valores extremos, los nitratos del río Cuareim cumplen satisfactoriamente con el estándar establecido en el Decreto 253/79 y modificativos.

Al compararse los valores obtenidos durante esta segunda fase del monitoreo, con los registros obtenidos durante el Programa Twinlatin, se aprecia que la estación 3 presenta un mayor valor promedio, mientras que en las otras estaciones comparadas el promedio es muy similar (fig. 5.22).

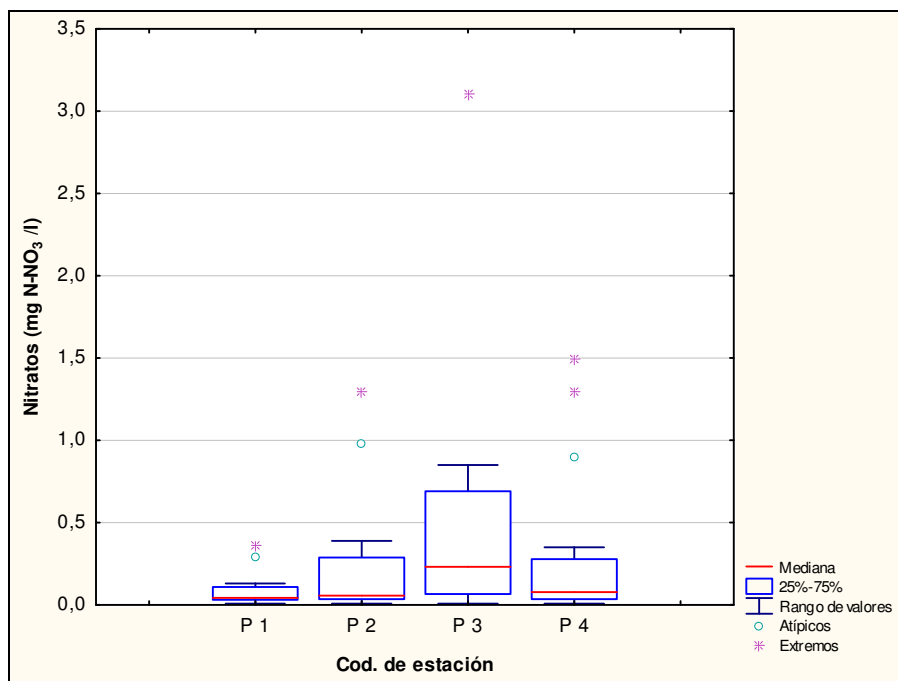


Figura 5.21 – Distribución espacial de nitratos en el área de estudio.

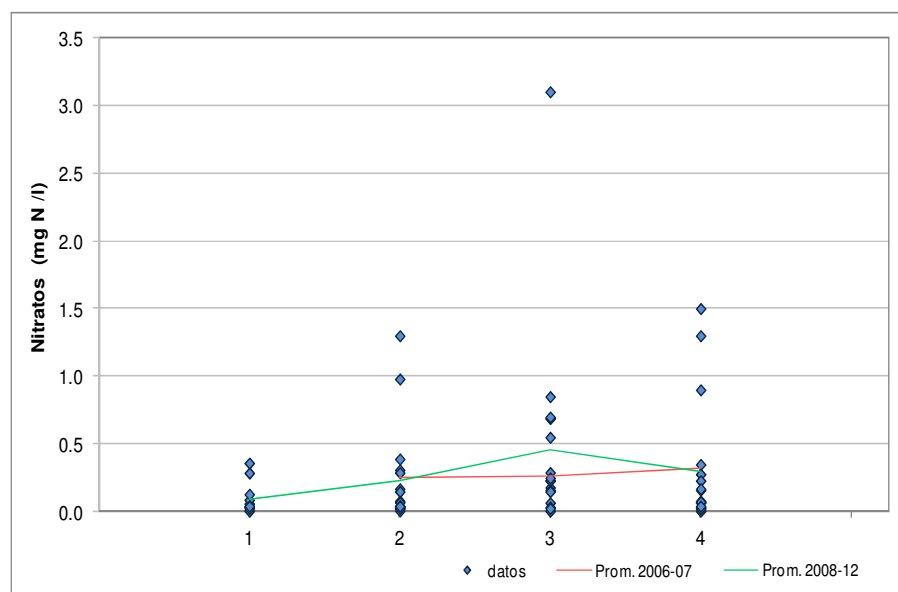


Figura 5.22 – Distribución espacial de nitratos en el área de estudio, en comparación con los promedios obtenidos durante el Programa Twinlatin.

Nitritos

En la zona de estudio, se registraron valores de nitritos que varían entre menores al límite de cuantificación del método (LC = 5.8 µg/l) y los 9.6 µg N-NO₂/l. Tal como se observa con los NO₃, la estación 3 es la que presenta el mayor rango de variación así como el valor promedio más elevado (fig. 5.23).

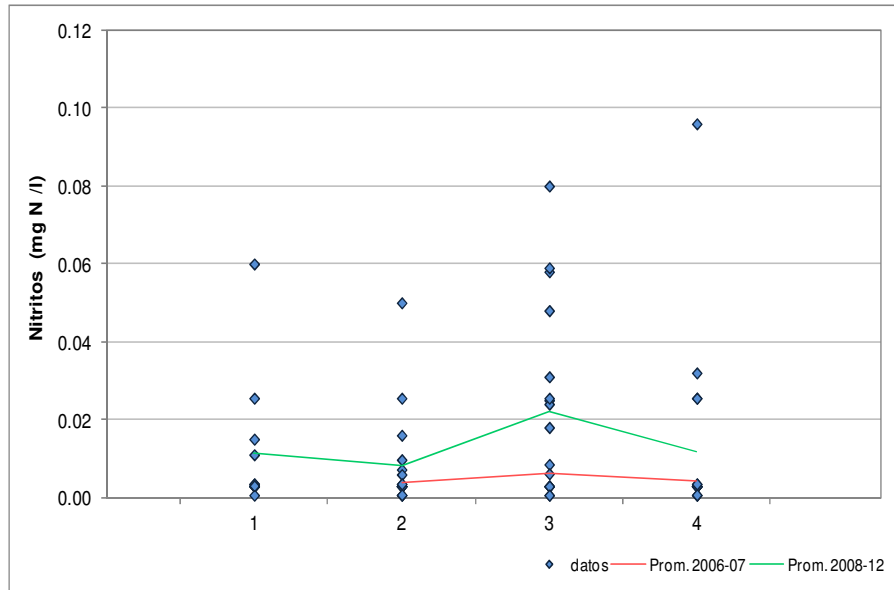


Figura 5.23 – Distribución espacial de nitritos en el área de estudio, en comparación con los promedios obtenidos durante el Programa Twinlatin.

Nitrógeno amoniacal

En amoniaco es la forma que se encuentra regulado en el Decreto 253/79 y modif., cumpliéndose ampliamente con dicho estándar (fig. 5.24).

