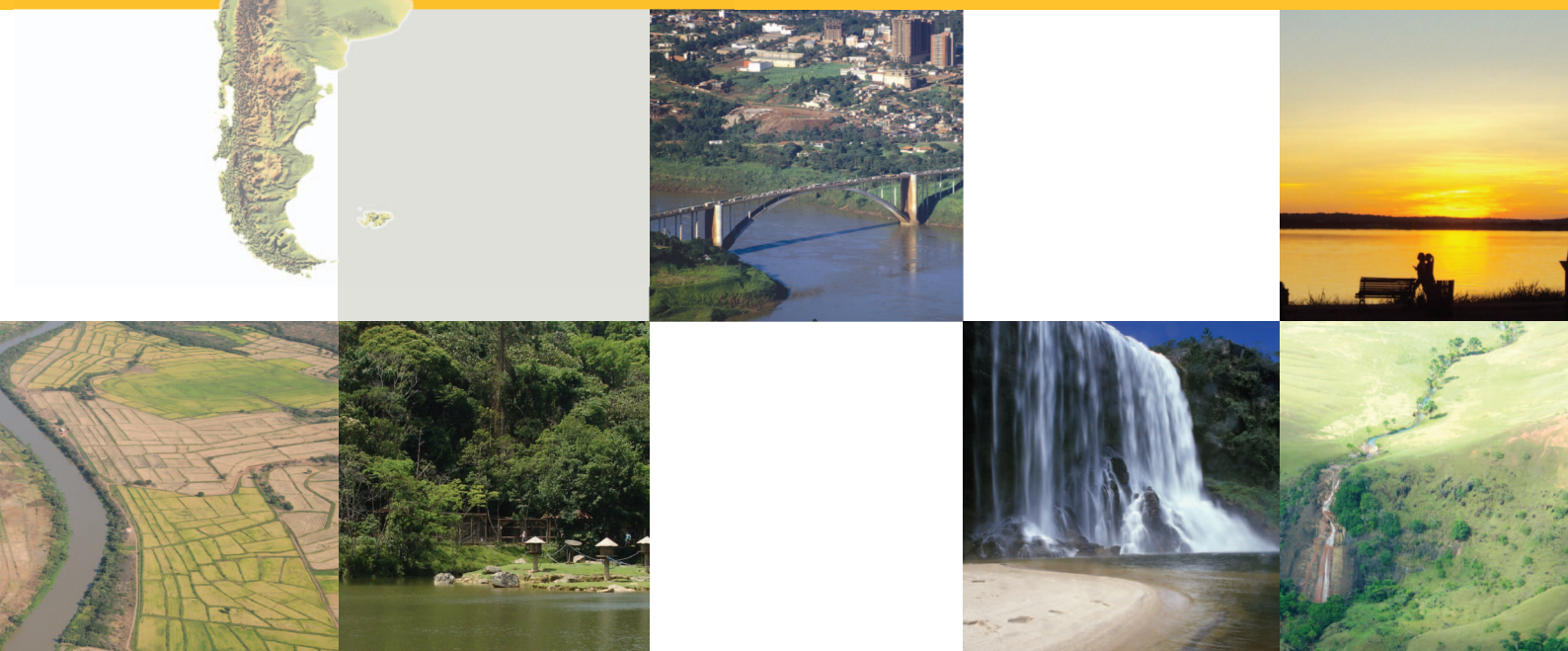




Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales de **BRASIL 2012**



Panorama de la Calidad de las
Aguas Superficiales de

BRASIL

2012

SÍNTESIS EJECUTIVA

República Federativa de Brasil

Dilma Vana Rousseff - *Presidenta*

Ministerio de Medio Ambiente

Izabella Mônica Vieira Teixeira - *Ministra*

AGENCIA NACIONAL DE AGUAS

Directorio Colegiado

Vicente Andreu Guillo (*Director Presidente*)

Dalvino Troccoli Franca

Paulo Lopes Varella Neto

João Gilberto Lotufo Conejo

Paulo Rodrigues Vieira

Secretaría General (SGE)

Mayui Vieira Guimarães Scafuto

Procuraduría General (PGE)

Emiliano Ribeiro de Souza

Corregiduría (COR)

Elmar Luis Kichel

Auditoría Interna (AUD)

Edmar da Costa Barros

Jefe de Gabinete (GAB)

Horácio da Silva Figueiredo Júnior

Coordinación de Articulación y Comunicación (CAC)

Antônio Félix Domingues

Coordinación de Gestión Estratégica (CGE)

Bruno Pagnoccheschi

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos (SPR)

Ney Maranhão

Superintendencia de Implementación de Programas y Proyectos (SIP)

Ricardo Medeiros de Andrade

**Banco Interamericano
de Desarrollo**

**Agencia Nacional de Aguas
Ministerio del Medio Ambiente**

Panorama de la Calidad de las
Aguas Superficiales de

BRASIL

2012

SÍNTESIS EJECUTIVA

**Brasília - DF
2012**

© Agência Nacional de Águas (ANA), 2012.
Setor Policial Sul, Área 5, Quadra 3, Blocos B, L, M e T
CEP 70610-200, Brasília, DF
PABX: (61) 2109 5400 / (61) 2109 5252
www.ana.gov.br

Equipo editorial:

Supervisión editorial:

Marcelo Pires da Costa – Agencia Nacional de Aguas

Maria Inês Muanis Persechini – COBRAPE

Elaboración de los originales:

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos – SPR

Revisión de los originales:

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos – SPR

Edición:

Bruno Cesar Bonaldi Trindade

Cristine de Noronha

Isadora Hertz

Mapas temáticos:

Christian Taschelmayer

Priscilla Kiyomi Endo

Gráfica:

Maxi Gráfica

© 2012 Todos los derechos reservados por la Agencia Nacional de Aguas (ANA). Los textos contenidos en esta publicación, siempre y cuando no sean usados para fines comerciales, podrán ser reproducidos, almacenados o transmitidos. Las imágenes no pueden ser reproducidas, transmitidas o utilizadas sin autorización expresas de los detentadores de los respectivos derechos de autor.

CIP: CEDOC / BIBLIOTECA

A265p

Agência Nacional de Águas (Brasil)

Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: síntesis
ejecutiva / Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.

68 p.; il.

ISBN: 978-85-8210-005-9

1. Recursos hidricos 2. Aguas Superficiales. 3. Calidad de las Aguas.

I. Agencia Nacional de Aguas (Brasil) II. Título

CDU 556.5 (81)

COORDINACIÓN Y ELABORACIÓN

Agencia Nacional de Aguas

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos (SPR)

Ney Maranhão - Superintendente

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares - Superintendente Adjunto

Marcelo Pires da Costa - Gerente Coordinación General

Equipo técnico

Célio Bartole Pereira - Especialista en Recursos Hídricos

Daniel Izoton Santiago - Especialista en Recursos Hídricos

Marcelo Luiz de Souza - Especialista en Recursos Hídricos

Renata Bley da S. de Oliveira - Especialista en Recursos Hídricos

COLABORADORES

Superintendencia de Planificación de Recursos Hídricos (SPR)

Alexandre Lima Teixeira- Gerente - Especialista en Recursos Hídricos

Ana Carolina Coelho Maran - Especialista en Recursos Hídricos

(actualmente en la Superintendencia de Apoyo a la Gestión de Recursos Hídricos)

Gaetan Serge Jean Dubois - Especialista en Recursos Hídricos

Laura Tillmann Viana - Especialista en Recursos Hídricos

Luciana Aparecida Z.de Andrade - Especialista en Recursos Hídricos

Viviane dos Santos Brandão - Especialista en Recursos Hídricos

Superintendencia de Implementación de Proyectos y Programas (SIP)

Adriana Araújo Maximiano - Especialista en Recursos Hídricos

Ana Paula Montenegro Generino - Especialista en Recursos Hídricos

Maria Cristina de Sá O. Matos Brito - Especialista en Recursos Hídricos

COOPERACIÓN TÉCNICA

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

Cooperación Técnica ATN/OC-11888-BR - Apoyo a la Implementación del Programa Nacional de Evaluación de la Calidad de las Aguas - PNQA

Presidente

Luis Alberto Moreno

Representante BID-Brasil

Juan Carlos De La Hoz Vinaz

Jefe del Departamento de Infraestructura y Medio Ambiente (INE)

Alexandre Meira Rosa

Jefe de la División de Agua y Saneamiento (WSA)

Federico C. Basañes

División de Agua y Saneamiento - Representación de Brasil

Irene Guimarães Altafin

Yvon Mellinger

Cláudia Regina Borges Nery

Fernanda Campello - Consultora

Rafael Porfírio Tavares - Consultor

ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN

COBRAPE – Companhia Brasileira de Projectos y Empreendimientos

José Antônio Oliveira de Jesus - Coordinación General

Maria Inês Muanis Persechini y Sergei Augusto Monteiro - Coordinación ejecutiva

Equipo Principal

Alceu Guérios Bittencourt

Ana Sylvia Zeny

Carlos Alberto Amaral de Oliveira Pereira

Carlos Eduardo Guri Gallego

Cecile Miers

Christian Taschelmayer

Cristine de Noronha

Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes

Girleene Rodrigues Leite

Guilherme Hamana Sutti

Mitsuyoshi Takiishi

Regina Maria Martins de Araújo

Wagner Jorge Nogueira

Apoyo Técnico

Ana Beatriz de Souza Esteves

Ana Paula Bora de Souza

Carlos Alberto Sallati

Carolina Harue Nakamura

Diogo Bernardo Pedrozo

Felipe Alexander C.R.Lima da Silva

Gabriela Pacheco Correa

Juliana Medeiros Paiva

Miguel Fontes de Souza

Natália Furlan

Patricia Ruth Ribeiro

Priscilla Kiyomi Endo

Renata Fernandes de Araújo

Robson Klisiowicz

Vinícius Cruvinel Rêgo



AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este documento solamente fue posible debido al apoyo de diversas entidades que suministraron datos e informaciones. En este sentido, la Agencia Nacional de Aguas agradece a las entidades:

ADASA - Agencia Reguladora de Aguas, Energía y Saneamiento Básico del Distrito Federal

CAESB - Compañía de Saneamiento Ambiental del Distrito Federal

CETESB – Compañía Ambiental del Estado de São Paulo

COGERH - Compañía de Gestión de los Recursos Hídricos de Ceará

CPRH - Agencia Estadual de Medio Ambiente - Pernambuco

DQA/MMA - Departamento de Calidad Ambiental - Ministerio de Medio Ambiente

FEPAM - Fundación Estadual de Protección Ambiental – Rio Grande do Sul

IAP - Instituto Ambiental de Paraná

IEMA - Instituto Estadual de Medio Ambiente – Espírito Santo

IGAM - Instituto del Estado de Minas Gerais de Gestión de las Aguas

IGARN - Instituto de Gestión de las Aguas del Estado de Rio Grande do Norte

IMA - Instituto de Medio Ambiente - Alagoas

IMASUL - Instituto de Medio Ambiente de Mato Grosso do Sul

INEA - Instituto Estadual del Ambiente - Rio de Janeiro

INEMA - Instituto del Medio Ambiente y Recursos Hídricos - Bahia

SANEATINS - Compañía de Saneamiento de Tocantins

SEMA - Secretaría de Medio Ambiente - Mato Grosso

SEMARH - Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Hídricos - Goiás

SRHE - Secretaría de Recursos Hídricos y Energéticos - Pernambuco

SUDEMA - Superintendencia de Administración del Medio Ambiente - Paraíba

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tapa de la Guía Nacional de Recogida y Preservación de Muestras.....	20
Figura 2 - División Hidrográfica y Geopolítica de Brasil	22
Figura 3 - Población Urbana y Rural en Brasil (1940-2010).....	25
Figura 4 - Índice de Recolección y de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas – Población Urbana 2010	26
Figura 5 - Situación de las Sedes Municipales con Relación al Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas.....	27
Figura 6 - Porcentaje del Volumen Total de Aguas Servidas Domésticas Tratado, por Tipo de Tratamiento	27
Figura 7 - Carga Orgánica Remaneciente 2008 y Caudales Medios de las Regiones Hidrográficas.....	28
Figura 8 - Carga Orgánica Remaneciente 2008.....	29
Figura 9 - Situación de la Cobertura Vegetal Nativa	31
Figura 10 - (a) - Venta de Fertilizantes en las Unidades de la Federación en 2008 (b) - Consumo de Agrotóxicos en las Unidades de la Federación en 2005.....	33
Figura 11 - Ingredientes Activos de Agrotóxicos más Comercializados en Brasil en 2009.....	33
Figura 12 - Índice de Calidad de las Aguas (ICA) – Valor medio en 2010 en Brasil y en Áreas Urbanas.....	39
Figura 13 - Índice de Calidad de las Aguas (IQA) - Valor medio en 2010	40
Figura 14 - Porcentaje de Resultados en no Conformidad, en el Año 2010, con Relación a los Estándares de Calidades de Cuerpos de Agua Encuadrados en la Clase 2.....	41
Figura 15 - Evolución del Índice de Calidad de las Aguas en Números Absolutos de Puntos de Monitoreo (a) y en Términos Porcentuales de Clases (b) en el Período de 2001 a 2010.	41
Figura 16 - Tendencia del Índice de Calidad de las Aguas (ICA) en el Período 2001-2010	42
Figura 17 - Porcentaje de Puntos de Monitoreo en las Clases del Índice de Estado Trófico (IET) en 2010 por Tipo de Ambiente	43
Figura 18 - Índice de Estado Trófico (IET) en 2010.....	44
Figura 19 - Índice de Estado Trófico – Evolución del Número de Puntos Monitoreo de 2001 a 2010.....	45
Figura 20 - Tendencia del Índice de Estado Trófico (IET) en el Período 2001-2010	46
Figura 21 - Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua (ICE) en 2010.....	47
Figura 22 - Porcentaje de Puntos de Monitoreo en las Clases del Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua – 2010	48
Figura 23 - Evolución de la Presencia del Mejillón Dorado en las Aguas Interiores de la Cuenca del Plata.....	51
Figura 24 - (a) Situación de los Planes de Cuenca en Unidades Estaduales de Recursos Hídricos en 2011 (b) Situación de los Planes de Cuencas Interestaduais en 2011	55
Figura 25 - Localización de las inversiones más significativas en Saneamiento y Proyectos de Descontaminación.....	59

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 - Parámetros Mínimos de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas	19
Cuadro 2 - Clases de Enquadramento Conforme Usos das Águas Doces	24

SUMARIO

1 INTRODUCCIÓN	17
2 PROGRAMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS (PNQA)	18
3 METODOLOGÍA	22
4 PRINCIPALES PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES.....	25
4.1 Ambiente Urbano	25
4.2 Ambiente Rural	31
4.3 Otras Fuentes de Presión sobre la Calidad de las Aguas Superficiales	34
4.4 Temas Emergentes.....	37
5 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	39
5.1 Índice de Calidad de las Aguas.	39
5.2 Índice de Estado Trófico.....	43
5.3 Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua	47
5.4 Otros indicadores.....	48
6 RESPUESTAS PARA LAS PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES	52
6.1 Legislación	52
6.2 Planificación	54
6.3 Monitoreo.....	57
6.4 Acciones estructurales.....	58
6.5 Síntesis de las inversiones en acciones de descontaminación de los recursos hídricos superficiales	60
7 IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	62
8 RETOS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	64
BIBLIOGRAFÍA	66



PREFACIO AGENCIA NACIONAL DE AGUAS

El conocimiento sobre la calidad de las aguas brasileñas es primordial para su correcta gestión y para que el uso múltiple de las aguas, preconizado por la Política Nacional de Recursos Hídricos, sea logrado. La existencia de agua limpia es un requisito esencial para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos y para diversas actividades humanas tales como el abastecimiento doméstico, la irrigación, el uso industrial, la desedentación de animales, la acuicultura, la pesca y el turismo.

Los impactos ambientales, sociales y económicos de la degradación de la calidad de las aguas se traducen, entre otros, en la pérdida de la biodiversidad, en el aumento de enfermedades de transmisión hídrica, en el aumento del costo de tratamiento de las aguas destinadas al abastecimiento doméstico y al uso industrial, en la pérdida de productividad en la agricultura y en la pecuaria, en la reducción de la pesca y en la pérdida de valores turísticos, culturales y paisajísticos.

Realizar un diagnóstico de la calidad de las aguas brasileñas es una tarea de tamaño proporcional al área de Brasil y de su inmensa diversidad ambiental, cultural y socioeconómica. Desde su creación, la Agencia Nacional de Aguas (ANA) se ha esforzado para reunir, analizar y divulgar informaciones sobre la calidad de las aguas brasileñas. En 2005, la ANA lanzó la publicación “Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales en Brasil”, un estudio pionero que, por primera vez, agregó los datos de las redes estatales de monitoreo. A partir de 2009, la ANA pasó a elaborar anualmente la publicación “Estado de los Recursos Hídricos en Brasil” que presenta un diagnóstico amplio de la situación de los recursos hídricos y de la gestión del agua en Brasil, incluyendo una visión general sobre la calidad de las aguas superficiales.