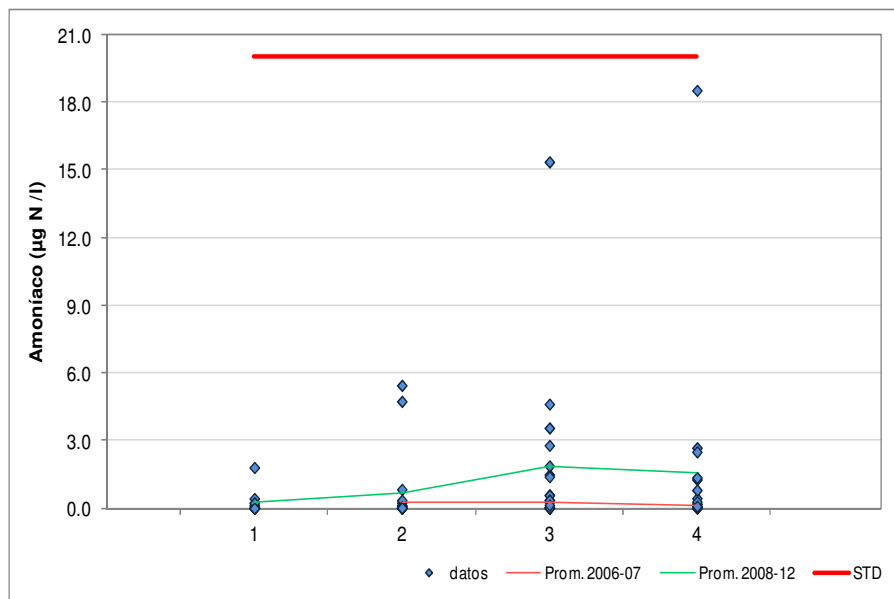


Figura 5.24 – Distribución espacial de amoniaco en el área de estudio, en relación al estándar establecido por el Decreto 253/79 y modif.

Nitrógeno total

El comportamiento observado de esta variable es similar a los registrados durante el Programa Twinlatin, siendo, como ya se mencionara, la estación 4 la que presenta el valor más alto. No obstante, el valor medio más elevado se registro en la estación 3. No existe estándar establecido para esta variable.

La distribución de **fosfatos y fósforo total** en el tramo en estudio es similar (fig. 5.25). La estación 3 presenta un aumento en la concentración de estos compuestos, por lo que se debe investigar el uso que pueda tener en la agricultura de la zona. Mientras que en la estación 2, si bien se esperaba un aumento de estos compuestos dado que se ubica aguas debajo de la zanja Caballero, eso no ocurre.

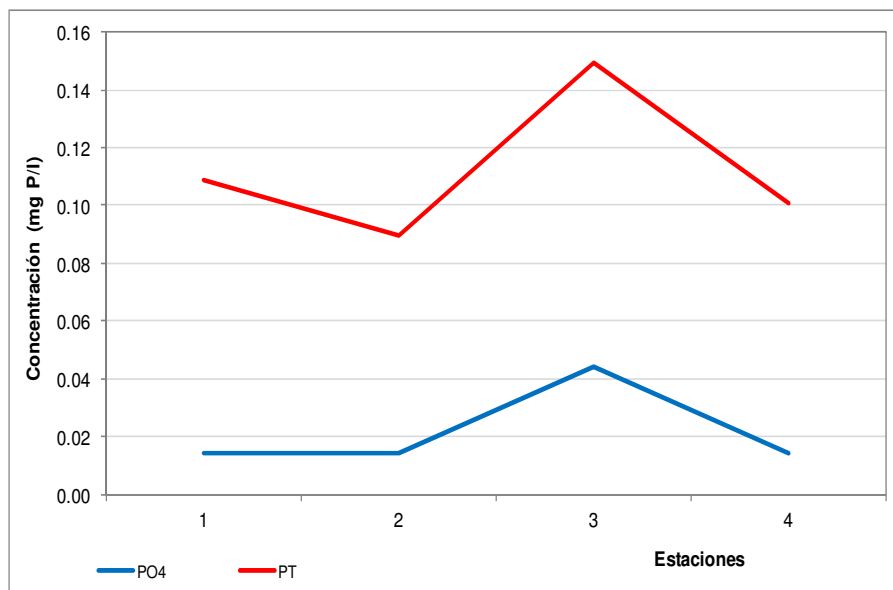


Figura 5.25 – Distribución espacial de nutrientes fosforados en el área de estudio

Fosfatos

Los valores de fosfatos obtenidos durante esta segunda fase del monitoreo, son similares a los registros obtenidos durante el Programa Twinlatin.

fósforo total

El Decreto 253/79 y modif. establece estándar para fósforo total. Como puede apreciarse en la siguiente figura, este estándar no se cumple en la mayoría de las mediciones efectuadas (fig. 5.26). No obstante, teniendo en cuenta los valores de fósforo total encontrados en todos los cursos de agua monitoreados en el país, incluso en lo que no se identifican indicadores de contaminación, se considera que el estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif. no es el adecuado para los cuerpos de agua del Uruguay.

Los resultados promedio derivados de esta variable, en esta fase del monitoreo, son un tanto más elevados a los registrados durante el Programa Twinlatin.

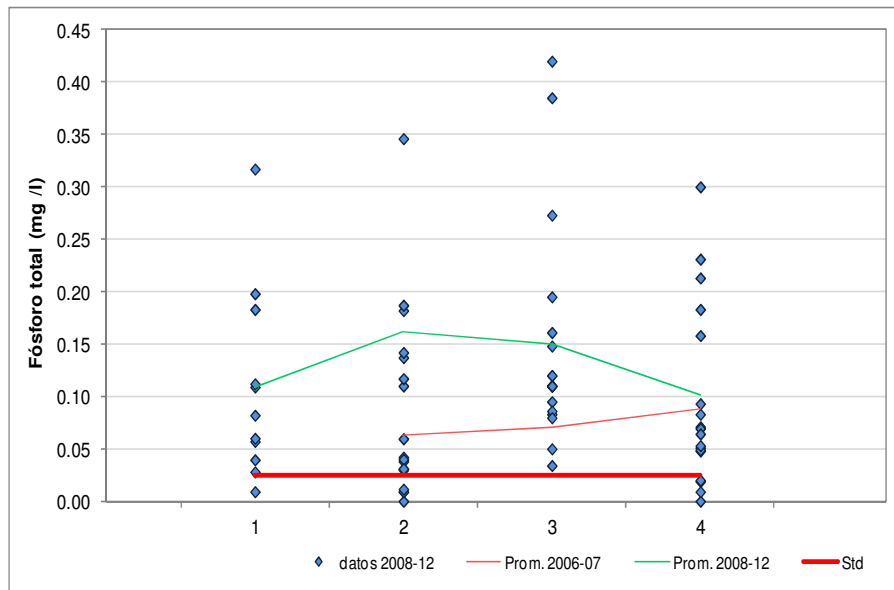


Figura 5.26 – Distribución espacial de fósforo total en el área de estudio, en comparación con el estándar del Decreto 253/79 y modif.

5.1.4 Materia orgánica

La concentración de clorofila se utiliza para estimar la biomasa de fitoplancton. El fitoplancton a su vez se utiliza como indicador de calidad del agua.

El fitoplancton responde a condiciones naturales y a la influencia del hombre, por lo que la estructura de la comunidad exhibirá diferencia entre los distintos cuerpos de agua. Las poblaciones de fitoplancton y la biomasa de un sistema pueden reducirse por el ingreso de sustancias tóxicas, pero pueden aumentar por el ingreso artificial de NO_3 y PO_4 (provenientes de aguas servidas o fertilizantes). Por lo cual no sólo indican la calidad del agua de un río o arroyo, sino que también pueden influir en ella, ya que una gran cantidad de ciertos organismos del fitoplancton pueden producir niveles inaceptables de toxinas, cambios en el pH, color o sabor del agua (GEMS, 1994).

En el río Cuareim, a partir del año 2009 se incluye el monitoreo de clorofila *a* con el fin de estimar la biomasa fitoplanctónica, y de feofitina, su producto de degradación.

En este curso de agua se registraron valores medios de clorofila *a* menores a los $2 \mu\text{g/l}$, y que varían desde valores menores al límite de detección establecido ($\text{LD} = 0.1 \mu\text{g/l}$) hasta los $23.7 \mu\text{g/l}$ (fig. 5.27). Los valores más elevados de clorofila *a* se registran en las estaciones más cálidas (primavera y verano). Esto, sumado a valores de concentración en el entorno de los $20 \mu\text{g/l}$ pueden ser indicios de la presencia de floraciones algales.

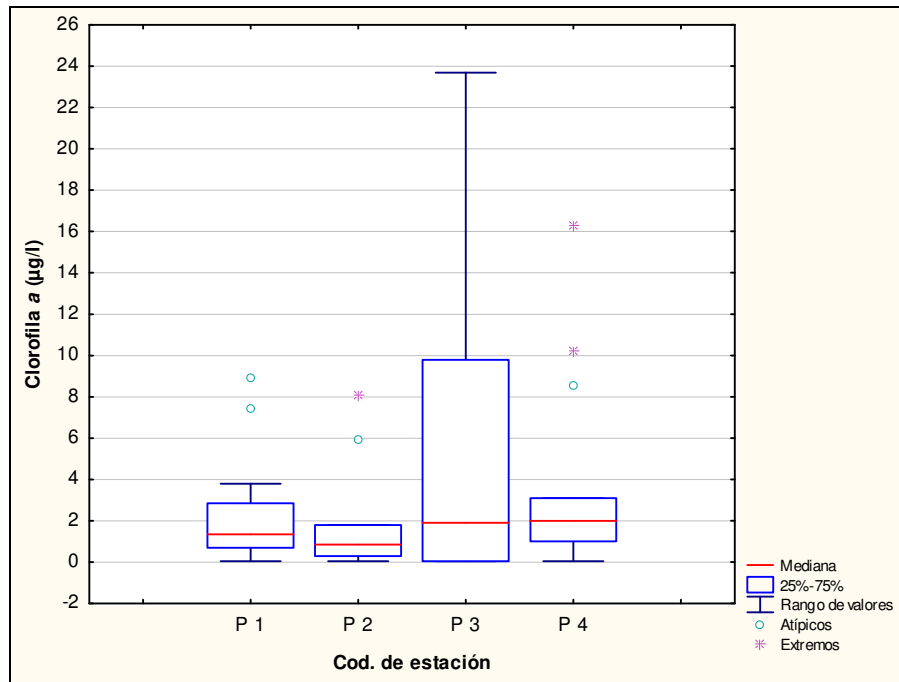


Figura 5.27 – Distribución espacial de la biomasa algal (clorofila a) en el río Cuareim.

5.1.5 Compuestos inorgánicos

5.1.5.1 Metales.

El término metal designa a los elementos que son buenos conductores de electricidad y cuya resistencia eléctrica es directamente proporcional a la temperatura absoluta.

Aluminio (Al)

Esta variable se monitorea desde los inicios del monitoreo en el marco del Programa Twinlatin. El río Cuareim presenta una concentración promedio de aluminio de 1.8 mg/l, con un rango de variación desde valores menores al límite de cuantificación (0.5 mg/l) hasta los 11 mg/l. Como se aprecia en la figura 5.28 la estación 4 es la que presenta la concentración media más elevada de aluminio, así como también un rango de variación más elevado.

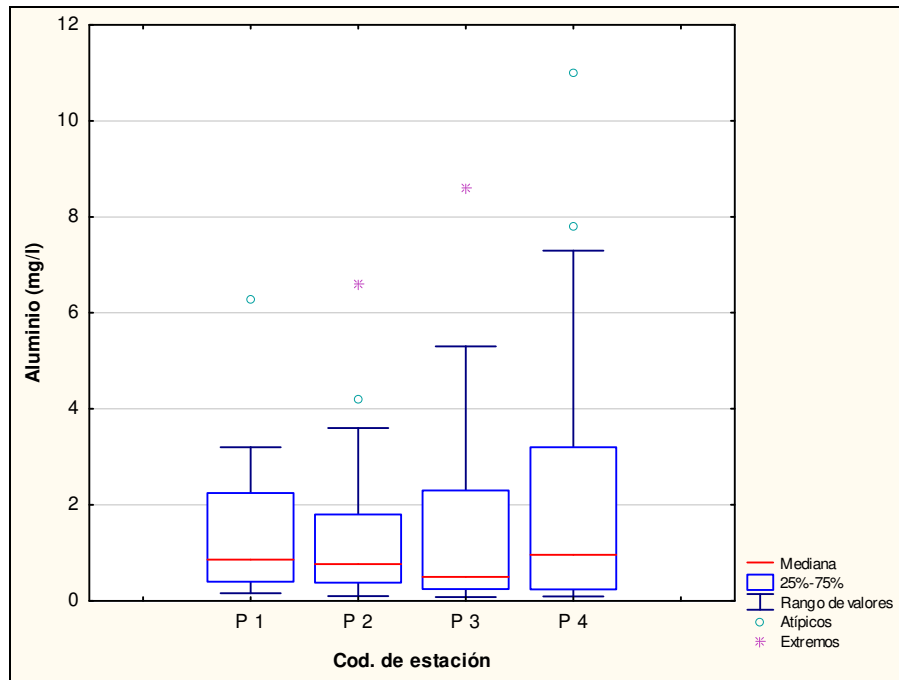


Figura 5.28 – Distribución espacial de aluminio en la zona de estudio.

Asimismo, esta variable presentó un comportamiento estacional marcado, alcanzando las mayores concentraciones en los meses más fríos, cuando el pH es menor.

Cromo (Cr)

Para este estudio se mide cromo total, ya que así se encuentra regulado en la normativa nacional. Esta variable comenzó a monitorearse en la segunda etapa de este monitoreo, obteniéndose registros por debajo del límite de cuantificación del método, excepto en el muestreo realizado en julio de 2010, donde por única vez se cuantificaron valores, los cuales se encontraban por debajo de los valores establecidos en el Decreto 253/79 y modif.

Plomo (Pb)

En el río Cuareim, al igual que el Cr, se comienza a monitorear esta variable en la segunda etapa del Plan. Los resultados obtenidos hasta ahora no superan el límite de cuantificación analítico, el cual ha variado entre 10 y 30 $\mu\text{g/l}$, por lo que se puede asegurar que cumple con el estándar establecido en el Decreto 253/79 y modif., el cual es de 30 $\mu\text{g/l}$.

Zinc (Zn)

En la zona de estudio el zinc cumple satisfactoriamente con el estándar establecido en la normativa nacional, presentando valores medios que van desde 5.3 a 7.5 $\mu\text{g/l}$ (fig 5.29).