En este año, 2012, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la ANA tiene el placer de presentar el “Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales de Brasil”. Esta publicación presenta un diagnóstico de las principales presiones sobre la calidad de las aguas superficiales, sobre su condición en 2010 y sobre las acciones que los gobiernos, el sector privado y la sociedad brasileña han realizado para recuperar y mantener la calidad de los cuerpos de agua. El estudio también presenta un diagnóstico de la tendencia de la calidad del agua durante la primera década de este siglo (2001-2010).

Esta publicación forma parte de la estrategia establecida por el Programa Nacional de Evaluación de la Calidad de las Aguas (PNQA), que tiene entre sus objetivos la evaluación y divulgación sistemática de la calidad de las aguas en Brasil. El esfuerzo para reunir tanta cantidad de informaciones sólo fue posible gracias a la contribución de los órganos estatales de medio ambiente y recursos hídricos que amablemente suministraron sus datos de monitoreo.

Son grandes los retos planteados a la sociedad brasileña en materia de gestión de la calidad del agua, ya que se trata de un tema intersectorial que demanda una fuerte articulación entre las áreas de recursos hídricos, medio ambiente, saneamiento, salud, industria y agricultura, para mencionar apenas algunos de ellos. Publicaciones como ésta son esenciales para aumentar la conciencia de la sociedad sobre este importante tema, contribuyendo a establecer una agenda efectiva, en base a indicadores mensurables, que permitan la recuperación y el mantenimiento de la calidad de las aguas superficiales brasileñas.

Dirección de la Agencia Nacional de Aguas (ANA)



BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

Hace más de cincuenta años el BID apoya el desarrollo de los países de América Latina y del Caribe con acciones que buscan la reducción de la pobreza y de la desigualdad y el crecimiento económico y social, de forma ambientalmente sostenible. Imbuido de esta misión, el Banco aúna sus esfuerzos con los de los países de la región con el propósito de cumplir las Metas del Milenio por medio de la ampliación del acceso de las poblaciones más pobres al saneamiento; del mejoramiento de la continuidad de los servicios; de la preservación de las fuentes de agua; de la reducción de la contaminación de los cuerpos receptores y del fortalecimiento de los marcos institucionales y legales de los sectores de Recursos Hídricos y de Saneamiento.

La *Iniciativa de Agua y Saneamiento*, puesta en marcha por el BID a partir de 2007, es una respuesta del Banco a este reto. La *Iniciativa* estableció estrategias y metas específicas, de acuerdo con las necesidades de cada país miembro, ofreciendo nuevas herramientas y financiamientos flexibles para incentivar programas que mejoren las condiciones hídrico-sanitarias en los países de América Latina y Caribe, agrupadas en cuatro ejes principales: el financiamiento de asistencia técnica y de inversiones para ciudades con poblaciones de más de 50 mil habitantes; la atención a comunidades rurales; la asistencia técnica, y el financiamiento de acciones de protección de las nacientes, de la descontaminación hídrica y el tratamiento de las aguas servidas domésticas; además del apoyo al mejoramiento del desempeño de las empresas de saneamiento, promoviendo la transparencia de la gestión.

Fruto de la *Iniciativa de Agua y Saneamiento* tenemos el placer de presentar, conjuntamente con la Agencia Nacional de Aguas, la publicación “Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales de Brasil 2012”, que presenta no apenas un retrato de las presiones encontradas sobre la calidad de las aguas superficiales brasileñas, sino también de las acciones que los diversos entes públicos y privados han colocado en práctica para recuperar y preservar los cuerpos de agua.

Esta publicación es resultado del Acuerdo de Cooperación Técnica firmado entre el BID y la ANA en 2010, destinado a apoyar la implementación del Programa Nacional de Evaluación de la Calidad de las Aguas (PNQA), que ofrecerá a la sociedad brasileña el conocimiento sobre la calidad de las aguas superficiales y subsidiará a los órganos gubernamentales, en las diferentes esferas, para la elaboración de políticas públicas.

El Panorama, hito inicial del PNQA, hará posible que la sociedad brasileña ejerza su rol de vigilante de la calidad de los ríos de su País, atenta a sus modificaciones, e informada sobre las medidas adoptadas. El BID se enorgullece de participar de este momento tan importante para Brasil.

Federico Basaños

*Jefe de la División de Agua y Saneamiento
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)*



1 INTRODUCCIÓN

Brasil posee el 12% de la disponibilidad de agua dulce superficial del mundo, siendo éste uno de los grandes patrimonios del País. La disponibilidad del agua, sin embargo, no se limita apenas a su aspecto cuantitativo. Los diversos usos del agua poseen requisitos de calidad que, cuando no son cumplidos, representan un factor limitante para su aprovechamiento. De esta manera, la Política Nacional de Recursos Hídricos establece el objetivo de asegurar a las generaciones presentes y futuras la necesaria disponibilidad de agua con estándares de calidad adecuados para los respectivos usos.

Conocer la calidad de las aguas es un factor esencial para su gestión. La Agencia Nacional de Aguas ha divulgado informaciones disponibles sobre la calidad del agua en Brasil, utilizando datos de las redes estatales de monitoreo. Es importante subrayar que el apoyo de las Unidades de la Federación que hacen el monitoreo de la calidad del agua ha sido fundamental en esta tarea. Así, en 2005, la ANA elaboró el primer “Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales de Brasil”, reuniendo por primera vez los datos de las redes estatales de monitoreo. Desde 2009, la ANA ha producido el “Informe de Coyuntura de Recursos Hídricos en Brasil”, una publicación anual que ofrece una visión actualizada sobre la calidad de las aguas superficiales brasileñas.

El “Panorama de la Calidad de las Aguas Superficiales de Brasil 2012”, elaborado con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), representa una expresiva evolución de este documento en relación a

la publicación de 2005, principalmente en lo que se refiere al aumento del número de puntos de monitoreo y de indicadores de calidad de las aguas que son utilizados. Dicho estudio también adopta el modelo Presión-Estado-Respuesta, que permite identificar relaciones de causa-efecto entre las fuentes de contaminación, los indicadores del estado de la calidad de las aguas y las respuestas que la sociedad desarrolla para enfrentar estos problemas. El estudio también presenta una evaluación inédita de la tendencia de la calidad de las aguas en el período 2001-2010.

Esta Síntesis Ejecutiva presenta la visión nacional del documento completo “Panorama de la Calidad de las Aguas en Brasil 2012” y está disponible en dos versiones: una en idioma inglés y otra en idioma español. El “Panorama de la Calidad de las Aguas en Brasil 2012” es producto del esfuerzo de la ANA y de los órganos gestores estatales en el perfeccionamiento y en la ampliación del monitoreo de la calidad de las aguas superficiales brasileñas. La elaboración de estas publicaciones no habría sido posible sin el apoyo de 19 entidades en 17 Unidades de la Federación que colocaron a disposición sus datos de monitoreo.

Este no es un diagnóstico definitivo sobre el tema, ya que existe una gran variedad de presiones sobre la calidad de las aguas y las redes de monitoreo todavía no abarcan a todo Brasil. A pesar de esta limitación, diagnósticos de este tipo son importantes para identificar las lacunas de información, permitiendo que a lo largo de los próximos años sea ampliado el conocimiento sobre la calidad de las aguas superficiales brasileñas.

2 PROGRAMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS (PNQA)

Las redes de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales brasileñas comenzaron en los años 70, cuando fueron implantadas las primeras redes estatales. A partir de ese momento, las Unidades de la Federación (UF) han adoptado diferentes estrategias en el establecimiento de sus programas de monitoreo de la calidad de las aguas. Actualmente, 17 de las 27 Unidades de la Federación realizan el monitoreo de sus aguas superficiales, totalizando 2.167 puntos de monitoreo activos. Considerando la totalidad del territorio nacional, esto representa una densidad de 0,25 puntos cada 1.000 km². Otros países presentan densidades mayores, como Canadá que presenta una densidad de 0,8/1.000 km².

La distribución de estos puntos de monitoreo en el territorio brasileño es muy desigual y está concentrada en algunas regiones hidrográficas. Además, siendo Brasil una federación, cada Unidad de la misma adopta en su monitoreo criterios propios de localización de los puntos, frecuencia de muestreo y parámetros analizados. De esta manera, existen lagunas que deben ser completadas en relación a la distribución de los puntos y a la estandarización del monitoreo de la calidad del agua en Brasil.

Además de los 2.167 puntos monitoreados por las Unidades de la Federación, la ANA realiza el monitoreo de la calidad de las aguas en 1.340 puntos de la Red Hidrometeorológica Nacional. La frecuencia de muestreo en esos puntos es trimestral, pero los parámetros monitoreados se limitan al pH, conductividad eléctrica, temperatura y oxígeno disuelto, además de la determinación del caudal.

Frente a la necesidad de ampliar e integrar el monitoreo de calidad del agua de Brasil, la ANA lanzó en 2010 el programa nacional de evaluación de la calidad de las aguas (PNQA) cuyo objetivo es aumentar el conocimiento sobre la calidad de las aguas superficiales en Brasil, para orientar la elaboración de políticas públicas con miras a la recuperación de la calidad ambiental en cuerpos de agua interiores, contribuyendo a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

El PNQA tiene los siguientes objetivos específicos:

- Eliminar vacíos geográficos y temporales en el monitoreo de la calidad del agua en Brasil;
- Aumentar la confiabilidad de las informaciones sobre calidad del agua (incentivos a la acreditación e intercalibración laboratorial);
- Estandarizar y hacer que los datos y las informaciones de calidad del agua sean comparables entre estados y regiones hidrográficas brasileñas;
- Evaluar, divulgar y colocar a disposición de la sociedad las informaciones de calidad del agua.

Se trata, por lo tanto, de un programa que busca dar a Brasil un sistema de monitoreo integrado, con procedimientos de recolección y análisis estandarizados en todas las Unidades de la Federación, que permita un seguimiento sistemático de la evolución de la calidad del agua en todo el territorio nacional.

El PNQA busca atender lo que preconiza la Ley n° 10.650/2003, conocida como Ley de Acceso a la Información Ambiental, que establece que los órganos ambientales competentes, integrantes del Sistema Nacional de Medio Ambiente (SISNAMA), deberán elaborar y divulgar informes anuales relativos a la calidad del agua.

Componentes del PNQA

El PNQA está estructurado en cuatro componentes descritos a continuación:

Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua

La Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua (RNMCA) tiene el objetivo de desarrollar acciones que permitan el perfeccionamiento y la ampliación del monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, permitiendo que sus informaciones estén disponibles para toda la población.

Para la elaboración del proyecto de la RNMCA fueron establecidas metas regionalizadas que se refieren a la densidad mínima de puntos por km², a la frecuen-

cia mínima de muestreo de los parámetros por punto de monitoreo y a los parámetros mínimos analizados por punto de monitoreo, en función de las características hídricas y de calidad del agua de las diferentes regiones de Brasil.

En función de las diferencias regionales, el territorio nacional fue dividido en cuatro regiones, según los criterios mínimos de densidad de puntos por km². La densidad varía de 0,1 punto/1000 km² en la Cuenca Amazónica a 1 punto/1000 km² en las cuencas más habitadas. Con relación a la frecuencia de monitoreo, la meta del RNMCA es que, como mínimo, sean realizadas recogidas semestrales en la Cuenca Amazónica y trimestrales en el resto de Brasil.

Con relación a los parámetros que deben ser analizados se ha establecido como meta el análisis de, como mínimo, los parámetros descritos en el Cuadro 1. La referencia para la definición de los parámetros que serán analizados fueron los indicadores de calidad del agua establecidos por medio de consenso de las Unidades de la Federación en el ámbito del Programa Nacional de Medio Ambiente (BRASIL, 2003b).

Estandarización de procedimientos y parámetros

Este componente tiene el objetivo de buscar la estandarización de procedimientos de recogida, preservación y análisis de las muestras de calidad del agua, conjuntamente con las entidades operadoras de las redes estaduais de todas las Unidades de la Federación.

Laboratorios y capacitación

Este componente tiene el objetivo de ampliar la estructura y el control de calidad de los laboratorios involucrados en el análisis de la calidad del agua y capacitar a técnicos involucrados con actividades de campo y de laboratorio, con miras al aumento de la confiabilidad de las informaciones de calidad del agua en Brasil.

Evaluación y divulgación de la calidad del agua

Tiene el objetivo de crear y mantener una base de datos nacional de calidad de las aguas disponible para la sociedad a través del Portal de la Calidad de las Aguas, así como evaluar sistemáticamente la calidad de las aguas superficiales brasileñas con la publicación de informes periódicos.

Cuadro 1. Parámetros Mínimos de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas

Categoría	Parámetro
Físico-químicos	Conductividad Eléctrica
	Temperatura del Aire y del Agua
	Turbidez
	Oxígeno disuelto
	pH
	Sólidos totales disueltos, Sólidos en suspensión
	Alcalinidad Total
	Cloruro Total ¹
	Transparencia
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (aguas dulces) o Carbono Orgánico Total (aguas salobres y salinas ¹)
	Demanda Química de Oxígeno
Microbiológico	Coliformes Termotolerantes
Biológico	Clorofila a ²
	Fitoplancton – cualitativo y cuantitativo ²
Nutrientes	Fósforo (Fósforo soluble reactivo, Fósforo Total)
	Nitrógeno (Nitrato, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno total)

1. Parámetros específicos para reservorios de la región 4 de la RNMCA y para regiones de estuario.

2. Parámetros específicos para ambientes lénticos (reservorios, lagos, embalses).

Principales acciones y resultados del PNQA hasta el presente

Red Nacional de Monitoreo de Calidad de Agua

El proyecto de la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de las Aguas (RNMCA), que está actualmente siendo elaborado, es uno de los principales Componentes del PNQA y su elaboración incluye una serie de estudios previos para la identificación de puntos de monitoreo de agua representativos y la definición de la logística de operación de las redes.

En el ámbito de este proyecto fue elaborada una propuesta inicial de arreglo de la RNMCA en base a criterios técnicos de ubicación de puntos y que tomó en cuenta las metas regionalizadas de densidad de puntos. Este proyecto inicial está siendo discutido con representantes de los órganos gestores de medio ambiente y de recursos hídricos y con las empresas de saneamiento de todas las Unidades de la Federación. Para la elaboración del proyecto de la RNMCA fue realizado un diagnóstico abarcador en cada institución involucrada en el monitoreo de la calidad del agua con relación a la situación actual de sus redes (puntos de monitoreo, parámetros analizados, frecuencia de muestreo, circuitos de recogida, costos, sistemas de informaciones, entre otros). Los laboratorios fueron evaluados en lo que se refiere a su capacidad analítica, verificando las necesidades de fortalecimiento de la infraestructura.

Guía Nacional de Recogida y Preservación de Muestras de Agua, Sedimentos, Comunidades Acuáticas y Efluentes Líquidos

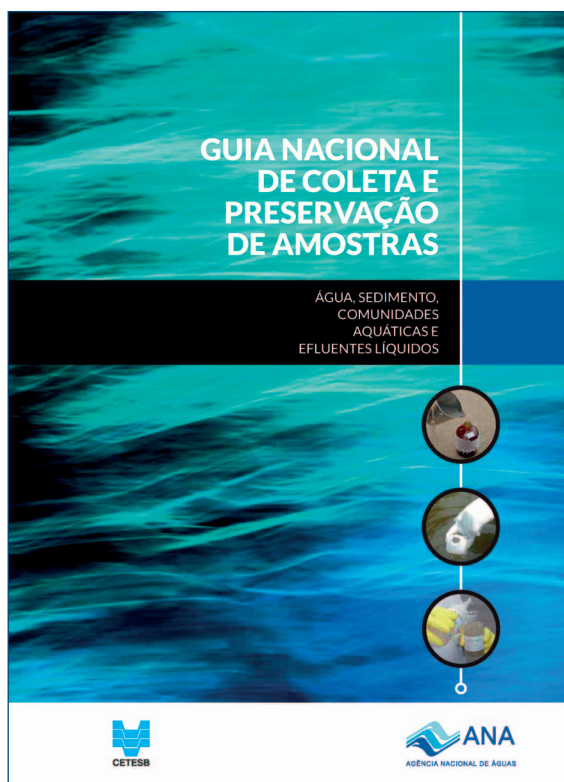
Una de las acciones principales del PNQA es la estandarización de los procedimientos de recogida y preservación de muestras. La “Guía Nacional de Recogida y Preservación de Muestras de Agua, Sedimento, Comunidades Acuáticas y Efluentes Líquidos”, fue elaborada a partir de la Guía de Recogida originalmente creada por la Compañía Ambiental del Estado de São Paulo (CETESB).

Al comienzo de 2011 fue celebrado el Término de Cesión de Uso de la Guía de Recogida, teniendo como cedente a la Cetesb y como cesionaria a la ANA. A continuación, la Guía de Recogida fue sometida a

consulta técnica dirigida por la ANA ante los órganos gestores estatales de medio ambiente y de recursos hídricos y empresas estatales de saneamiento. Las contribuciones recibidas fueron consolidadas, resultando en la versión final de la Guía Nacional de Recogida.

En 2011, La Guía Nacional de Recogida fue reglamentada por medio de la Resolución ANA nº 724 como documento de referencia técnica para disciplinar los procedimientos de recogida y preservación de muestras de aguas superficiales, destinadas al monitoreo de calidad de los recursos hídricos en todo el territorio nacional.

En el Día Mundial del Agua en 2012, la ANA, con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) publicó 2.000 ejemplares de la Guía Nacional de Recogida y colocó a disposición la versión digital en el Portal de la Calidad de las Aguas. También fue colocado en disposición un video, con versiones en portugués, inglés y español, que presenta los principales métodos de recogida de muestras.



Fuente: ANA (2012).

Figura 1 - Tapa de la Guía Nacional de Recogida y Preservación de Muestras

Portal de la calidad de las Aguas <http://www.ana.gov.br>

El Portal de la Calidad de las Aguas, creado en 2010, es un espacio virtual en el ámbito del PNQA, destinado a la divulgación de informaciones e intercambio de conocimientos sobre la situación de la calidad de las aguas en Brasil. Esas informaciones son provenientes del monitoreo de calidad del agua realizado por la ANA y por órganos estaduais de medio ambiente y de recursos hídricos.

El portal ofrece en su espacio público la posibilidad de consulta y de investigación en bases de datos, mapas y en otros documentos. Además, están disponibles informaciones sobre el PNQA, índices de calidad, objetivos de calidad de los cuerpos de agua, publicaciones conexas, entre otros.

El portal cuenta, además, con una importante herramienta de consulta de series de datos históricos de los puntos de monitoreo de calidad del agua que están almacenados en la base de datos del Sistema HIDRO de la Agencia Nacional de Aguas.



3 METODOLOGÍA

Este documento analiza la calidad de las aguas superficiales interiores (ríos, lagos y reservorios). Con relación a las aguas subterráneas, la Agencia Nacional de Aguas, con apoyo de otras instituciones federales, Unidades de la Federación y Organizaciones de la Sociedad Civil, prevé la creación de la Red Nacional de Monitoreo de Aguas Subterráneas (RENAMAS), que a lo largo de los próximos años deberá contribuir a la elaboración de un diagnóstico nacional. Las aguas litorales son monitoreadas, en la mayoría de los Estados costeros, por los órganos ambientales en lo que se refiere al aspecto de utilización para actividades típicas de balnearios

de las playas, y las informaciones son divulgadas a la sociedad. Las aguas distribuidas para consumo doméstico son monitoreadas por el Sector de Salud en el ámbito del Programa Nacional de Vigilancia de Salud Ambiental Relacionada con la Calidad del Agua para Consumo Humano (VIGIAGUA).

Brasil está dividido en 12 regiones hidrográficas, definidas en la Resolución del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n° 32, del 15 de octubre de 2003. Esta síntesis nacional de la calidad de las aguas superficiales en Brasil utiliza esta división hidrográfica (Figura 2).



Fuente: ANA/SPR e IBGE

Figura 2 - División Hidrográfica y Geopolítica de Brasil

Para la sistematización de las informaciones fue utilizado el modelo Presión-Estado-Respuesta (P-E-R), desarrollado por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). El modelo considera que las actividades humanas ejercen presiones sobre el medio ambiente, alterando su estado y afectando la calidad y cantidad de los recursos naturales. Considera también que la sociedad responde a estas modificaciones a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales, así como por medio de iniciativas y procesos de concienciación y cambio de comportamiento (OECD, 2003).

El diagnóstico de las presiones es dividido en ambientes urbano y rural, debido a las diferentes presiones observadas en estas dos situaciones, lo que también genera demandas diferenciadas para su gestión, tales como aguas servidas domésticas, residuos sólidos urbanos, efluentes industriales, entre otros. El diagnóstico de presiones relaciona también fuentes de presiones específicas, tales como la minería en gran escala, la minería artesanal, los accidentes ambientales, eventos críticos, entre otros.

En la investigación para la identificación de las presiones fueron recibidos datos secundarios que constan en los documentos de la ANA (2005, 2009, 2010, 2011), datos del IBGE (Censo 2010, Atlas de Saneamiento 2011 y PNSB) Plan Nacional de los Recursos Hídricos, planes estaduais de recursos hídricos, planes de cuencas hidrográficas, literatura especializada y websites oficiales federales, estaduais y municipales.

Los análisis de calidad del agua presentados en esta publicación están basados en datos suministrados por las siguientes entidades que operan redes de monitoreo en el país, según las Unidades de la Federación: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CAESB (DF), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB).

El diagnóstico del estado de las aguas es presentado por medio de los siguientes indicadores de calidad de las aguas superficiales: Índice de Calidad de las Aguas (ICA); Índice de Estado Trófico (IET) e

Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua (ICE).

El Índice de Calidad de las Aguas (IQA) fue desarrollado en los Estados Unidos por la National Sanitation Foundation en 1970 y fue adaptado a las condiciones brasileñas en 1975. Actualmente es el índice de calidad del agua más utilizado por las Unidades de la Federación. El IQA considera nueve parámetros de calidad de las aguas: oxígeno disuelto, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, nitrógeno total, fósforo total, turbidez y sólidos totales. Se trata de un índice que evalúa la condición de utilización del agua con la finalidad de abastecimiento público, considerando un tratamiento convencional. Por lo tanto, otros usos del agua no están directamente contemplados en el IQA.

El Índice de Estado Trófico (IET) tiene la finalidad de clasificar los cuerpos de agua con relación al grado de trofia, es decir, evaluar la calidad del agua en lo que se refiere al enriquecimiento por nutrientes y al potencial de crecimientos de algas y macrófitas. A pesar de evaluar el estado trófico, el IET calculado con los valores de fósforo total, no necesariamente refleja la degradación de la calidad del agua causada por el proceso de eutrofización (por ejemplo, floraciones de algas), que dependen de otras variables, tales como temperatura, turbidez, tiempo de residencia del agua, entre otras. El cálculo del IET fue realizado en base al parámetro fósforo total a través de las fórmulas propuestas por LAMPARELLI (2004) para ambientes lénticos (lagos y reservatorios) y lóticos (ríos).












El Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua (ICE) permite el seguimiento de la calidad del agua con relación a las metas de conformidad con los objetivos de calidad. Este índice fue desarrollado por el Canadian Council of Ministers of Environment (CCME, 2001). Fueron utilizados en el cálculo del ICE los parámetros del ICA cuyos límites fueron establecidos por la Resolución Conama 357/2005: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, fósforo total, turbidez y coliformes termotolerantes.

El cálculo del ICE tomó en cuenta las clases de encuadramiento definidas por la Resolución CONAMA 357/2005. Cinco clases son establecidas para las aguas dulces, de acuerdo con los usos a los que se

destinan (Cuadro 2), y cada clase posee estándares de calidad específicos. Los cuerpos de agua en la clase especial deben ser mantenidos en su condición natural. En las clases 1 a 4 es permitido un nivel creciente de contaminación, lo que hace que apenas usos menos exigentes en relación a la calidad del agua (ej. navegación) sean posibles en la clase 4. Para el IQA y el IET fueron realizados análisis de tendencia para el período 2001 a 2010 utilizándose la prueba Mann-Kendall y el análisis de Regresión Lineal, tal como es propuesto por COSTA *et al.* (2011).

Las respuestas presentadas se refieren a acciones de gestión, tales como la elaboración de legislaciones, la planificación, el monitoreo y las acciones estructurales, tales como la construcción de Estaciones de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas. Estas informaciones fueron obtenidas en fuentes secundarias tales como Planes de Cuenca, informes de los órganos gestores de recursos hídricos y de medio ambiente, informes de empresas de saneamiento, entre otros. Este análisis no buscó agotar el tema, sino presentar las principales acciones relativas a la gestión de la calidad de las aguas.

Cuadro 2 - Clases de las Aguas Dulces Superficiales de Acuerdo con Sus Usos.

USOS DE LAS AGUAS DULCES							
Preservación de los ecosistemas acuáticos							
Protección de las comunidades acuáticas							
Recreación (contacto primario)							
Acuicultura							
Consumo humano*							
Recreación (contacto secundario)							
Pesca							
Irrigación**							
Desedentación de animales							
Navegación							
Harmonía paisagística							
		ESPECIAL	1	2	3	4	
		CLASES DE LAS AGUAS DULCES SUPERFICIALES					

Fuente: ANA (2011), portal PNQA

Notas:

*: El nivel de tratamiento del agua para consumo humano varía entre las clases.

** : Diferentes cultivos pueden ser irrigados dependiendo de la clase.

La Clase Especial es obligatoria en Unidades de Conservación de Protección Integral (ex Parques Nacionales)

La Clase 1 es obligatoria en Tierras Indígenas

4 PRINCIPALES PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

4.1 Ambiente Urbano

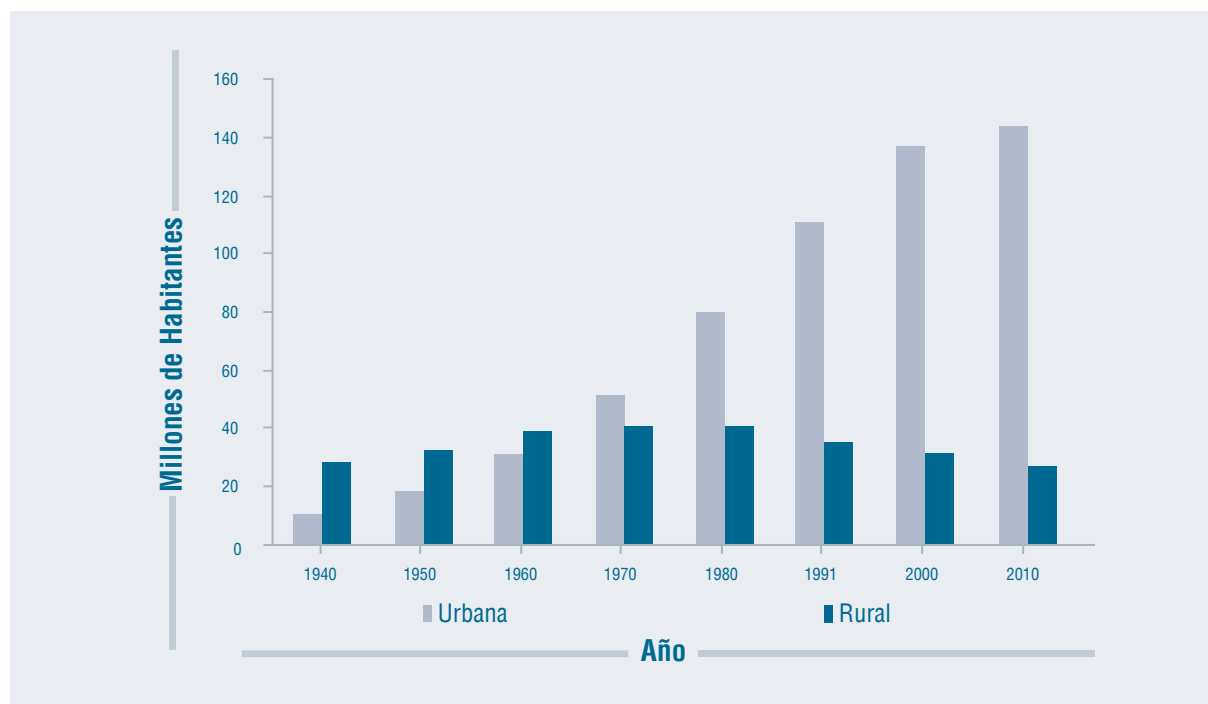
Aguas Servidas Domésticas

Brasil presentó un intenso proceso de urbanización a lo largo de las últimas décadas. Antes del Censo Demográfico de 1960 la población rural era mayor que la población urbana. En los últimos 50 años, la población urbana aumentó fuertemente, mientras que la población rural disminuyó (Figura 3). Apenas en el período de 2000 a 2010 la población urbana aumentó 23 millones de habitantes, mientras que la población rural disminuyó 2 millones.

Este proceso de urbanización de las últimas décadas no fue acompañado por el aumento proporcional de los servicios de recolección y tratamiento de las aguas servidas domésticas. En ese mismo período, el proceso de industrialización de Brasil también contribuyó, conjuntamente con las cargas de origen doméstico, a un aumento significativo de la carga contaminante

lanzada en los ríos que atraviesan las áreas urbanas. La degradación de los cuerpos de agua está ocurriendo, en intensidades y tiempos variados, en gran parte de los centros urbanos brasileños. Es relevante observar que antes de las décadas de 40 y 50 varios ríos en áreas urbanas todavía poseían buenas condiciones de calidad del agua. Antes de 1944 ocurría en el río Tietê la “Travesía de São Paulo a Nado”, pero a partir de ese año, el nivel de contaminación del río pasó a no permitir la realización de ese evento.

Actualmente, las aguas servidas domésticas representan la principal presión sobre los recursos hídricos de Brasil en función de la falta de red de recolección y tratamiento o del tratamiento ineficiente de las aguas servidas domésticas recolectadas. El resultado de esto es el lanzamiento de cargas orgánicas domésticas remanecientes en los cuerpos hídricos, principalmente en las proximidades de los aglomerados urbanos, incurriendo en el deterioro de la calidad del agua con consecuencias económicas y sociales.



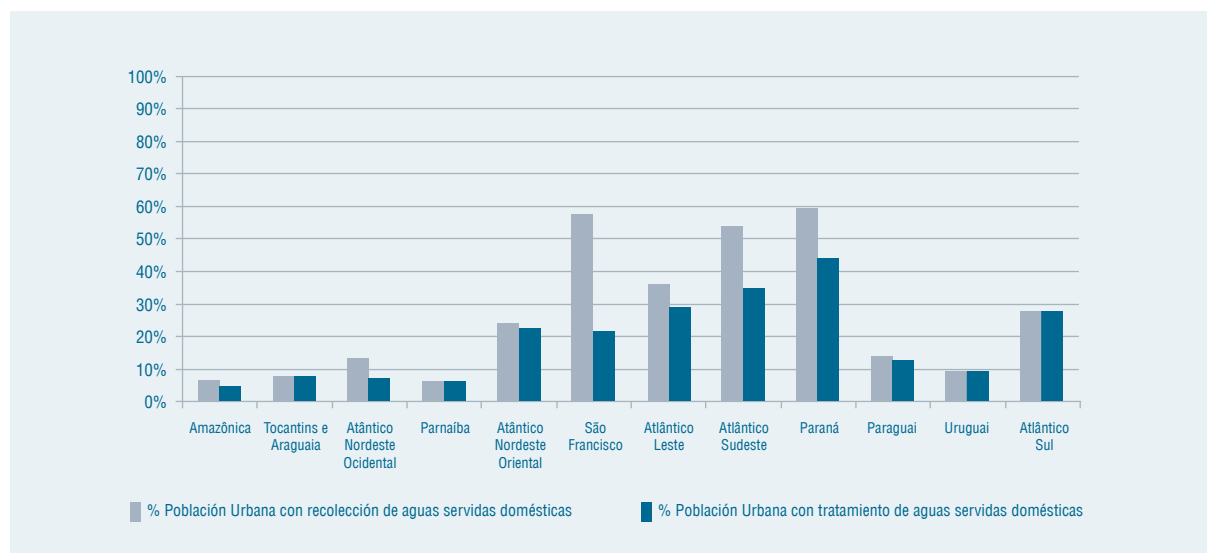
Fuente: IBGE

Figura 3 - Población Urbana y Rural en Brasil (1940-2010)

Según el Estudio Nacional de Saneamiento Básico (PNSB), el porcentaje de domicilios con acceso a red de alcantarillado en el Brasil, en 2008, era del 45,7%, y el porcentaje de aguas servidas domésticas que era tratado con relación al total generado era del 30,5%. (IBGE, 2008).

Las Regiones Hidrográficas (RH) que cuentan con la mejor atención de sistemas de alcantarillado sa-

nitario en el área urbana, con índices de recolección considerablemente por encima de la media nacional, son las del Paraná (59,8%), del São Francisco (57,4%), y del Atlântico Sudeste (53,9%). Esas dos primeras también presentan índices de tratamiento de aguas servidas domésticas por encima de la media nacional, del orden del 44% y del 34,5% respectivamente (Figura 4).



Fuente: Base de Datos del ATLAS BRASIL: Abastecimiento urbano de agua (2010). Elaboración Propia.