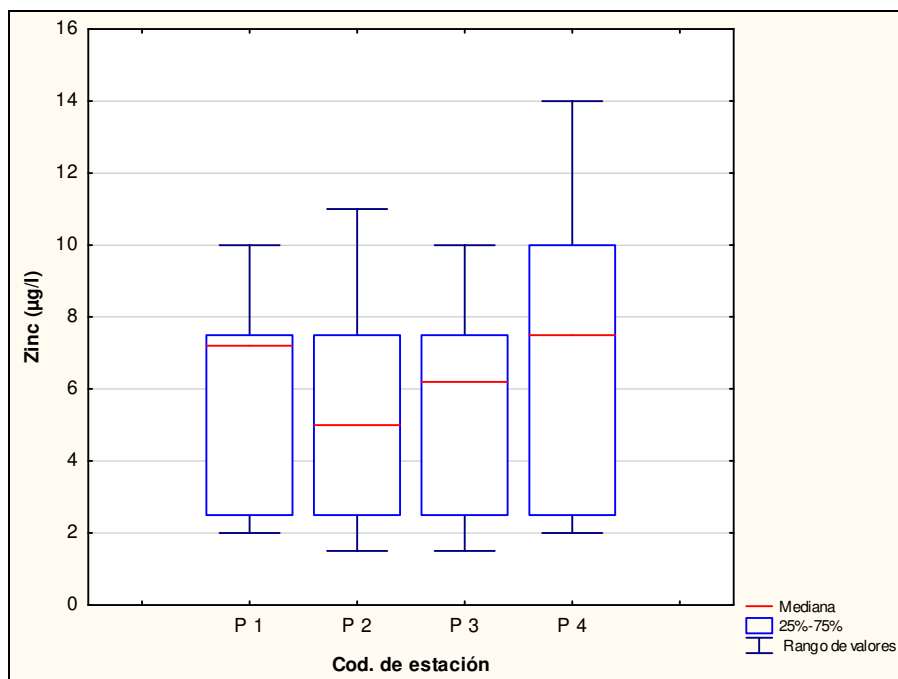


Figura 5.29 – Comparación de datos de zinc obtenidos durante la segunda etapa del monitoreo.

5.1.6 Compuestos orgánicos.

5.1.6.1 Haluros orgánicos absorbibles.

Los haluros orgánicos absorbibles (AOX) se consideran una medida de la materia orgánica halogenada en una muestra de agua.

En el río Cuareim, en la mayor parte de las mediciones realizadas, la concentración de AOX se encuentra por debajo del límite de cuantificación establecido para el método (LC = 17 µg/l).

Debido a que los AOX no están regulados en la normativa nacional, se recurre, tal como se menciona en el Capítulo 3, al estándar sugerido para el distrito de Berlín (Alemania) para protección de la biota acuática (25 µg/l), el cual se ve superado en una única oportunidad en la estación 1 (fig. 5.30).

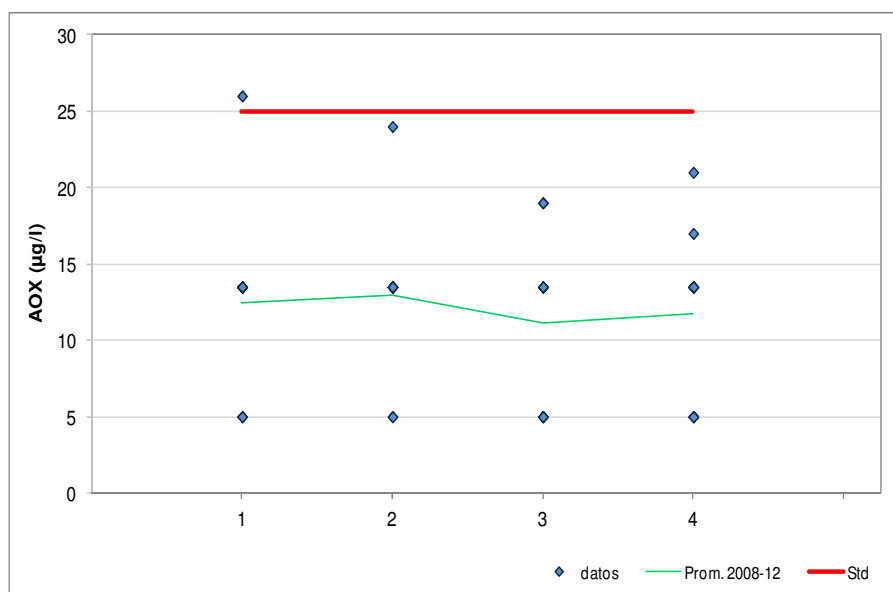
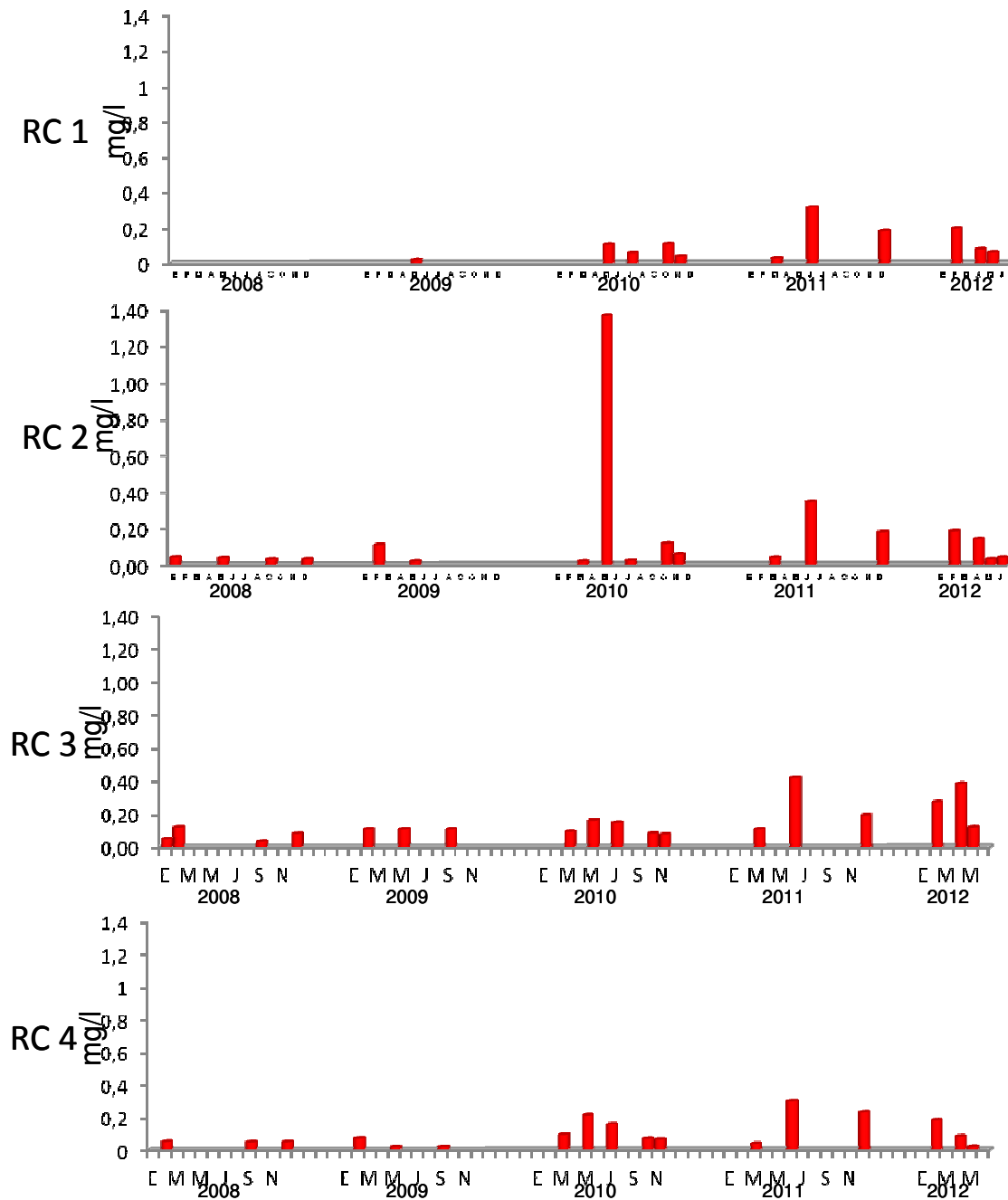