Figura 4 - Índice de Recolección y de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas – Población Urbana 2010



Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda/RJ

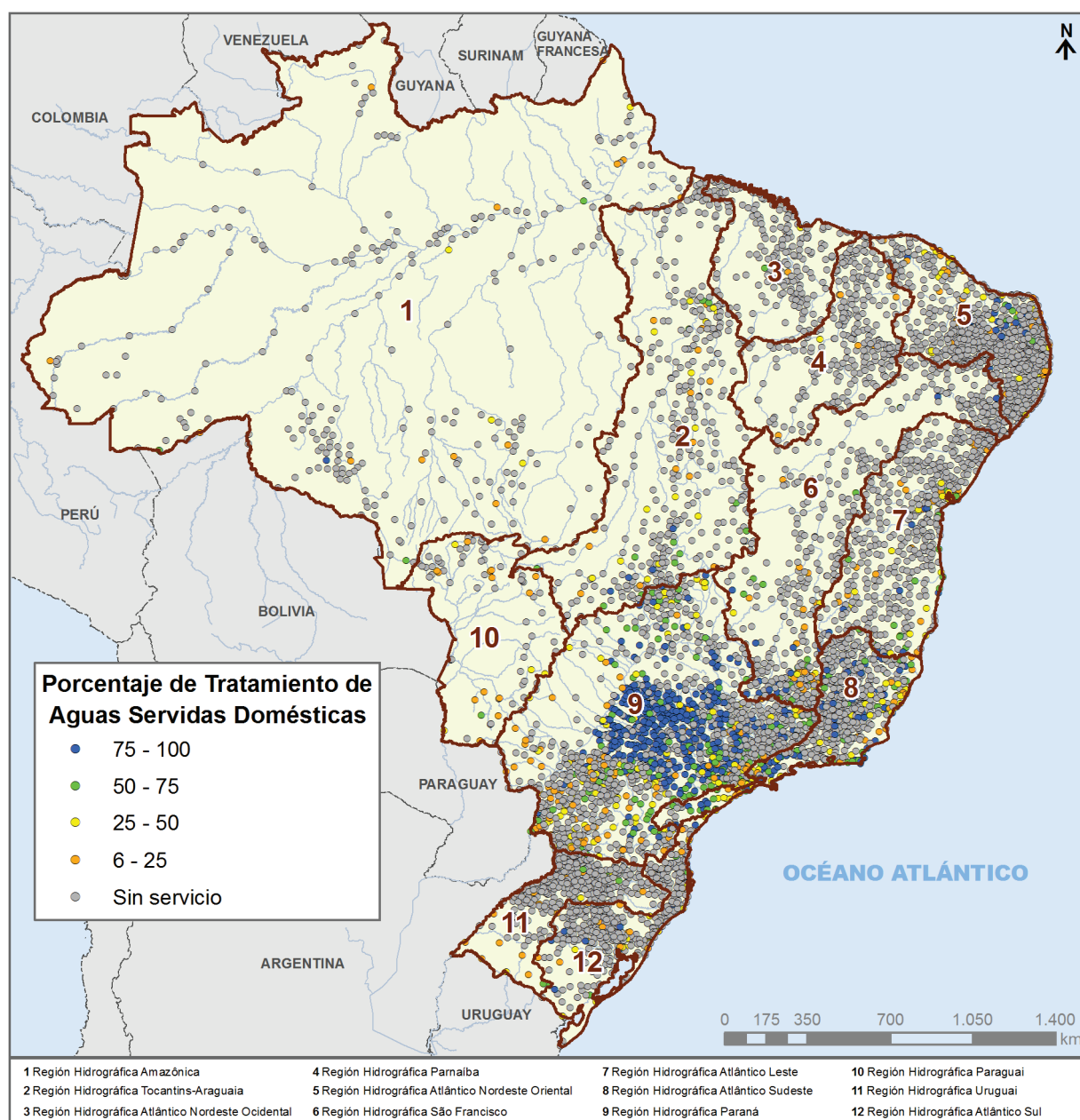
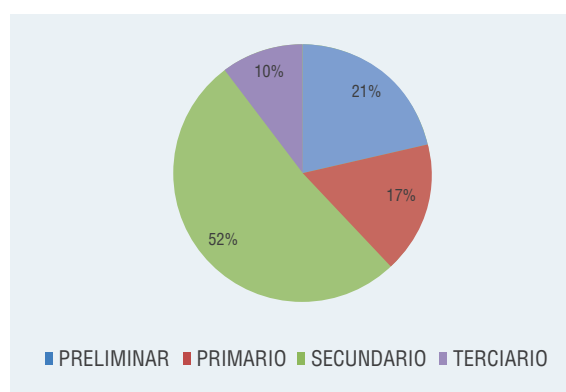


Figura 5 - Situación de las Sedes Municipales con Relación al Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas

En la Figura 5 es posible observar el gran número de sedes municipales “sin servicio”, indicando que todavía hay una gran deficiencia en lo que se refiere a la prestación de servicios de tratamiento de aguas servidas domésticas en Brasil. Las RH Paraná y RH Atlântico Sudeste son las que presentan el mayor número de municipios con mayores niveles de tratamiento de aguas servidas domésticas.

Del volumen total de aguas servidas domésticas tratadas diariamente en Brasil (8,5 millones de m³), el 52% pasa por tratamiento secundario y apenas el 10% pasa por tratamiento terciario (Figura 6).



Fuente: IBGE (2008).

Figura 6 - Porcentaje del Volumen Total de Aguas Servidas Domésticas Tratado, por Tipo de Tratamiento

El tratamiento terciario de aguas servidas domésticas, típicamente, se caracteriza por la retirada del nutriente fósforo, originario en gran parte del uso de detergentes de uso doméstico. Este elemento es el mayor responsable del proceso de eutrofización de las aguas dulces.

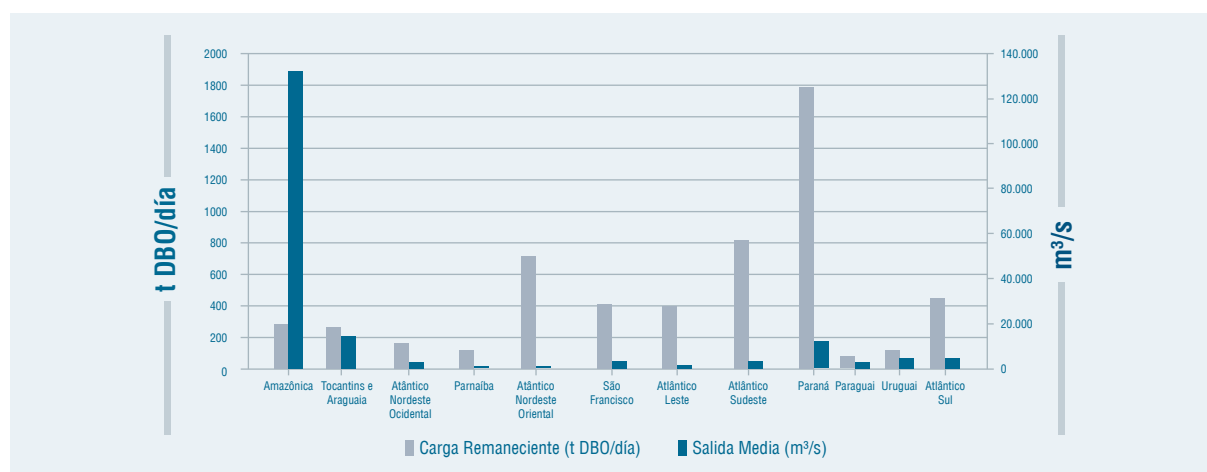
Considerando datos de la PNSB referente a 2008, se estima que son lanzadas en cuerpos de agua cargas de aguas servidas domésticas remanecientes del orden de 5,5 mil t DBO/día (IBGE, 2008). La Figura 7 presenta la carga remaneciente estimada en 2008, así como el caudal medio verificado en cada RH. La carga de DBO está localizada principalmente en las regiones hidrográficas de Paraná, Atlántico Sudeste y Atlántico Nordeste Oriental, regiones donde vive alrededor del 64% de la población urbana brasileña.

Se observa que la RH Amazônica presenta una gran disponibilidad hídrica y una baja carga remaneciente, frente a las otras regiones hidrográficas. En contraste, la RH Atlántico Nordeste Oriental presenta una carga remaneciente alta y baja disponibilidad hídrica. Estas características tienen importantes implicaciones en la capacidad de asimilación de poluentes y, consecuentemente, en la calidad de las aguas

Las regiones hidrográficas más afectadas por la contaminación doméstica se localizan en las principales áreas metropolitanas (Figura 7). En la RH de Paraná, entre las cuencas más críticas, están las cuencas del Alto Tietê y Piracicaba, principalmente en función de las cargas oriundas de las RM de São Paulo y Campinas, y la cuenca del río Grande debido a las cargas relativas a los municipios de São José do Rio Preto (SP) y Uberaba (MG) (Figura 8).

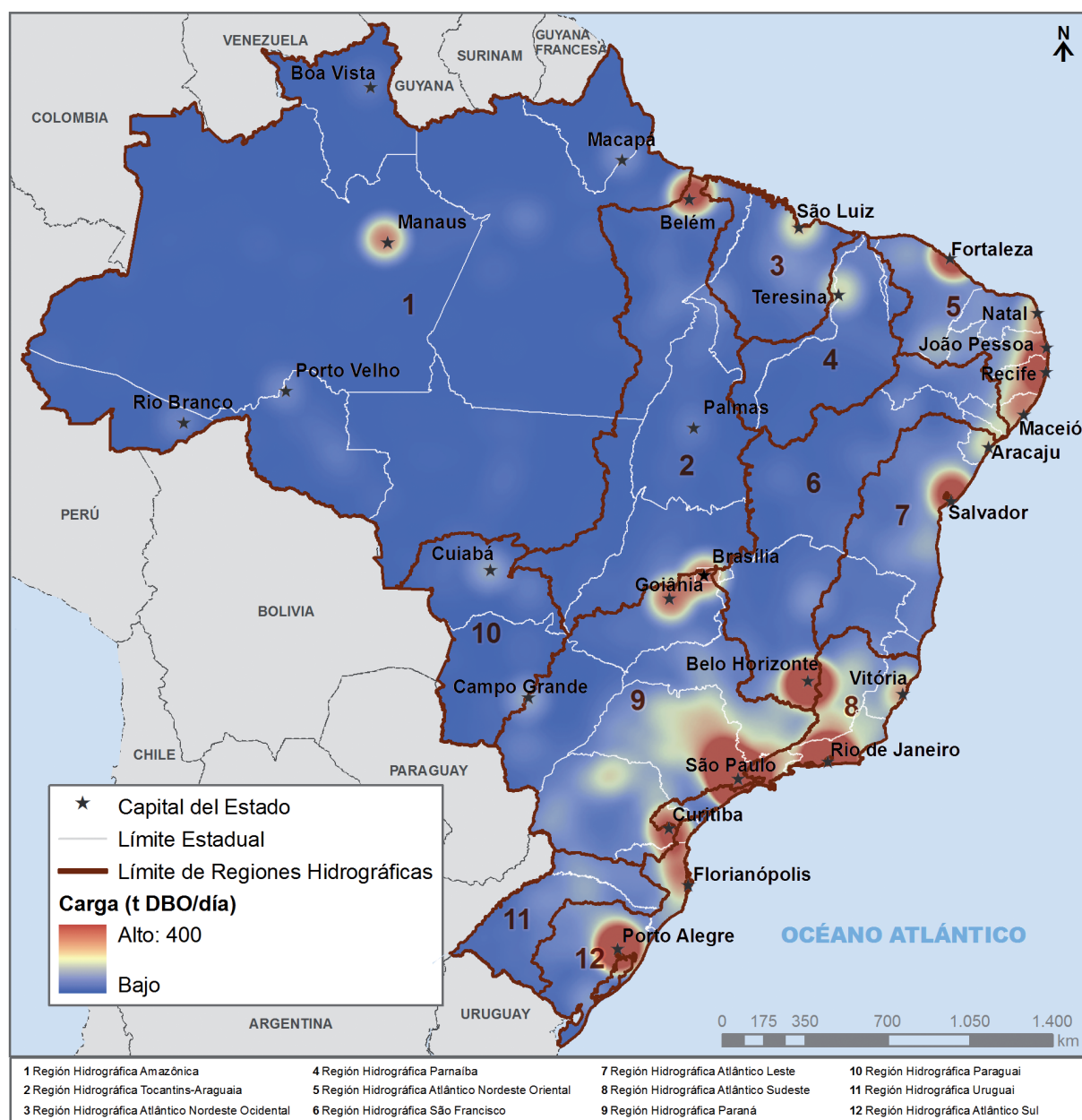
La RH Atlántico Sudeste presenta dos cuencas hidrográficas críticas. La cuenca del río Paraíba do Sul, con cargas remanecientes generadas principalmente en los municipios de Juiz de Fora en Minas Gerais; São José dos Campos, Taubaté y Jacareí en el Estado de São Paulo y en los municipios de Campos dos Goytacazes, Volta Redonda, Petrópolis, Barra Mansa, Nova Friburgo e Teresópolis, del estado de Rio de Janeiro. La otra es la cuenca Litoral São Paulo / Rio de Janeiro. Las mayores cargas son referentes a la RM de Rio de Janeiro y a la Baixada Santista.

En la RH São Francisco, la cuenca más crítica es la del Río Velhas, debido las cargas contaminantes de la Región Metropolitana de Belo Horizonte. En la RH Atlántico Nordeste Oriental la cuenca más crítica es la Litoral Pernambuco, resultante de las cargas de la RM de Recife y del municipio de Caruaru.



Fuente: ANA (2011a) y PNSB/IBGE (2008). Elaboración propia.

Figura 7 - Carga Orgánica Remaneciente 2008 y Caudales Medios de las Regiones Hidrográficas



Fuente: PNSB/IBGE (2008). Elaboración propia.

Figura 8 - Carga Orgánica Remaneciente 2008

Efluentes Industriales

En la industria, la utilización del agua puede ocurrir de diferentes maneras, tanto en las etapas del proceso industrial como en los demás sectores de la organización. Excepto por las porciones incorporadas a los productos y por pérdidas, las aguas efluentes pueden ser contaminadas por diferentes tipos de residuos que causan modificaciones en la calidad del agua de los cuerpos receptores.

Históricamente, la contaminación se originaba en la ineficiencia de los procesos industriales aliados a la inexistencia de sistemas de tratamiento, o a la baja eficiencia de los sistemas existentes. La necesidad

de compatibilizar la producción industrial con la conservación del medio ambiente acarrió el aumento de la eficiencia de los procesos de producción y el perfeccionamiento de los sistemas de tratamiento de los efluentes generados, con miras a minimizar el impacto de la actividad en los cuerpos de agua receptores. Uno de los principales ejemplos de reducción significativa de cargas industriales en Brasil ocurrió en la industria de azúcar y alcohol. Los residuos resultantes del proceso de elaboración del alcohol tienen alta carga orgánica y su lanzamiento en los ríos provocaba impactos significativos, porque consume el oxígeno disuelto, causando mortandad de peces. A partir de los años 80 fue encontrada una solución para este problema, a través del tratamiento y uso de los re-

siduos de la caña de azúcar como fertilizante en el propio cultivo de la caña de azúcar, proceso conocido como fertirrigación.

Los sistemas de control ambiental son implantados en grandes industrias debido a los requisitos del licenciamiento ambiental y también por razones económicas y de competitividad, ya que la responsabilidad socioambiental de las empresas es cada vez más exigida por los consumidores.

Sin embargo, en algunos sectores, particularmente en los representados por pequeñas industrias, el problema es más crítico y su solución más difícil, porque hay mayor restricción económica para la implementación de procesos productivos menos nocivos para el ambiente. Algunos ejemplos son los pequeños mata-deros, curtiembres y tintorerías, entre otros.

Residuos Sólidos Urbanos

De acuerdo con el documento Panorama de los Residuos Sólidos en Brasil 2010, comparando los datos de 2010 con los de 2009, hubo un aumento expresivo en la generación de residuos sólidos urbanos (6,8%), superando el índice de crecimiento poblacional urbano de Brasil registrado por el censo del IBGE 2010, que fue de cerca del 1%. Por otro lado, en ese mismo período, el índice de recolección de residuos sólidos urbanos creció un 7,7%, siendo ligeramente mayor que el aumento del índice de generación, indicando una discreta mejoría de los servicios de recolección. El porcentaje de destinación adecuada creció menos del 1%, con el consecuente aumento de la cantidad de residuos sólidos urbanos destinados inadecuadamente (ABRELPE, 2011).

Consecuentemente, la cantidad de residuos sólidos urbanos dispuestos inadecuadamente aumentó, causando daños al medio ambiente, incluso a los recursos hídricos. Según la Asociación Brasileña de Empresas de Limpieza Pública y Residuos Especiales (Abrelpe), de los poco más de 54 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos recolectados en 2010, casi 23 millones de toneladas (42,4%) fueron dispuestos en basurales o rellenos sanitarios controlados (ABRELPE, 2010).

Según el análisis de los datos presentados en el Atlas de Saneamiento, las mayores cantidades generadas de residuos sólidos urbanos están ubicadas en las regiones hidrográficas Paraná, Atlántico Sudeste y Atlántico Nordeste Oriental, responsables de alrededor del 68% del total de Brasil, representando, en

2008, un volumen estimado de aproximadamente 67 millones de toneladas de residuos (IBGE, 2011).