Figura 5.30 – Distribución espacial de AOX en el área de estudio

6 EVOLUCION DE VARIABLES POR ESTACION DE MONITOREO ENTRE 2008 Y 2012

FOSFORO TOTAL

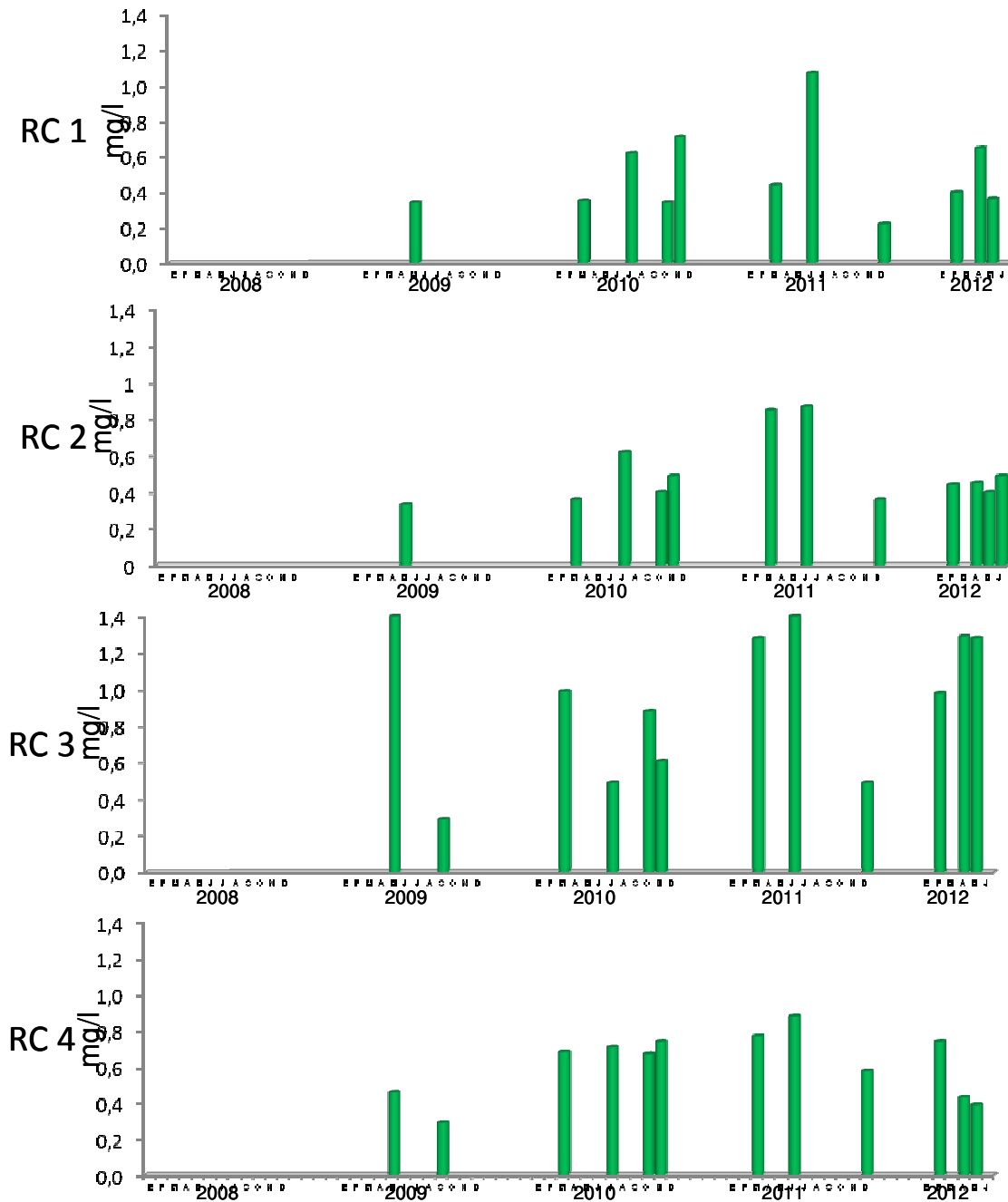


Como se desprende de las graficas de evolución, los valores de PT superan los valores estándar correspondientes a la Clase 3, (FOSFORO TOTAL Máx 0,025 mg/L en P) observándose pocos valores acordes a éste.

La variación temporal de esta variable revela un aumento sostenido durante el período de muestreo, evidenciándose que entre el año 2010 y 2011 se produjeron los mayores aportes de

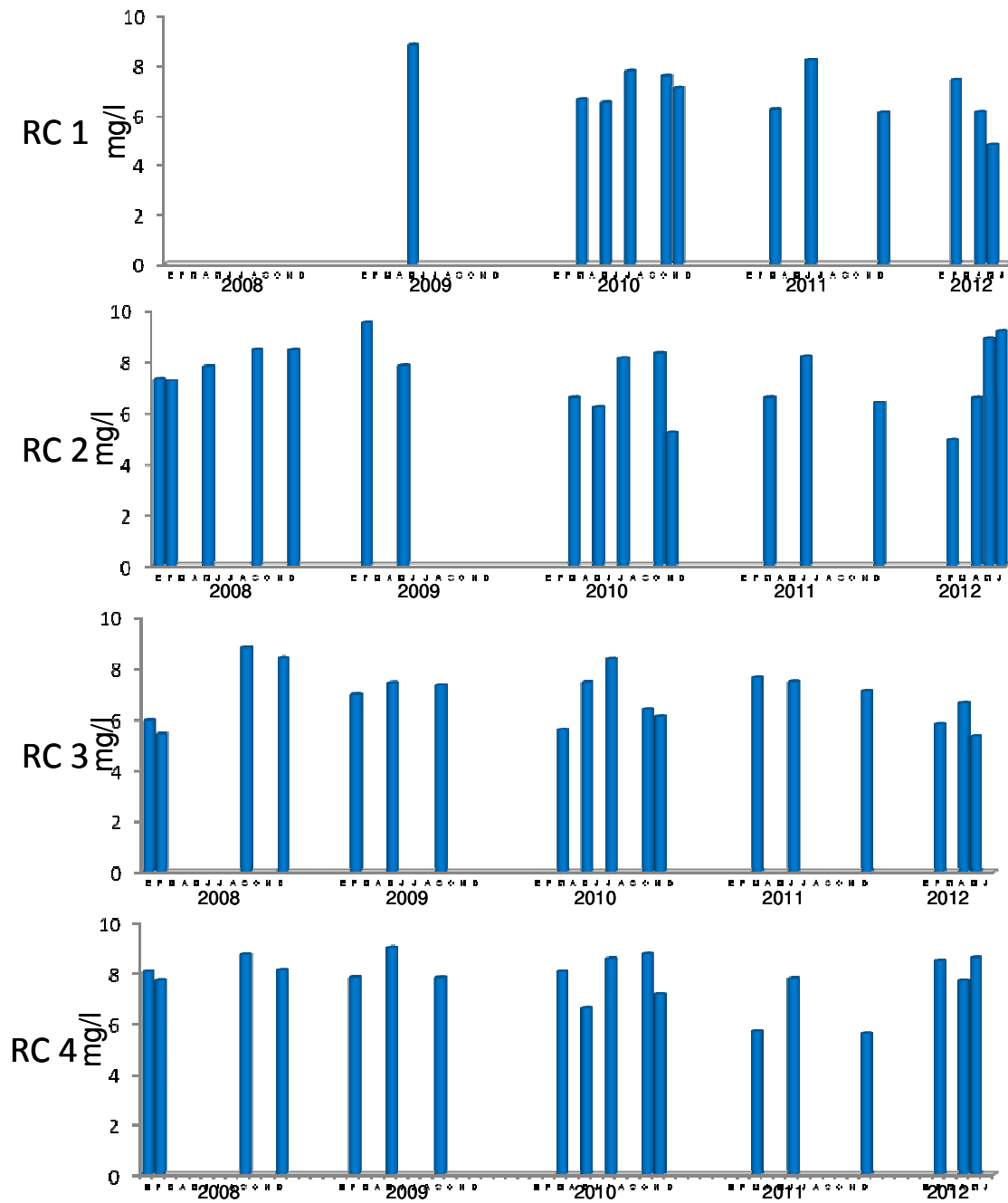
PT a la cuenca. Especialmente, se observan las mayores concentraciones de fósforo total aguas abajo de la ciudad de Artigas.

NITROGENO TOTAL



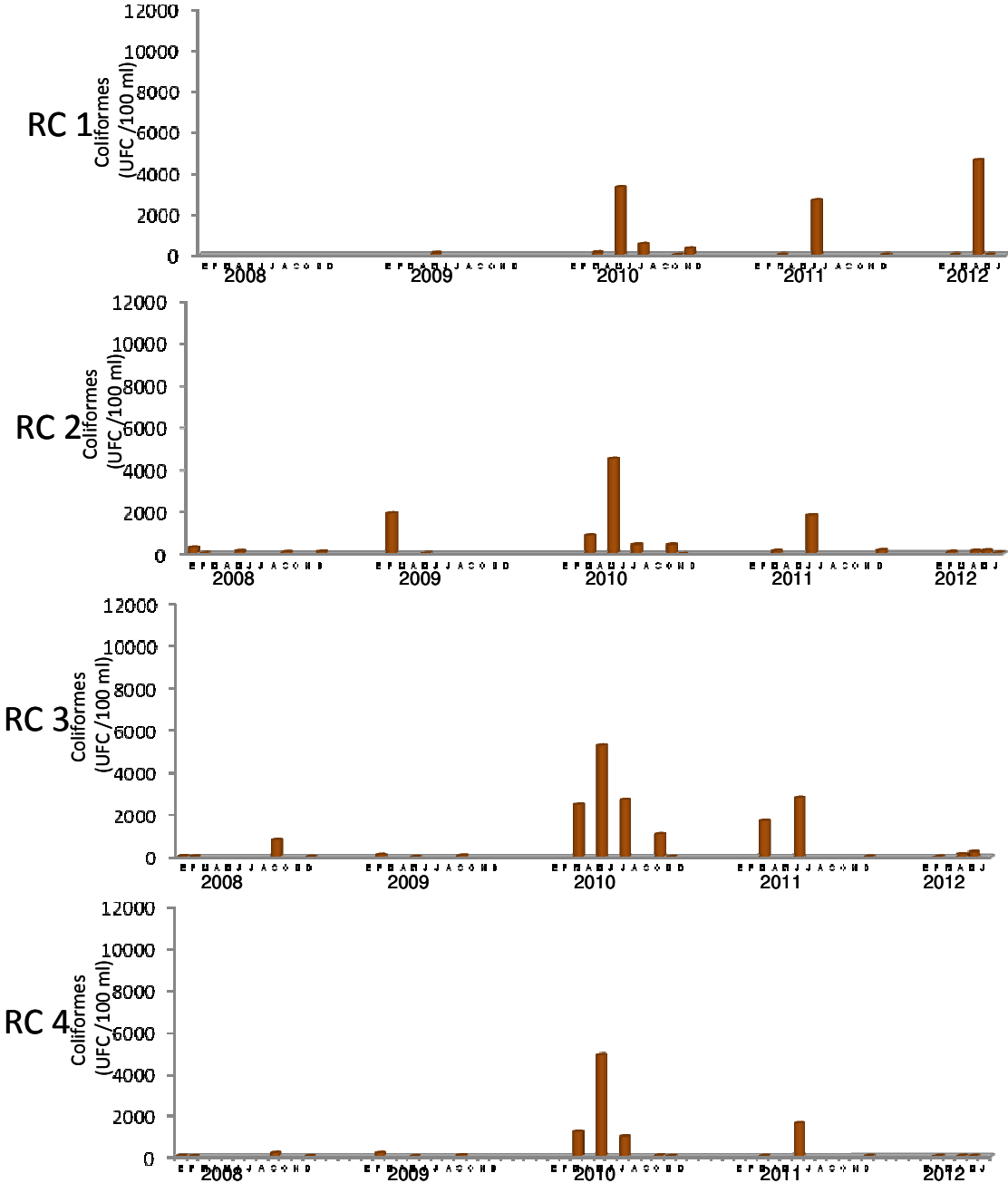
Como se ve representado en las graficas de evolución, el NT a partir del año 2009 ha tenido variantes significativas en cuanto a su comportamiento. Como lo refleja la grafica de evolución, en el 2009 se obtuvieron los valores más bajos, aumentando en el 2010 y manteniéndose este hasta 2012.

OXIGENO DISUELTO



El oxígeno disuelto se encuentra dentro de los valores estándar en toda la región de estudio. Se aprecia una homogeneidad en sus concentraciones, menos en las estaciones cercanas a la ciudad de Artigas. Especialmente, los menores valores de oxígeno disuelto se encuentran en las 2 estaciones bajo la influencia de la ciudad. A partir de 2011 parece haberse producido un descenso en la concentración de oxígeno disuelto en ese tramo del río.

COLIFORMES TERMOTOLERANTES



En las graficas, se observa un crecimiento de los coliformes fecales en el año 2010 para todas las estaciones. También en el año 2011 se visualiza un evento similar, de menor concentración, el cual se mantiene en el 2012 solo en el punto RC1. Como es esperable las mayores concentraciones se registran en las aguas a la salida de la ciudad de Artigas, mientras que en las estaciones alejadas a esta ciudad sólo se perciben eventos puntuales. Salvo las situación

antes mencionada (año 2010), la concentración de coliformes fecales está comprendida dentro de los valores estándar.

6.1 Síntesis y recomendaciones.

El río Cuareim presenta un régimen hidrológico muy variable, como consecuencia de la irregularidad de las lluvias que se producen en la cuenca, el elevado coeficiente de escurrimiento y el bajo poder de retención que poseen los suelos. Lamentablemente no se cuenta, en esta segunda etapa de monitoreo, con registros de caudales, que permitan realizar correlaciones con las variables monitoreadas. Incluso los registros históricos que se consiguieron resultan insuficientes para determinar patrones de comportamiento del sistema.