Existe en Brasil una gran cantidad de localidades con disposición final de los residuos sólidos urbanos sin vertederos a cielo abierto. En las regiones hidrográficas de Paraná, Atlántico Sudeste, Uruguai e Atlántico Sul la situación es un poco mejor, porque dichas localidades ya adoptan el relleno sanitario o controlado como solución para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. En las demás RH existen rellenos sanitarios en algunas capitales y en determinadas ciudades de mayor porte.

Existe una situación similar en lo que se refiere a la presencia de sistema de recolección selectiva de residuos sólidos urbanos, donde según datos de la PNSB 2008, apenas el 18% de los municipios declararon que ofrecían este tipo de servicio regular, particularmente en las RH de Paraná, Atlántico Sudeste, Atlántico Sul e Uruguai (IBGE, 2008).

Contaminación Difusa en Áreas Urbanas

La contaminación difusa se caracteriza por el acarreo, a través del agua de las lluvias, de contaminantes depositados en la superficie urbana. Entre los contaminantes acarreados se destacan los residuos de combustibles, pastillas de freno, neumáticos, aceites y grasas generados por vehículos. También se encuentran residuos sólidos (ej: botellas plásticas), sedimentos, residuos de animales domésticos, residuos de la construcción civil, agrotóxicos utilizados en parques y jardines y contaminantes atmosféricos que se depositan sobre la superficie urbana.

La variedad de fuentes contaminante difusas es muy diversificada. Al ser acarreados por el agua de la lluvia estos contaminantes pueden tener varios impactos tales como la acumulación de sedimentos en los cuerpos de agua y efectos tóxicos en la comunidad acuática. En algunas cuencas urbanas esta carga difusa puede ser significativa. En los países en que el tema de las aguas servidas domésticas e industriales ya fue solucionado, la contaminación difusa en áreas urbanas es uno de los principales temas en lo que concierne al control de la contaminación.

4.2 Ambiente Rural

Deforestación y Manejo Inadecuado del Suelo

La calidad de las aguas superficiales está directamente relacionada con el porcentaje de cobertura vegetal de la cuenca hidrográfica. La remoción de la cobertura vegetal sin la adopción de técnicas para la conservación del suelo puede generar erosión, ocasionando la pérdida de suelos fértiles y la degradación de los cursos de agua. Esta contaminación difusa en áreas agrícolas es el principal problema de calidad del agua en las áreas rurales.

La principal consecuencia de este proceso es el acarreo de sedimentos hacia los cuerpos de agua, que pueden estar asociados a fertilizantes y agrotóxicos, donde ellos

son aplicados sin el debido control técnico, causando la acumulación de sedimentos y comprometiendo la calidad de las aguas. La acumulación de sedimentos disminuye la vida útil de las represas utilizadas para la generación de energía o para el abastecimiento doméstico.

Se observa que las regiones hidrográficas de Paraná, Atlántico Leste, Atlántico Sudeste e Uruguay son las que presentan mayores áreas deforestadas (Figura 9). En la Región Amazónica, la deforestación se concentra en la parte sur, área conocida como “Arco de la Deforestación”, afectando las cabeceras de las cuencas de los ríos Xingu y Tapajós. En la RH Paraguai la deforestación se concentra en las orillas, donde están las cabeceras de los principales ríos del Pantanal.



Fuente de datos: INPE e MMA. Elaboración propia.

Figura 9 - Situación de la Cobertura Vegetal Nativa

Fertilizantes

Los fertilizantes agrícolas pueden representar una fuente de contaminación para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, cuando las prácticas agrícolas son inadecuadas y la deforestación de la vegetación marginal de ríos y lagos permiten su salida superficial o lixiviación y su ingreso a los cuerpos hídricos. El fósforo presente en los fertilizantes puede causar la eutrofización de los cuerpos de agua superficiales y el nitrógeno puede contaminar las aguas subterráneas.

Los Estados con mayor consumo de fertilizantes en Brasil son los de las regiones Sudeste, Sur y Centro-Oeste, donde predomina la agricultura intensiva (Figura 10a). Esos locales son críticos en materia de carga agrícola y deben ser objeto de un monitoreo constante y adecuado para determinar los grados de trofía de sus cuerpos de agua

La mayor parte del fósforo perdido en los suelos agrícolas se debe al desagüe superficial, siendo el control de la erosión la mejor manera de controlar la llegada de este nutriente a los cuerpos de agua. En Brasil, la pérdida anual de suelo causada por la erosión en áreas ocupadas por cultivos y pasturas es de aproximadamente 822 millones de toneladas (Hernani *et al.* 2002 apud Pruski, 2006).

Los datos disponibles todavía no permiten cuantificar el impacto de la carga de fósforo oriunda de fertilizantes en relación a las demás fuentes (aguas servidas domésticas, industrias, entre otros). Sin embargo, la experiencia de otros países que redujeron significativamente las cargas domésticas e industriales revela que para lograr niveles más bajos de fósforo en los cuerpos de agua es necesario reducir esa fuente difusa de origen agrícola.

Agrotóxicos

Los agrotóxicos, dependiendo de sus características químicas, de las prácticas agrícolas y de las características del medio ambiente pueden llegar a los cuerpos de agua superficiales y subterráneos a través del transporte por el agua de la lluvia o por deposición atmosférica. Fuentes específicas, tales como derrames

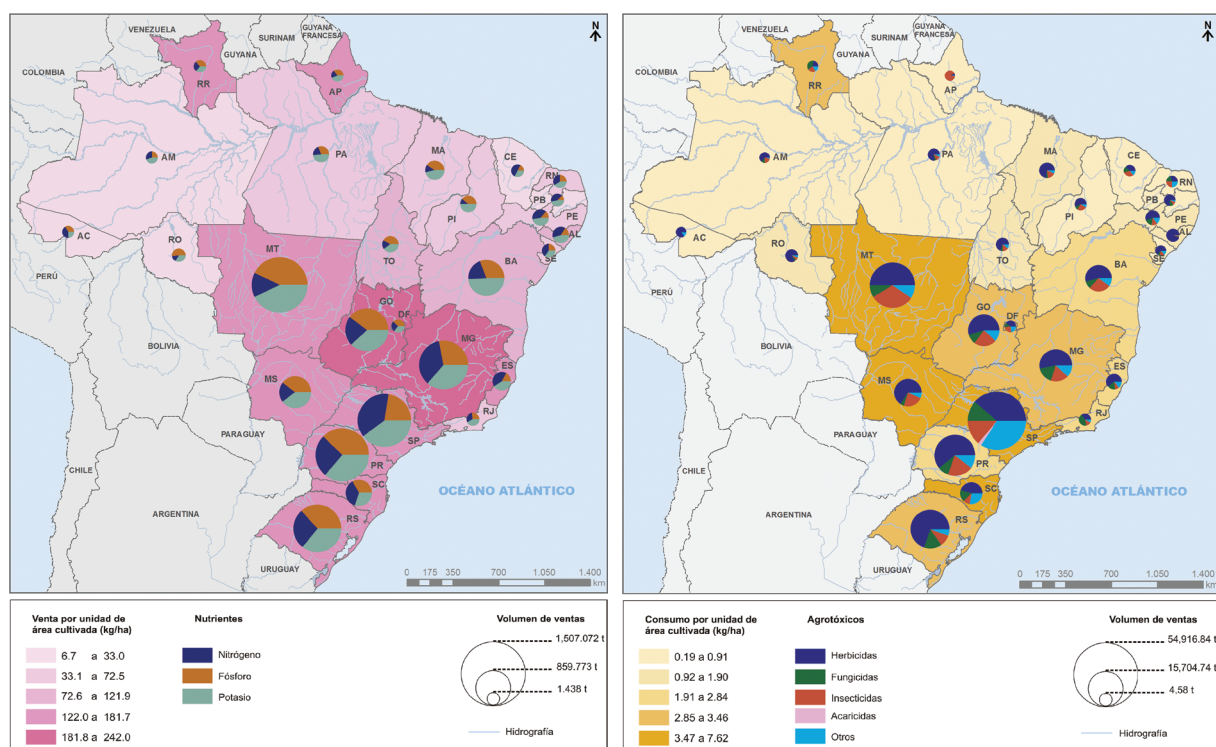
accidentales en las operaciones de fabricación y transporte o la disposición inadecuada de envases de agrotóxicos, también representan una fuente potencial de contaminación de los cuerpos de agua.

De acuerdo con sus características físico-químicas, toxicológicas, concentración, persistencia y tiempo de exposición, los agrotóxicos pueden causar efectos adversos a la salud humana y al medio ambiente. Por este motivo, los agrotóxicos deben ser evaluados antes de la producción, la comercialización y el uso, siendo obligatorio el registro de estos productos con la evaluación de los órganos federales responsables de los sectores de salud, medio ambiente y agricultura. Esta evaluación es hecha con el objetivo de identificar potenciales efectos adversos, con miras a establecer prohibiciones, restricciones y recomendaciones de uso de agrotóxicos (IBAMA, 2010).

En 2008, Brasil pasó a ser el mayor mercado consumidor de agrotóxicos del mundo. El total de ventas de estos productos fue de US\$ 7,125 mil millones, superior a los US\$ 6,6 mil millones del segundo del rating, los Estados Unidos (ANDEF, 2009 apud IBAMA, 2010). En 2010, el mercado nacional de agrotóxicos (productos formulados) llegó a alrededor de 790 mil toneladas, con 1.516 marcas comerciales registradas, contemplando 369 ingredientes activos (MAPA, 2012).

Los datos disponibles referentes al consumo de agrotóxicos (Kg/ha) son de 2005 y muestran que el 80% del consumo de agrotóxicos de todo Brasil se produjo en seis Estados (São Paulo, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais y Goiás) y cuatro cultivos fueron responsables de alrededor del 75% del consumo de agrotóxicos en Brasil: soja (45,3%), maíz (12,8%), caña de azúcar (9,5%) y algodón (7,8%) (IBGE, 2010c). Entre los grupos de agrotóxicos más consumidos se destacan los herbicidas. Ese panorama general de patrón de uso no debe haber sufrido modificaciones significativas en los últimos años, excepto en los cultivos en que hubo retracción o aumento del área de cultivo. (Figura 10b).

Estudio de la Embrapa, utilizando el Método de Goss, evaluó 236 principios activos de 450 productos comerciales de agrotóxicos registrados para uso en Brasil con relación al potencial de transporte hacia los



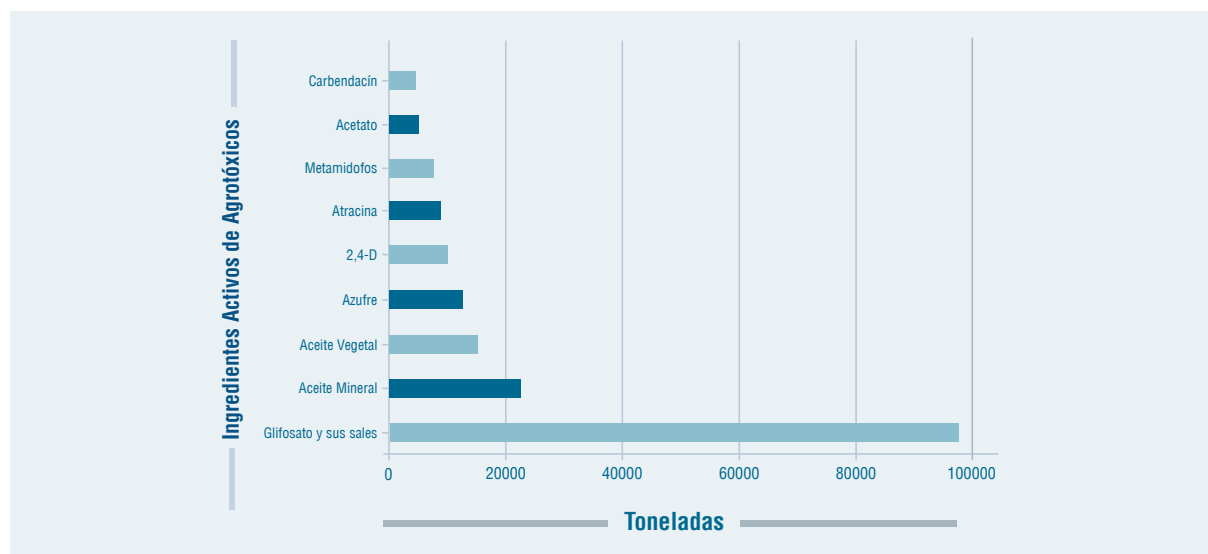
Fuente: IBGE (2010b).

**Figura 10 - (a) Venta de Fertilizantes en las Unidades de la Federación en 2008
(b) Consumo de Agroquímicos en las Unidades de la Federación en 2005**

cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Para los cuerpos de agua superficiales, veintiocho principios activos presentaron alto potencial de ser transportados asociados al sedimento en suspensión en el agua, y 53 presentaron alto potencial de ser transportados disueltos en el agua (EMBRAPA, 2007).

Entre los ingredientes activos de agroquímicos más consumidos en Brasil en 2009 (Figura 11), los que en

el estudio de la Embrapa presentaron potencial alto o mediano de llegar a los cuerpos de agua disueltos en agua o asociados con los sedimentos son el Acetato, Atracina, Carbendacín, Glifosato, Metamidafos y 2,4-D. Debido a su mayor consumo y mayor potencial de transporte hacia los cuerpos de agua superficiales, estos principios activos deben ser priorizados en programas de monitoreo. Sin embargo, otros agroquímicos con menor consumo en escala nacional y con alto



Fuente: IBAMA (2011).

Figura 11 - Ingredientes Activos de Agroquímicos más Comercializados en Brasil en 2009

potencial de transporte hacia las aguas superficiales también pueden tener un impacto en escala regional o local (EMBRAPA, 2007).

Acuicultura

La acuicultura brasileña presenta gran potencial de crecimiento en aguas interiores. Actualmente son producidas 100 mil toneladas de pescado al año y el potencial estimado es 30 veces mayor. La perspectiva del crecimiento de la piscicultura continental brasileña está relacionada con el aumento de áreas acuícolas, en razón del menor costo de producción y de la disponibilidad de espejos de agua de los embalses y reservatorios de usos múltiples (TUNDISI. & MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

La acuicultura intensiva ha llevado a incontables proyectos de una modalidad de cría de peces en alta densidad de stock, que es el sistema de tanques-red. En este sistema, la principal fuente de alimentación de los peces es la ración. Consecuentemente, la cría en tanques-red, si no fuera practicada con criterios técnicos, podría liberar al ambiente residuos de ración no ingeridos, productos del metabolismo de los pescados, cuyos residuos aumentan la aportación de nitrógeno y fósforo al agua, pudiendo causar la eutrofización del cuerpo de agua, además de fármacos utilizados en el control de enfermedades. En este sentido, es esencial que proyectos de acuicultura en cuerpos de agua sean implementados con criterios técnicos y que se lleve a cabo el monitoreo de la calidad de las aguas en los locales de influencia de las obras.

Cría Intensiva de Animales

La cría intensiva de animales, cuando está concentrada y no obedece a los criterios de control ambiental, puede causar contaminación hídrica debido a la presencia de alta carga orgánica y coliformes termotolerantes en los desechos líquidos que son lanzados en los cuerpos de agua.

Estos desechos pueden ser utilizados como fertilizantes, pero en muchos casos los pequeños criadores no tienen estructura para hacer el almacenamiento, el transporte y la distribución de estos efluentes y acaban disponiendo los efluentes en los cuerpos de agua.

4.3 Otras Fuentes de Presión sobre la Calidad de las Aguas Superficiales

Además de las presiones anteriormente mencionadas en los medios urbano y rural, los cuerpos de agua están también sujetos a otros impactos que merecen atención, por sus características y alcance.

Minería en gran escala y Minería artesanal

El agua está presente en las actividades de minería, normalmente en grandes volúmenes, tanto en la prospección mineral, en el laboreo de las minas, en el procesamiento, en el transporte por mineroducto y en la infraestructura necesaria para el desplazamiento y procesamiento. Consecuentemente, una serie de impactos puede ocurrir en términos de calidad del agua, tales como el aumento de la turbidez, alteración del pH del agua, derrame de aceites, grasas y metales pesados, reducción del oxígeno disuelto, acumulación de sedimentos en los ríos, entre otros.

La extracción del carbón puede afectar la calidad de recursos hídricos, con impactos significativos en los ecosistemas acuáticos, tal como sucede en la región sur de Santa Catarina. La degradación del suelo y del agua ocurre debido al drenaje ácido que se forma cuando los residuos ricos en azufre son expuestos a la acción del aire y de las lluvias.

En relación a la presencia de mercurio en las aguas, la causa principal ha sido la minería, particularmente en las minas artesanales de oro. Tanto en la explotación en el lecho del río, como en la explotación hecha en barrancos y secaderos, el mercurio es utilizado para separar las partículas de oro a través del proceso de amalgamación, cuya quema a cielo abierto permite que gran parte de los vapores de mercurio se disemine en la atmósfera y, por medio de la precipitación, llegue los cursos de agua. Las condiciones de los ríos de la Amazonía favorecen la formación del metilmercurio, que se acumula en la cadena alimentaria acuática. El consumo de pescados contaminados por mercurio representa un riesgo para la salud humana (ANA, 2010a).