Por ello es necesario realizar gestiones ante la DINAGUA, de modo de poder contar con al menos una estación hidrométrica en el curso principal del Río.

De la comparación de los valores obtenidos de este Plan de monitoreo surge que, salvo las excepciones que fueran mencionadas en el cuerpo del informe, las variables monitoreadas cumplen con los estándares de calidad establecidos en el Decreto 253/79 y modif..

Los valores de nutrientes obtenidos demuestran que no existe déficit de nitrógeno o fósforo que impidan la productividad. Además de los efluentes urbanos no se identifican otros aportes puntuales a lo largo del Río, pero se presume que son muchos los aportes difusos, considerando los usos del suelo en la cuenca.

Esta cuenca presenta una presión significativa en lo que refiere a la utilización del agua para riego, por lo cual es imprescindible mantener el monitoreo, ya que esto puede generar alteraciones significativas a su futura calidad.

Si bien esta segunda etapa del Plan de monitoreo, llevada a cabo desde la finalización del Programa Twinlatin, ha contribuido a incrementar el conocimiento sobre el estado de calidad de las aguas de este recurso compartido, aún queda mucho por investigar. Se entiende necesario reformular las actividades de campo, es decir:

- Incluir un mayor número de sitios de muestreo, teniendo en cuenta un enfoque de cuenca.
- Incluir otras variables a monitorear, especialmente los biocidas.
- Incluir la toma de muestras para análisis de sedimentos.
- Coordinar con las autoridades locales la posibilidad de contar con apoyo, de modo de poder realizar la toma de muestras en el cuerpo del Río y no en las zonas costeras.

El río Cuareim es un una cuenca transfronteriza, por lo cual los problemas asociados a la calidad de sus aguas depende de la gestión realizada en las hemicuencas de Uruguay y Brasil. La CRC debe tener una participación activa a la hora de definir y de implementar un Plan de monitoreo en este cuerpo de agua, coordinando las actividades entre ambos países. A su vez, deberá establecer los criterios de gestión que involucren el uso y la calidad del agua.

Este trabajo, aunque no ideal, podrá permitir en un futuro gestionar con mayor confianza aquellos aspectos de calidad del agua, que si bien no se aprecia una mala calidad de la misma, es responsabilidad de ambos países que esta calidad sea mantenida y en los casos que se perciba algún deterioro, plantear medidas correctivas a este respecto.

LISTA DE ACRONIMOS

ACA	Asociación de Cultivadores de Arroz.
ANA	Agência Nacional de Águas
CCME	Canadian Council of Ministers of the Environment.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
CORSAN	Companhia Riograndense de Saneamento
CRC	Comisión
DIEA	Dirección de Estadísticas Agropecuarias
DECA	Departamento de Evaluación de Calidad de Agua.
DINAGUA	Dirección Nacional de Agua
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente.
DINAMIGE	Dirección Nacional de Minería y Geología.
DGRNR	Dirección General de Recursos Naturales Renovables
EPA	Agencia de Protección Ambiental.
GEMS/W	Sistema Global de Monitoreo Ambiental/Agua
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMFIA	Instituto de Mecánica de Fluidos e Ingeniería Ambiental.
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPH	Instituto de Pesquisas Hidráulicas
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MIEM	Ministerio de Industria, Energía y Minería
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
OPYPA	Oficina de Programación y Política Agropecuaria
OSE	Obras Sanitarias del Estado
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
PRENADER	Programa de Manejo de Recursos Naturales y Desarrollo del Riego
UDELAR	Universidad de la República
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UN	Naciones Unidas.
U.S. EPA	United States - Environmental Protection Agency.

UNIDADES DE PESO Y MEDIDAS

°C	grados Celsius
µg	microgramos
µl	microlitros
µm	micrómetros
<	menor a
>	mayor a
%	porcentaje
cm	centímetros
g	gramos
Km	kilómetros
Km ²	kilómetros cuadrados
l	litros
mg	miligramos
ml	mililitros

GLOSARIO

Abiótico: término relativo a los componentes no vivos de un ecosistema.

Aeróbico: calificación asignada al organismo cuya viabilidad es dependiente de la presencia de oxígeno/ Aplicable al proceso biológico que requiere oxígeno.

Anaeróbico: calificación asignada al organismo que es viable en ausencia de oxígeno/ Aplicable al proceso biológico que no requiere oxígeno.

Antrópico/a: relativo/a al ser humano.

Antropogénico/a: originado/a o causado/a por el ser humano.

Bioacumulación: proceso mediante el cual una sustancia es incorporada en un organismo por ingesta de agua y alimentos.

Bioconcentración: proceso mediante el cual una sustancia es absorbida desde el agua o desde otro medio y concentrada en los seres vivos.

Biodisponibilidad: medida de la accesibilidad a una sustancia dada que poseen los procesos biológicos de un organismo.

Bioensayo: cualquier método por medio del cual alguna propiedad de una sustancia es medida en términos de la respuesta biológica que produce.

Biomagnificación: proceso mediante el cual un organismo en un nivel trófico superior es capaz de acumular mayor cantidad de una sustancia que un organismo de la misma cadena alimentaria ubicado en un nivel trófico inferior.

Biótico: relativo a los componentes vivos de un ecosistema.

Carcinógeno: material o agente capaz de inducir cáncer.

Comunidad: asociación de poblaciones de organismos que interactúan en un determinado habitat.

Condición buffer: capacidad de un medio para amortiguar el cambio de su pH ante la adición de un ácido o una base.

Demanda bioquímica de oxígeno: disminución en el contenido de oxígeno disuelto de una muestra de agua, medida en condiciones estandarizadas, asociada a la oxidación biológica de la materia orgánica.

Demanda química de oxígeno: medida del contenido de materia orgánica susceptible de ser oxidada por una sustancia oxidante fuerte expresada en términos de oxígeno equivalente.

Diagenético: relativo a la diagénesis, o conjunto de procesos geológicos por los cuales un sedimento se convierte en roca sedimentaria.

Ecosistema: unidad constituida por todo conjunto de seres vivos que interaccionan entre sí y con su hábitat con características propias.

Ecotoxicológico: relativo al conocimiento sobre la generación de efectos adversos en la biota de un ecosistema.

Edáfico: Perteneiente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a las plantas.

Efecto tóxico agudo: manifestación que acontece habiendo transcurrido un tiempo corto de exposición a un tóxico.

Efecto tóxico crónico: manifestación que acontece como consecuencia de una exposición prolongada a un tóxico.

Efectos aditivos: efectos de la acción concurrente de más de un material o agente cuya magnitud conjunta es aproximadamente equivalente a la suma de los efectos individualmente considerados.

Efectos antagónicos: efectos de la acción concurrente de más de un material o agente cuya magnitud conjunta es inferior a la suma de los efectos individualmente considerados.

Efectos sinérgicos: efectos de la acción concurrente de más de un material o agente cuya magnitud conjunta es superior a la suma de los efectos individualmente considerados.

Especie testigo: especie cuyo control o análisis se utiliza como referencia de otras especies.

Evapotranspiración: pérdida de agua de un área determinada atribuida a la asociación de los fenómenos de evaporación desde el suelo o desde la superficie del agua y de transpiración vegetal.

Fitoplancton: fracción vegetal del plancton.