La extracción de arena para la construcción civil también causa impactos en la calidad de las aguas. Según el Departamento Nacional de Producción Mineral

(DNPM), alrededor del 70% de la arena consumida en Brasil es extraída del lecho de los ríos. Existen en Brasil alrededor de 2.500 empresas que se dedican a la producción de arena, en su gran mayoría empresas familiares de pequeño porte. Esta actividad se concentra en las proximidades de centros urbanos, que forman el principal mercado consumidor de este material. Entre los impactos de la extracción de arena se destacan el aumento de la turbidez, eutrofización de las aguas contenidas en cavas abandonadas, contaminación por aceites y grasas y la alteración del canal de los ríos (DNPM, 2007).

Salinización

Altos tenores de sales minerales disueltas son observados en cuerpos de agua superficiales y subterráneos en la región semiárida, incluyendo principalmente a la RH Atlântico Nordeste Oriental y la RH São Francisco. La Salinización de las aguas limita y llega a inviabilizar ciertos usos tales como el suministro para consumo humano, la desedentación animal y la irrigación (BRASIL, 2006b). Las causas de la salinización están principalmente relacionadas con el clima semiárido de la región, ya que la evaporación excede la precipitación, y la geología. El proceso de salinización progresiva de los reservorios se debe también al régimen de operación, ya que el mayor tiempo de residencia del agua aumenta la evaporación y la concentración de sales disueltas (ANA, 2005a).

Accidentes Ambientales

Los informes de accidentes ambientales indican que el transporte carretero de productos peligrosos es la principal causa de accidentes y, por esa razón, ocurren más frecuentemente en las regiones donde hay gran concentración de centros industriales, concomitantemente con la presencia de una extensa red vial, considerándose que la modalidad terrestre por carretera predomina en la matriz de transporte brasileña, incluso cuando se trata del transporte de la producción generada principalmente por los sectores químico, petroquímico y de refinación de petróleo (IBAMA, 2011).

Además de los accidentes asociados a las actividades de transporte, otros eventos pueden ocurrir en las fases de producción, manipulación y almacenamiento

de productos peligrosos, tales como el derrame de líquidos, fuga de gases, lanzamiento de sólidos, abandono de envases de productos químicos, explosión/incendio, ruptura de tanques, cañerías, entre otros.

Han ocurrido en Brasil algunos accidentes de serias proporciones, tales como el que se produjo en marzo de 2003 con la salida de sustancias tóxicas de una represa de desechos industriales y el accidente de noviembre de 2008, involucrando al pesticida endosulfan, ambos en la cuenca del río Paraíba do Sur. En la mayoría de los casos, los efectos de accidentes de este tipo se hicieron sentir a kilómetros de distancia del local en que se produjeron, provocando trastornos no apenas al ecosistema acuático, sino también a la población en general, en virtud de la interrupción del abastecimiento doméstico.

El transporte por hidrovas también puede representar una presión potencial en lo que se refiere al riesgo de accidentes con impactos sobre la calidad del agua. A pesar de ser relativamente poco empleada en Brasil, esta modalidad de transporte es indispensable en la RH Amazônica. El riesgo de accidentes asociado al transporte de cargas peligrosas a través de canales de navegación y los propios efluentes generados por esa actividad pueden afectar localmente la calidad del agua, si no fueran debidamente gerenciados.

Reservorios

En Brasil existen alrededor del 7 mil reservorios, con área superior a 20 hectáreas, los cuales fueron construidos para garantizar una oferta regular y continua de agua para abastecimiento humano, irrigación y generación de energía. (FUNCEME, 2008). Las principales presiones sobre la calidad de las aguas contenidas en reservorios están relacionadas con procesos físico-químicos y ecológicos que ocurren a partir de la reducción del flujo de salida de las aguas. Entre las diferentes situaciones que pueden ocurrir asociadas a la implementación de reservorios es posible reconocer:

- La reducción del oxígeno disuelto, acidificación del agua y liberación de gases tales como el dióxido de carbono y el metano, en consecuencia de la descomposición de la materia orgánica que

haya quedado sumergida en el momento de la implantación del reservatorio;

- La estratificación vertical y la creación de una capa inferior pobre en oxígeno disuelto, rica en nutrientes y, a veces, acidificada, en reservatorios con mayor profundidad;
- El proceso de eutrofización, que ocurre cuando hay un aporte excesivo de nutrientes, especialmente el fósforo, normalmente proveniente de tributarios ya impactados por la descarga de aguas servidas domésticas o por la contaminación difusa. Este proceso puede causar el crecimiento de algas y plantas acuáticas que pueden dar sabor y olor desagradables al agua, aumentando las pérdidas por evapotranspiración, perjudicando a la navegación, la recreación y la propia operación del reservatorio;

Otro impacto de los reservatorios sobre la calidad del agua se produce debido a la retención de sedimentos y nutrientes, lo que reduce su aportación a los tramos de aguas abajo.

La construcción de reservatorios en Brasil está aumentando en virtud de las demandas generadas por el crecimiento económico y las necesidades de almacenamiento de agua para consumo humano. Los criterios de planificación, construcción, operación, regulación y la gestión de estas obras no deben perder de vista las dimensiones sociales, económicas y ambientales.

Eventos Críticos

Además de las fuentes tradicionales de contaminación, los eventos naturales extremos, como los períodos de sequías prolongadas y de lluvias intensas, también contribuyen al deterioro de la calidad de las aguas brasileñas.

La disminución del caudal de diversos cuerpos de agua en períodos de sequía está provocando problemas de abastecimiento, entre otros. La sequía de 2010 de la Amazonía fue la peor de los últimos cien años y afectó un área de tres millones de kilóme-

tros cuadrados y fue mayor que la sequía de 2005, que hasta entonces había sido considerada récord en diversas décadas. Comunidades ribereñas de algunas regiones de la Amazonía enfrentaron dificultades porque ríos y arroyos llegaron a niveles por debajo del normal y miles de familias sufrieron con la falta de agua.

Introducción de Especies Exóticas

La introducción intencional o accidental de especies exóticas representa un impacto significativo, porque puede afectar negativamente la cadena alimentaria y la productividad de los ecosistemas acuáticos. Ya fueron identificadas 1.593 situaciones de presencia de especies exóticas invasoras en ambientes de agua dulce en Brasil, totalizando 180 especies. Los peces forman el grupo más numeroso, viniendo a continuación 19 especies de microorganismo y de 14 especies de macrófitas (BRASIL, 2011f).

Uno de los principales impactos de la introducción de especies en aguas dulces en Brasil es la invasión del molusco bivalvo *Limnoperna fortunei*, popularmente conocido como mejillón dorado. Originario del continente asiático, este molusco llegó a América del Sur transportado en las aguas de lastre de los buques mercantes, y rápidamente invadió la cuenca del Río de la Plata, siendo actualmente encontrado en las regiones hidrográficas de Paraná, Paraguay, Uruguay y Atlántico Sul.

Con alta tasa de reproducción y hábitos de vida fijos y gregarios, este mejillón se fija en cualquiera sustrato duro y, debido a la ausencia de predadores y de parásitos que controlen su población, rápidamente ocupan superficies libres. Los impactos de la presencia de esta especie van desde consecuencias ecológicas hasta consecuencias económicas en los usos de los recursos hídricos tales como la invasión de cañerías de abastecimiento de agua, de drenaje pluvial y de captación para agricultura irrigada, sistemas de enfriamiento de industrias, turbinas de usinas hidroeléctricas, y perjuicios en el funcionamiento de los motores de barcos y pérdida de tanques-red.

4.4 Temas Emergentes

Cambio Climático

En las próximas décadas el cambio climático podría ser un factor importante de alteración de la calidad del agua. El aumento de la temperatura de las aguas superficiales disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, lo que tiene efectos sobre su capacidad de autopurificación. En cuencas en las que está previsto el aumento de las precipitaciones, podría haber intensificación de la contaminación difusa, a través del acarreo de contaminantes (nutrientes, patógenos, toxinas) por el agua de las lluvias (IPCC, 2007).

Por otro lado, en cuencas con reducción de precipitaciones, la disminución del caudal de los ríos puede reducir su capacidad de asimilación de contaminantes. En áreas costeras, el aumento del nivel del mar puede aumentar la intrusión salina, alterando la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Para el seguimiento de los efectos de los cambios climáticos sobre la calidad de las aguas será cada vez más importante el monitoreo sistemático de los cuerpos de agua con miras a subsidiar las acciones de gestión y adaptación, para reducir la vulnerabilidad (IPCC, 2007).

La perspectiva de sequías más prolongadas y lluvias más intensas durante períodos menores, que están previstas en los estudios del IPCC hace que el aumento de la capacidad de almacenamiento por medio de reservorios sea una necesidad para garantizar la seguridad hídrica.

Poluentes Orgánicos Persistentes

Los Poluentes Orgánicos Persistentes (POPs) son sustancias químicas de alta persistencia, que presentan propiedades carcinogénicas y mutagénicas y tienen amplia distribución geográfica, permaneciendo en los ecosistemas durante prolongados períodos, además de acumularse en el tejido adiposo de los seres vivos, pueden causar daños a la salud humana, animal y al medio ambiente.

Actualmente, la lista de POPs incluye ocho agrotóxicos (Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrin, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno), dos productos industria-

les (Bifenilos Policlorados - PCBs y Heptacloro) y dos sustancias (Dioxinas y Furanos), que son formadas no intencionadamente, en algunos procesos industriales y, principalmente, durante la combustión de materia orgánica ante la presencia de cloro.

La principal fuente de emisión de dioxinas y furanos en Brasil es la producción de metales ferrosos y no ferrosos, seguida de la quema a cielo abierto, productos químicos y bienes de consumo y la disposición de efluentes y residuos. Por lo tanto, la acción de reducción de la emisión debe ser prioritaria en esas categorías de fuentes (BRASIL, 2012).

Con relación al compartimiento en que son lanzadas las dioxinas y furanos, la mayor participación fue del aire (42,3%), seguida de la liberación en los residuos (24,4%), y la liberación en el producto (18,7%). Estos tres compartimientos reciben el 95,4% del total liberado. Apenas el 1% de las dioxinas y furanos liberados en el país son lanzados directamente a las aguas, siendo ese el compartimiento de menor expresión de recepción directa de estos compuestos (BRASIL, 2012).

A pesar de que la proporción de las dioxinas y furanos liberados en Brasil directamente en las aguas en relación a los otros compartimientos sea de menor expresión, (BRASIL, 2012) es importante subrayar que esos contaminantes emitidos directamente al aire o al suelo pueden llegar indirectamente a los cuerpos de agua a través de procesos tales como la deposición atmosférica y el arrastre del agua de las lluvias.

Las principales actividades que pueden contribuir al lanzamiento directo de dioxinas y furanos en los cuerpos de agua son la producción de celulosa y papel y la disposición de efluentes no tratados en aguas superficiales. Los procesos de tratamiento y la disposición de aguas servidas domésticas tratadas liberan también emisiones directas de dichos contaminantes a los cuerpos de agua (BRASIL, 2012).

Con relación a los PCBs, su producción y comercialización están prohibidos desde 1981, pero capacitares y transformadores conteniendo PCBs todavía están en uso, contribuyendo a la presencia de dichos contaminantes en el ambiente acuático (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Disruptores Endocrinos

Los disruptores endocrinos son un grupo de sustancias exógenas capaces de interferir en las funciones orgánicas reguladas por hormonas, pudiendo afectar la salud de los individuos expuestos a su acción. Diversas sustancias tienen este efecto, entre ellas los estrógenos naturales y sintéticos, plastificantes, hidrocarburos policíclicos aromáticos, bifenilos policlorados (PCBs) y agrotóxicos.

Los disruptores endocrinos presentes en los cuerpos hídricos son provenientes de fuentes específicas (ej: aguas servidas domésticas, efluentes industriales) o difusas (ej: agrotóxicos). Normalmente, los disruptores endocrinos son detectados en bajísimas concentraciones en los ríos y manantiales. Sin embargo, sus efectos adversos pueden manifestarse incluso en bajas concentraciones, ya que pequeñas variaciones hormonales son suficientes para desencadenar una reacción endocrina.

Los cuerpos hídricos que atraviesan grandes centros urbanos, recibiendo aguas servidas domésticas de un gran contingente poblacional, están más sujetos a la contaminación provocada por estos disruptores endocrinos. La contaminación de las aguas por medio del lanzamiento de efluentes domésticos, tratados o no, conteniendo hormonas y fármacos excretados por los seres humanos pasó a ser una preocupación.

El desarrollo de la investigación científica sobre este tema puede generar importantes subsidios para el control más efectivo de estos contaminantes, tanto mediante el empleo de tecnologías de saneamiento como por la regulación de su producción y uso a través de una legislación más abarcadora.

Zig Koch /Banco de imágenes ANA



5 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Basado en las informaciones disponibles de las redes de monitoreo de las Unidades de la Federación es presentado, a continuación, un diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales y su tendencia para el período 2001-2010. Este no es un diagnóstico completo de la calidad de las aguas superficiales de Brasil, ya que varios estados, principalmente en la RH Amazônica, todavía no tienen redes de monitoreo. En este sentido, la ANA desarrolla conjuntamente con los estados el Programa Nacional de Evaluación de Calidad de las Aguas, cuyo objetivo es ampliar las redes de monitoreo y estandarizar sus procedimientos.

A pesar de la limitación de las actuales redes de monitoreo, diagnósticos de este tipo, hechos con las informaciones disponibles, son importantes para indicar las necesidades de ampliación del monitoreo con miras a posibilitar diagnósticos futuros más completos.

5.1 Índice de Calidad de las Aguas

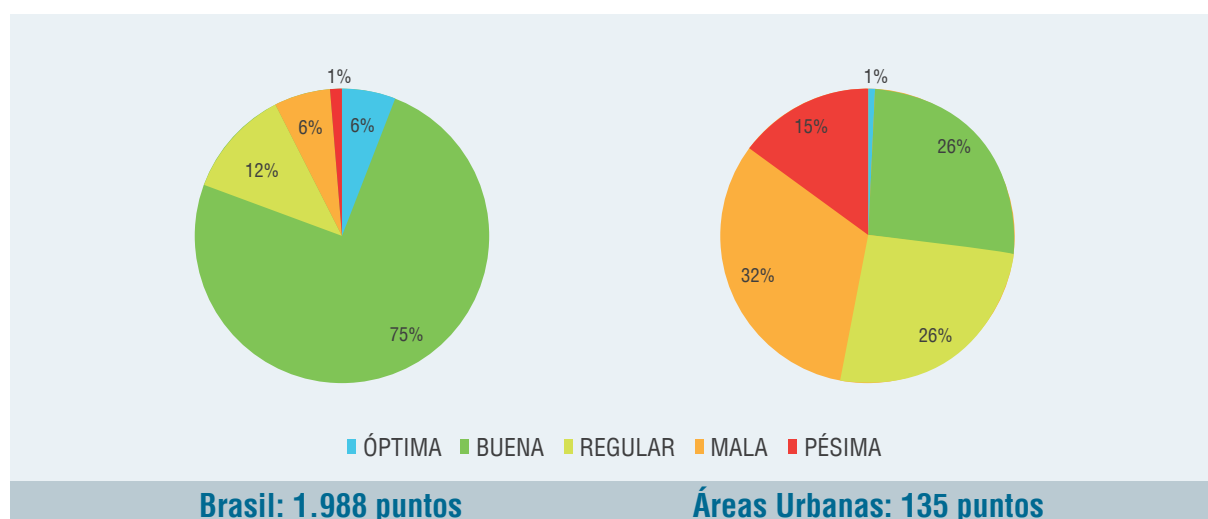
Considerándose los 1.988 puntos monitoreados en el país en 2010 para los cuales fue posible realizar el análisis de IQA, tanto en áreas urbanas como rurales,

se observó una condición “óptima” en el 6% de los puntos monitoreados, “buena” en el 75%, “regular” en el 12%, “mala” o “pésima” en el 7% (Figura 12).

Analizándose apenas los cuerpos de agua en áreas urbanas se observa que, en 2010, el 47% de los puntos monitoreados presentó condición “pésima” o “mala”, reflejo de la alta tasa de urbanización observada en el país y de los bajos niveles de recolección y tratamiento de aguas servidas domésticas.

Estos ríos urbanos normalmente presentan sus cuencas en gran parte impermeabilizadas, contaminadas por aguas servidas domésticas, efluentes industriales, residuos sólidos y cargas difusas, que impactan la calidad de vida en las ciudades brasileñas, porque degradan el paisaje urbano, reducen las oportunidades de recreación y permiten la divulgación de enfermedades.