Fotosíntesis: proceso por el cual la mayoría de los vegetales producen sus compuestos orgánicos a partir del agua, del dióxido de carbono y de la luz solar, liberando oxígeno.

Hidrofóbico: que no tiene afinidad por el agua.

Léntico: término que identifica a los cuerpos de agua naturales o artificiales con movimiento de agua vertical u horizontal, pero nunca unidireccional (aplicable a lagos, lagunas y embalses).

Letal: estímulo necesario para causar la muerte.

Lótico: término que identifica a los cursos de agua de movimiento unidireccional entre un terreno de mayor altura a otro de menor altura (aplicable a ríos y arroyos).

Metabolito: producto intermedio o final generado en el proceso de metabolización de una sustancia.

Micronutriente: sustancia cuya presencia en pequeñas dosis es necesaria para el cumplimiento de una o más funciones biológicas.

Osmosis: difusión de un solvente a través de una membrana semipermeable desde un medio menos concentrado a otro más concentrado que tiende a igualar las concentraciones de ambos.

Parámetro de calidad: característica considerada para precisar la calidad.

Plaguicida: agente químico utilizado para el control de las plagas.

Plancton: término colectivo utilizado para la flora y la fauna de un cuerpo de agua formada principalmente por organismos microscópicos que se desplazan a la deriva.

Resiliencia de un ecosistema: propiedad que describe la rapidez con la cual una comunidad vuelve a su estado original después de haber sido perturbada y desplazada de dicho estado.

Riesgo: probabilidad de daño, enfermedad o muerte en determinadas circunstancias o condiciones.

Toxicidad: capacidad de un material o agente de causar efectos adversos en un ser vivo.

Tóxico: material o agente capaz de causar efectos adversos en un ser vivo/ Condición determinada por la toxicidad.

BIBLIOGRAFIA

- Aminot, A. y M. Chaussepied. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest. Centre National pour l'Exploration des Oceans (CNEXO).
- APHA 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, 2005". American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation, USA.
- Arcelus, A.; J.Gussoni y L. Batista. 1999. La gestión de los recursos hídricos en la cuenca del río Cuareim. VI Jornadas del CONAPHI, Santiago de Chile, Chile.
- Arcelus, A y J. A. Goldenfum. 2005. Proyecto Piloto de Gestión Integrada de Crecidas en la Cuenca del Río Cuareim, Uruguay - Brasil. Resumen ejecutivo - Etapa Ejecución Fase 1. Programa Asociado de Gestión de Crecidas OMM/GWP
- Australian and New Zeland Environment and Conservation Council (ANZECC) & Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zeland (ARMCANZ). 2000. Australian Guidelines for Water Quality Monitoring and Reporting- Summary-
- Brasil-Uruguay. 1991. Acuerdo de cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim. Disponible en: www0.parlamento.gub.uy/indexdb/OtrosDocumentos/ListarTexto.asp?ID=116. (Consultado: set/2012).
- Brasil-Uruguay. 1992. Acuerdo sobre cooperación en Materia Ambiental. Disponible en: www0.parlamento.gub.uy/indexdb/OtrosDocumentos/ListarTexto.asp?ID=165. (Consultado: set/2012).
- Brasil-Uruguay. 1997. Ajuste complementario del Acuerdo de cooperación para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales y el Desarrollo de la Cuenca del Río Cuareim. Disponible en: www0.parlamento.gub.uy/indexdb/OtrosDocumentos/ListarTexto.asp?ID=183 (Consultado: set/2012).
- Chediak, G.; J. C. Rey Y N. Papa. 2008. Estudio de Factibilidad y Localización para el desarrollo de la piscicultura en el Cuenca del río Cuareim.
- CRC Handbook of Chemistry and Physics, 78th edition, 1998-1999. Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.
- CRC – IMFIA. 2004. Plan de monitoreo ambiental en la cuenca del río Cuareim (margen izquierda).
- De León, L. 2011. Evaluación de la calidad del agua del río Cuareim. Período 2006-2010. Informe de consultoría. Proyecto URU/07/012 – TDR3.12. DINAMA-PNUD
- DICOSE. 2011. Datos de la declaración jurada 2011, datos generales. Disponible en: www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2011/DJ2011_Artigas.pdf (Consultada: oct/2012).

- DIEA-MGAP. 2012. Anuario Estadístico Agropecuario 2011. 14ª Edición. Disponible en www.mgap.gub.uy/diea (Consultada: jul/2012)
- DINAMA – Laboratorio Ambiental. 2009. Manual de Procedimientos Analíticos para Muestras Ambientales. 2da Edición.
- EPA. 2006
- García, C.; A. Cendón; J. Martínez y G. Yorda. 2008. Proyecto Twinlatin: Río Cuareim, Uruguay. Informe Técnico DINAMA.
- GEMS/Agua. 1994. Guía operativa. 3ª Edición. PNUD-OMS-UNESCO-OMM.
- Gussoni, J. 2009. Río Cuareim. Primer encuentro de Organismos de Cuenca de America Latina y el Caribe. Foz do Iguaçu, Nov/2009.
- IBGE, 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Disponible en: www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1 (Consultada: oct/2012).
- INE- 2011. Instituto Nacional de Estadística. Disponible en www.ine.gub.uy (Consultada: set/2012).
- Méndez, J. A.. 2012. Encuesta de arroz. Zafra 2011/12. Serie encuestas N° 307. Estadísticas agropecuarias (DIEA).
- OSE. 2009. Proyecto Básico de Planta de Tratamiento y Disposición Final de Efluentes para la Ciudad de Artigas. Comunicación de Proyecto. Viabilidad Ambiental de la Localización.
- Praderi R. y J. Vivo. 1970. Ríos y Lagunas. Colección nuestra tierra N°36.
- Strickland, J.D.H. and T.R. Parsons. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa.
- Twinlatin. 2006. Work Package 1. D1.1 Current Status Report. Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp. (Consultada: set/2012).
- Twinlatin. 2008. Work Package 7. Classification of Water Bodies. Compilation of Partner Basin Contributions (deliverables D7.1 and D7.2). Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp. (Consultada: set/2012).
- Twinlatin 2009.a. Wokr Package 6. Final Report 1. D6.1 Pollution pressure and impact analysis. Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp. (Consultada: set/2012).

Twinlatin 2009.b. Work Package 8. Final report. Change Effects and Vulnerability Assessment. Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp. (Consultada: set/2012).

Twinlatin. 2009.c. Work Package 3. Hydrological Modelling and Extremes. D3.1 Hydrological modeling report. D.3.2 Evaluation reports. Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp. (Consultada: set/2012).

Twinlatin. 2009.d. Work Package 5. Sustainable Management Strategies. D5.1 Work Package Report (development carried out, problems, and conclusions). D5.2 Management strategy document to be presented at the political level. Disponible en: www.twinlatin.org/bisproc/Result/Result.asp (Consultada: set/2012).

UNEP/WHO. 1996. Water Quality Monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes. Jamie Bartram and Richard Balance (editors). United Nations Environment Programme (UNEP) and World Health Organization (WHO), London, United Kingdom. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmonitor/en/index.html (Consultada: jun/08).

Uruguay. 1979. Decreto 253/79 y modificativos. Normas para prevenir la contaminación ambiental mediante el control de la contaminación de aguas.

U.S. EPA. 2000. EPA QA/G-9. Practical Methods for Data Analysis. Disponible en: www.epa.gov (Consultada: ago/2010).