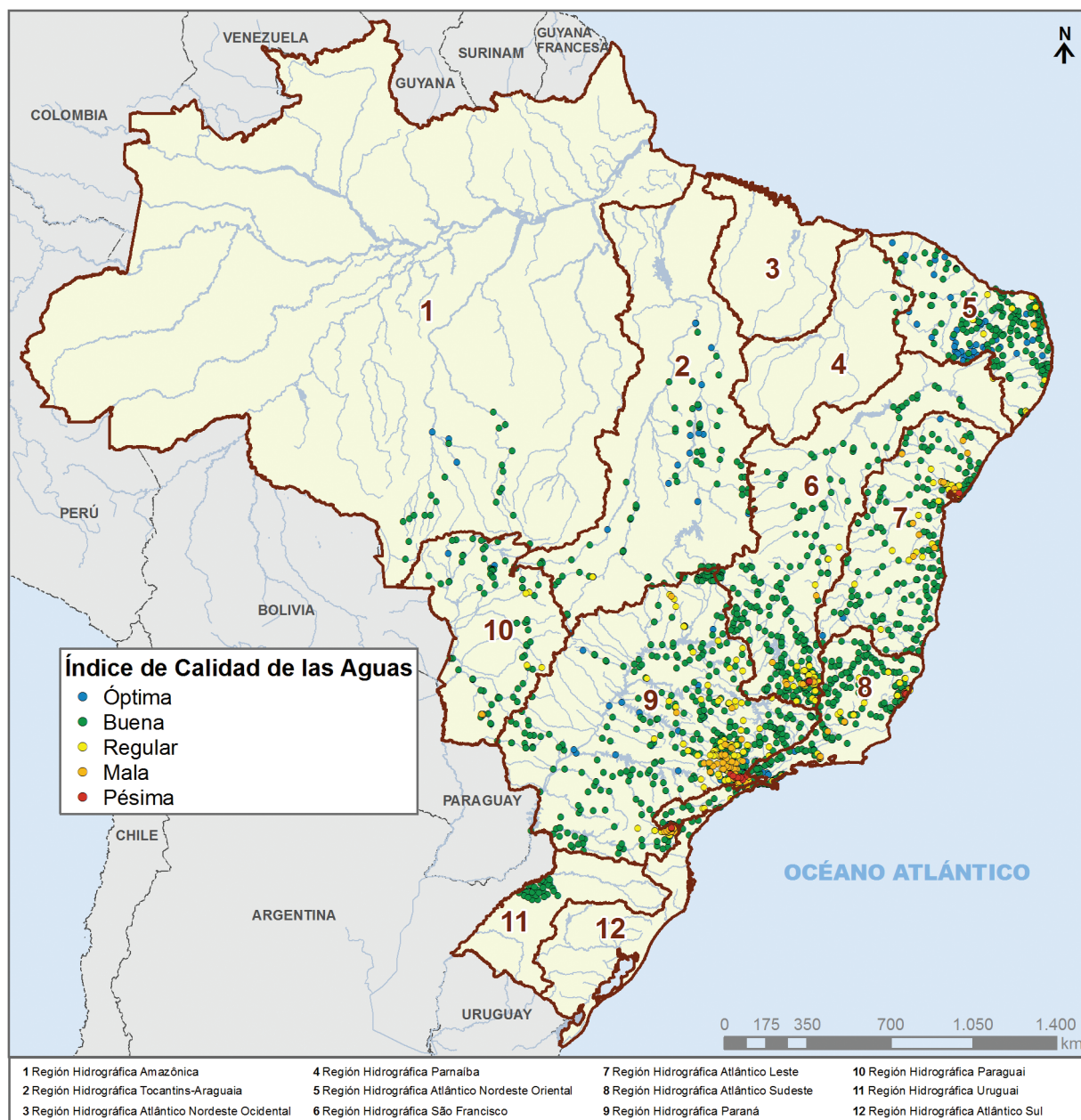
Se observa que los cuerpos de agua que en 2010 presentaron puntos de monitoreo con valores medios del ICA en las clases “pésima” y “mala”, se encuentran en cuerpos de agua ubicados cerca de las capi-



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB)

Obs.: Los puntos en áreas urbanas se localizan en 35 municipios y fueron identificados en base al mapa de áreas edificadas del Ministerio de Planeamiento, Presupuesto y Gestión (BRASIL, 2009c).

Figura 12 - Índice de Calidad de las Aguas (ICA) – Valor medio en 2010 en Brasil y en Áreas Urbanas



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB)

Figura 13 - Índice de Calidad de las Aguas (IQA) - Valor medio en 2010

tales (São Paulo, Curitiba, Belo Horizonte, Salvador, Goiânia, Vitória) o próximos a ciudades de medio y gran porte (ej: Campinas, Juiz de Fora) (Figura 13).

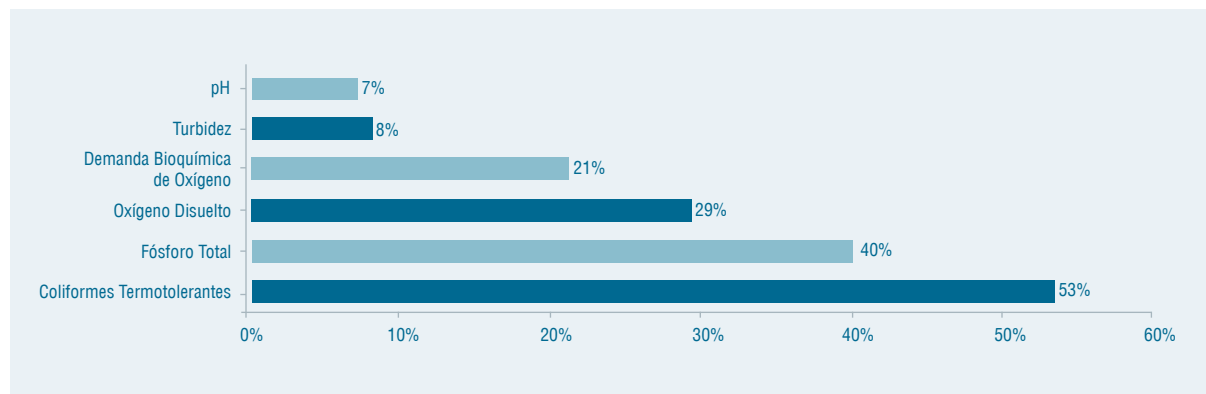
Se observa también que la mayoría (61%) de los puntos en las clases “pésima” y “mala” se concentra en la Región Hidrográfica de Paraná, que posee el 32% de la carga remaneciente de aguas servidas domésticas de Brasil. En esta región hidrográfica se localizan las ciudades de São Paulo, Curitiba, Goiânia y Campinas. Las tres primeras están en tramos de cabeceras de los ríos Tietê, Iguaçu y Meia Ponte, respectivamente. Este hecho acaba agravando la situación de la cali-

dad del agua, ya que los tramos de cabeceras de ríos presentan menor caudal y, consecuentemente, menor capacidad de diluir las cargas contaminantes. El mismo hecho ocurre en Belo Horizonte, que se localiza en el tramo superior de la cuenca del río Velhas, en la Región Hidrográfica del São Francisco.

Cabe subrayar que varios de estos cuerpos de agua cuentan con programas de descontaminación, que son presentados en el punto 6.4. El seguimiento de la condición de estos cuerpos de agua durante los próximos años es un elemento importante para verificar la efectividad de las acciones de descontaminación.

Analizándose algunos de los parámetros que componen el ICA (coliformes termotolerantes, fósforo total, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez y pH) se observa que, en 2010, el 53% de los

8.019 análisis de coliformes termotolerantes no estuvo en conformidad con el límite (1.000 NMP/100ml) determinado por la Resolución Conama n° 357/2005 para cuerpos de agua en la clase 2 (Figura 14).



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB)

OBS.: Fueron analizados los siguientes números de muestras para cada parámetro: Oxígeno Disuelto (8.379), pH (8.622), Turbidez (7.751), Coliformes Termotolerantes (8.019), Demanda Bioquímica de Oxígeno (8.383), Fósforo Total (7.622).

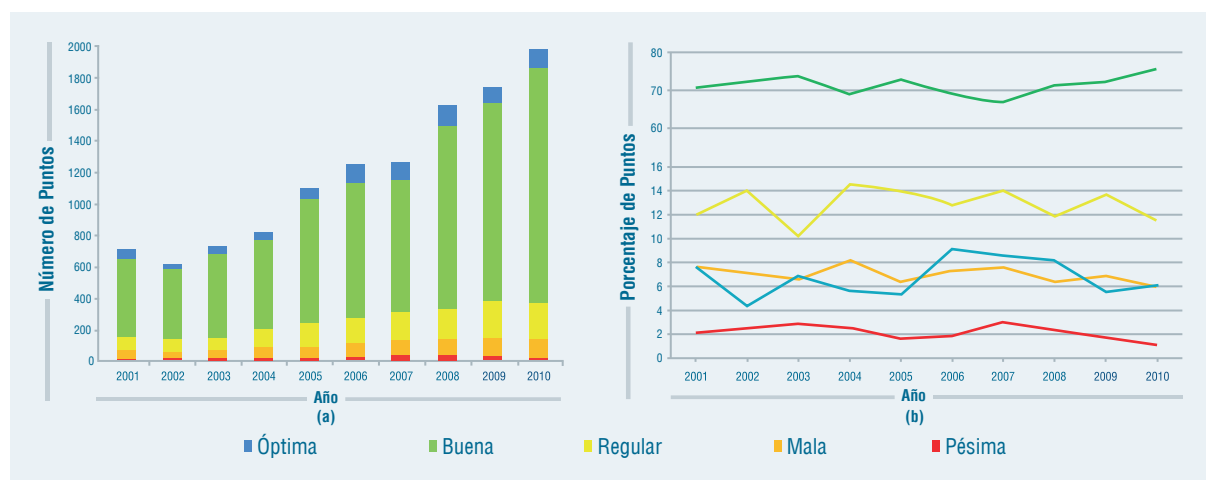
Figura 14 - Porcentaje de Resultados en no Conformidad, en el Año 2010, con Relación a los Estándares de Calidades de Cuerpos de Agua Encuadrados en la Clase 2.

Los coliformes termotolerantes son indicadores de contaminación microbiológica y de la posibilidad de la presencia de patógenos asociados a las enfermedades de divulgación hídrica, lo que perjudica la utilización de estas aguas para varios usos, tales como la recreación de contacto primario.

Con relación al fósforo, el valor de no conformidad (40%) también es elevado y será analizado más pro-

fundamente en el punto referente al Índice de Estado Trófico. Estos dos parámetros reflejan principalmente la carencia de tratamiento de aguas servidas domésticas en Brasil.

Durante el período de 2001 a 2010 el número de puntos de monitoreo con datos de ICA en el país se duplicó ampliamente. Aumentó de 708 a 1989 puntos (Figura 15a).



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB)

Figura 15 - Evolución del Índice de Calidad de las Aguas en Números Absolutos de Puntos de Monitoreo (a) y en Términos Porcentuales de Clases (b) en el Período de 2001 a 2010.

A pesar de este aumento, no se constató alteración significativa de la proporción entre las clases de ICA a lo largo de este período, siendo mantenido el predominio de la clase “buena” (entre el 67 y el 75 % de los puntos) y de la clase “regular” (entre el 10 y el 15 %). Las clases “pésima” (variación entre el 1 y el 3%), “mala” (del 6 al 8%) y “óptima” (del 4 al 9 %) se mantiene entre las clases de menor frecuencia durante todo el período (Figura 15b).

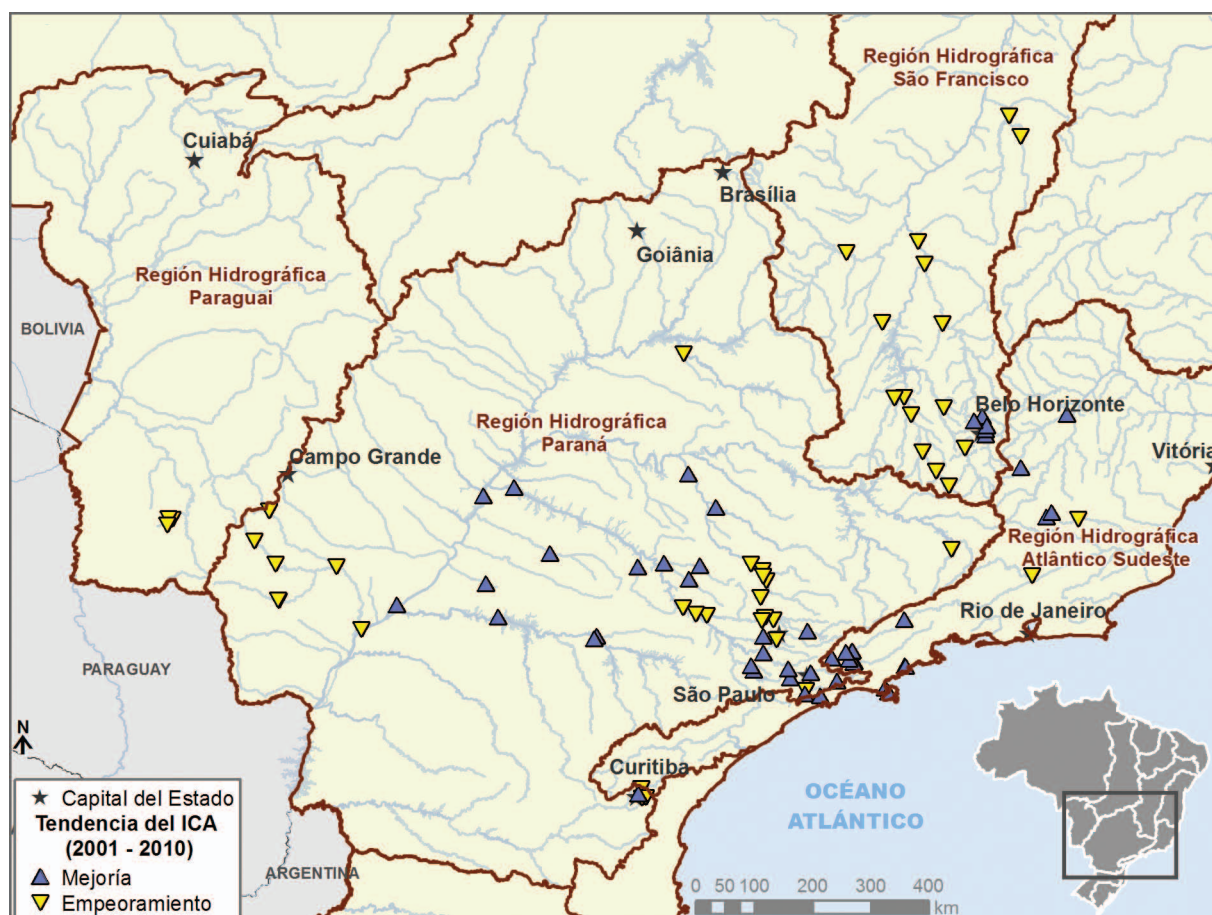
En relación al análisis de tendencia de los valores de ICA en el período de 2001 a 2010, se observa que, de los 658 puntos con serie histórica, 92 presentaron tendencia, siendo que 47 puntos presentaron tendencia al mejoramiento de la calidad del agua (aumento del ICA) y 45 presentaron tendencia al empeoramiento de la calidad del agua (reducción del ICA).

De los 47 puntos que señalan tendencia al aumento del ICA, 25 puntos están en la RH de Paraná, especialmente en el Estado de São Paulo (24 puntos). De

los demás 22 puntos, 17 están en la RH del Atlántico Sudeste, la mayoría en la cuenca del Paraíba do Sul (10) y en el litoral Norte de São Paulo (4) y cinco puntos se encuentran en la RH del São Francisco, en la cuenca del río Velhas (Figura 16).

La principal causa probable del aumento del ICA que fue identificada por los órganos gestores estatales es la inversión en saneamiento, a través de acciones tales como la ampliación de los sistemas de recolección de aguas servidas domésticas, la implementación de Estaciones de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas (ETASD) o el aumento de su eficiencia, y la desactivación de basurales. El control de fuentes industriales y el aumento de los caudales efluentes de reservatorios también son factores indicados como causas probables del mejoramiento de la calidad.

Entre las cuencas en que las acciones de saneamiento son la causa probable de aumento del ICA se destacan las cuencas de los ríos Sorocaba, Ve-



Fuentes: AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), IAP (PR), IGAM (MG), IMASUL (MS)

Figura 16 - Tendencia del Índice de Calidad de las Aguas (ICA) en el Período 2001-2010

Ihas, Piracicaba, Jundiá, Capivari y Paraíba do Sul. En estas cuencas fueron construidas Estaciones de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas apoyadas con recursos del Programa de Descontaminación de Cuencas Hidrográficas (Prodes). También se resaltan las acciones de saneamiento realizadas por la Compañía de Saneamiento del Estado de São Paulo (SABESP), en diversas cuencas del Estado de São Paulo (Alto Tietê, Paraíba do Sul, Baixada Santista, Cotia) que han presentado aumento del ICA.

En lo que se refiere a los 45 puntos con tendencia a la reducción del ICA, la mayoría (27) se localiza en la RH de Paraná, destacándose las cuencas de los ríos Tietê (8 puntos), Ivinhema (7 puntos) y Grande (6 puntos). En la RH del São Francisco fueron identificados 15 puntos con tendencia a la reducción del ICA, destacándose la cuenca del río Pará (5 puntos) (Figura 16).

Entre las principales causas probables de reducción del ICA identificadas por los órganos gestores estaduais están el crecimiento poblacional que no fue acompañado de inversiones en saneamiento, las fuentes industriales, las actividades agropecuaria y la minería.

En términos generales, se observa que los puntos que presentan tendencia al aumento del ICA son los que se encuentran en las categorías pésima, mala y razonable, y están ubicados cerca de los centros urbanos que recibieron inversiones en saneamiento

y control de efluentes industriales. Ejemplos de esto son los ríos Tietê y Velhas.

Por otro lado, puntos con tendencia de reducción de ICA, la mayoría de las veces, presentan buena condición de calidad y se localizan, normalmente, en cuencas que presentaron gran expansión poblacional o aumento significativo de actividades industriales y agropecuarias. Ejemplos de esto son las cuencas de los ríos Ivinhema y Pará.

Estos datos señalan la necesidad de ampliar el monitoreo y profundizar los análisis de tendencia, con miras a cuantificar los impactos de las fuentes contaminante y la efectividad de las acciones de gestión en la calidad de las aguas. Análisis de este tipo serán importantes a lo largo de los próximos años, frente a la perspectiva de aumento de las inversiones en saneamiento en el país y a la necesidad de hacer el seguimiento de los procesos de implementación de conformidad con los objetivos de calidad.

5.2 Índice de Estado Trófico

La eutrofización de los cuerpos de agua es un proceso caracterizado por el aumento de nutrientes en los cuerpos de agua, especialmente de fósforo y nitrógeno, lo que puede provocar el crecimiento de algas y otras plantas acuáticas. Las aguas servidas domésticas no tratadas y los fertilizantes son las principales causas de la eutrofización artificial. La eutrofización representa un problema ambiental que afecta la bio-

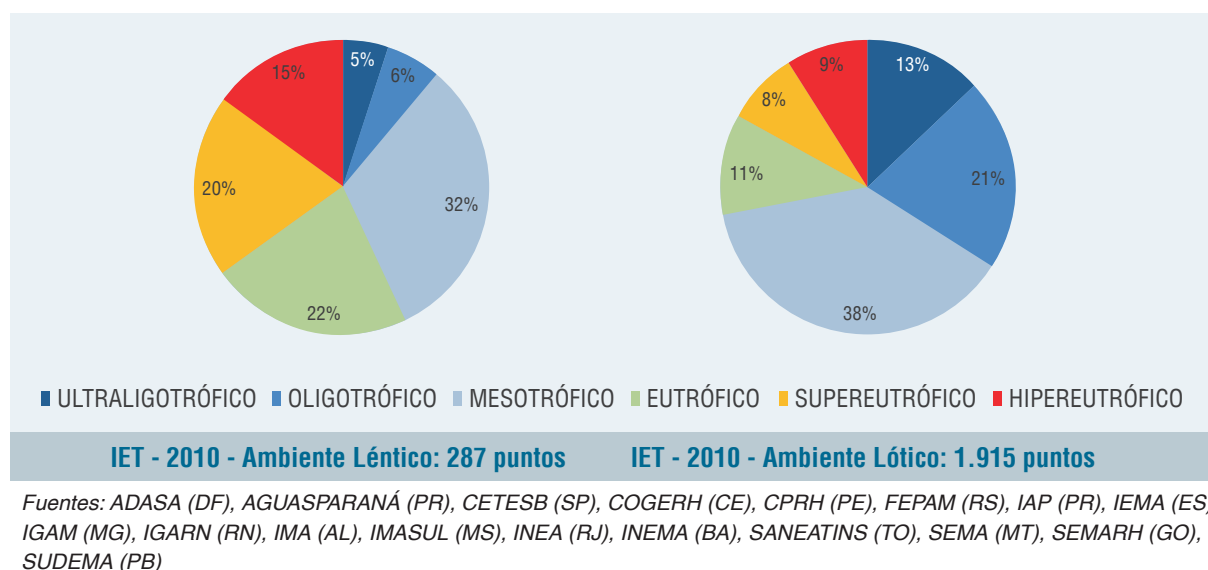


Figura 17- Porcentaje de Puntos de Monitoreo en las Clases del Índice de Estado Trófico (IET) en 2010 por Tipo de Ambiente



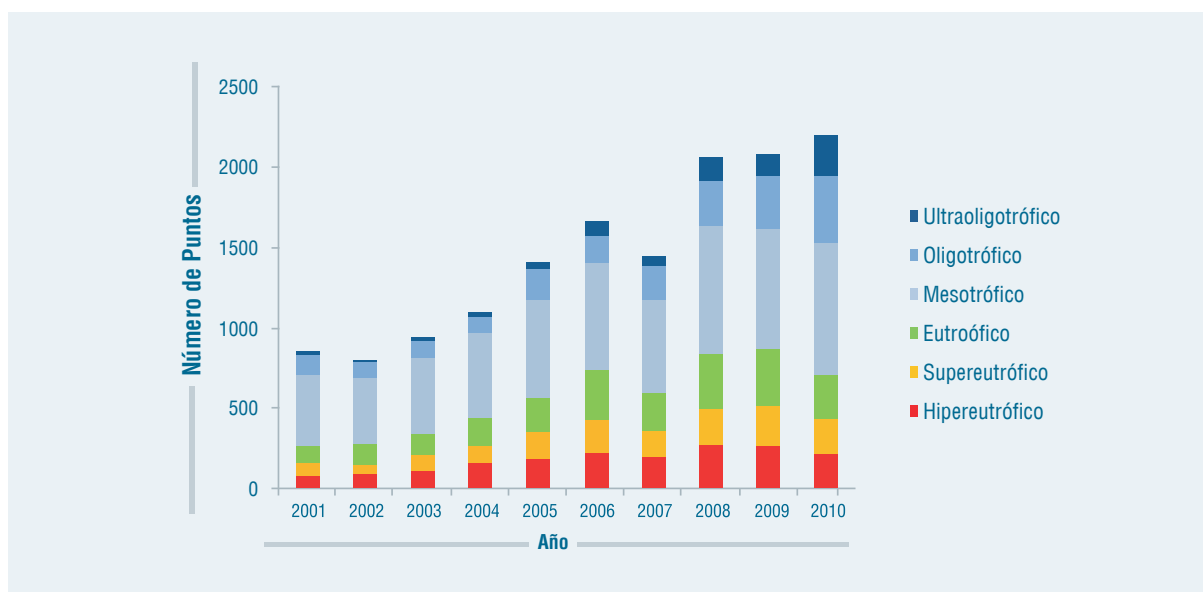
Figura 18 - Índice de Estado Trófico (IET) en 2010

diversidad acuática, la salud humana y los usos múltiples, causando perjuicios ambientales y económicos. La eutrofización es particularmente más común y más acentuada en cuerpos de agua de flujo reducido, como lagos y reservorios. Estos ambientes son conocidos como lénticos, en contraposición a los ambientes de flujo más elevado, como los ríos, conocidos como lóticos.

Considerando los tipos de ambientes lénticos (287 puntos) y lóticos (1.915 puntos), es posible observar que la situación es más crítica en los lénticos, de los cuáles el 59% se encontraba entre las clases “eutrófi-

ca” e “hipereutrófica”, mientras que en los lóticos este porcentaje es del 28% (Figura 17).

La RH de Paraná presenta la mayor concentración de puntos con Índice de Estado Trófico entre las clases “supereutrófica” e “hipereutrófica”, alrededor del 39% del total (167 puntos). De estos puntos, 80 presentaron clase “hipereutrófica” principalmente en cuerpos de agua próximos a grandes aglomerados urbanos (Figura 18).



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CAESB (DF), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IGARN (RN), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), INEMA (BA), SANEATINS (TO), SEMA (MT), SEMARH (GO), SUDEMA (PB)

Figura 19 - Índice de Estado Trófico – Evolución del Número de Puntos Monitoreo de 2001 a 2010

La Figura 19 presenta la evolución de las clases de IET en los puntos monitoreados en el período de 2001 a 2010.

El principal impacto de la eutrofización de los cuerpos de agua está en las floraciones de algas. Varios episodios fueron registrados en Brasil durante los últimos años, causando impactos sobre los usos múltiples del agua.

Como ejemplos, es posible mencionar dos casos: en 2006, las floraciones de algas tóxicas en el Reservatorio Foz de Areia, en la cuenca del río Iguazú, provocaron su interdicción para pesca y baño. El Instituto Ambiental de Paraná (IAP), la Compañía Paranaense de Energía (Copel) y la Compañía de Saneamiento de Paraná (Sanepar), lanzaron un alerta a la población próxima a sus orillas, para que evitasen el contacto con el agua, así como el consumo de pescados del reservatorio y ríos afluentes.

En 2007 el Instituto Minero de Gestión de las Aguas (Igam) confirmó la presencia de cianobacterias en el río Velhas, en el tramo entre Curvelo y la desembocadura en el Río São Francisco. La pesca en los ríos Velhas y São Francisco fue prohibida hasta el comienzo del desove, en noviembre, debido a la contaminación de las aguas, que colocaba en riesgo la salud de la

población de aproximadamente 60 ciudades de las regiones Central y Norte del Estado. Un alerta también fue divulgado por la Secretaría de Estado de Salud para que el uso del agua y el consumo de pescado fueran evitados en todos los municipios en los cuales pruebas de calidad indicaban un panorama crítico.

En 2005, la Resolución Conama n°359 (BRASIL, 2005) estableció la reglamentación del tenor de fósforo de detergentes en polvo para uso en todo el territorio nacional. De acuerdo con los datos declarados por los fabricantes al Ibama, la reducción del lanzamiento de fósforo al ambiente para el período de 2005 a 2008 disminuyó de 40,5 ton/día a 31,8 ton/día.

Esta resolución creó un grupo de trabajo para definir puntos de monitoreo estratégicos y hacer el seguimiento del cumplimiento de la resolución por parte de los fabricantes. El informe del grupo reconoce que la resolución representó un avance en la cuestión del control preventivo de la contaminación de los cuerpos hídricos de Brasil y que el sector productivo de detergente en polvo de uso doméstico cumplió con las exigencias establecidas. (BRASIL, 2010c).

Sin embargo, los datos disponibles de las redes de monitoreo evaluadas por el grupo de trabajo no permitieron aislar el fósforo proveniente de los detergentes



Fuentes: AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), FEPAM (RS), IAP (PR), IGAM (MG), IMASUL (MS), INEA (RJ), SEMARH (GO)

Figura 20 - Tendencia del Índice de Estado Trófico (IET) en el Período 2001-2010

en polvo de sus demás fuentes (aguas servidas domésticas y carga difusa de áreas agrícolas). Además, otras variables, tales como los niveles de tratamiento de las aguas servidas domésticas, el crecimiento de la población y el contexto económico del país interfieren en los niveles de fósforo en el agua, dificultando una evaluación del beneficio ambiental logrado por la resolución aisladamente. (BRASIL, 2010c).

Reducciones significativas de los niveles de fósforo en cuerpos de agua de Europa fueron conseguidas después del aumento del tratamiento de aguas servidas domésticas al nivel terciario y la prohibición del fósforo en la composición de los detergentes. En el período 1992-2008, el 42% de los puntos de monitoreo registró tendencia a la reducción de los niveles de fósforo (EEA, 2010).

Cabe subrayar que las principales fuentes del fósforo presente en los cuerpos de agua son las aguas servidas domésticas y la contaminación difusa de áreas agrícolas. De acuerdo con la característica de la cuenca (agrícola, urbana) estas fuentes tienen mayor o menor contribución, y consecuentemente las acciones de gestión deben ser diferentes.

Los datos de tendencia del IET para el período 2001 a 2010 indicaron 43 puntos con tendencia al mejoramiento de la calidad del agua (reducción del IET) y 26 de empeoramiento (aumento del IET) (Figura 20). No es posible determinar si este predominio de puntos con reducción del IET está relacionado con la vigencia de la Resolución Conama n° 359/2005, ya que otros factores también pueden haber influenciado,

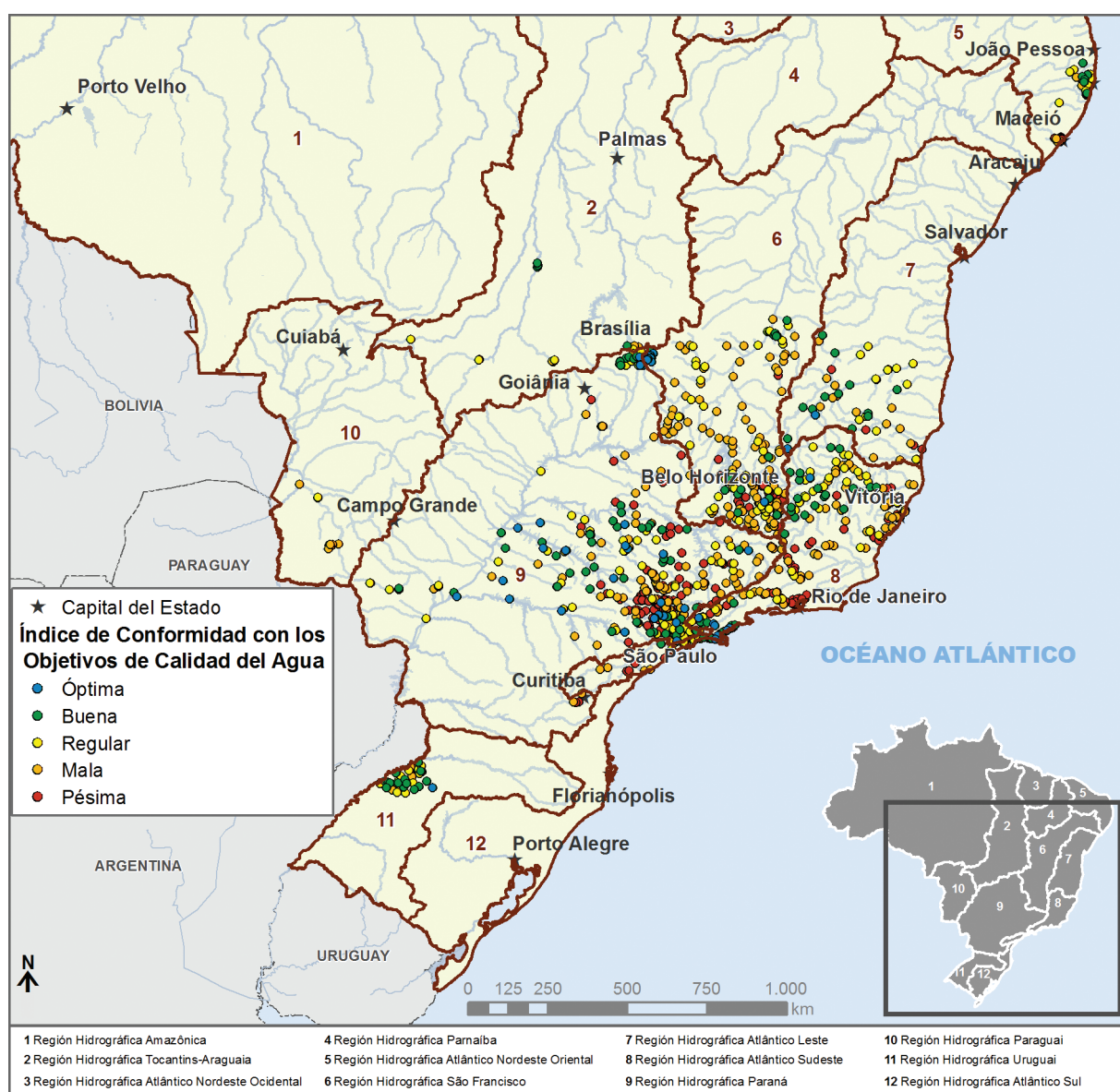
tales como la implementación de Estaciones de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas. Esta cuestión debe ser investigada durante los próximos años, con miras a verificar la efectividad de las acciones de gestión en el nivel de fósforo de las aguas superficiales.

5.3 Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua

Diferente del ICA y del IET, que evalúan la calidad del agua con relación a aspectos específicos, el ICE evalúa la distancia existente entre la calidad del agua actual y la meta establecida por los objetivos de calidad de un cuerpo de agua. Los objetivos de calidad no reflejan necesariamente la calidad del agua actual,

sino la calidad del agua que debería existir para permitir los usos deseados en el cuerpo de agua.

Como los objetivos de calidad son establecidos por clases con diferentes niveles de calidad, es posible que un mismo punto de monitoreo presente ICA en la clase “mala” y un ICE en la clase “buena”. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en ríos en la clase 4, que tienen estándares menos restrictivos de calidad del agua, porque se destinan apenas a la navegación y a la armonía paisajística. Si el río tuviera un nivel alto de contaminación, el ICE podría estar dentro de la clase “buena”, ya que la meta de la conformidad con los objetivos de calidad (clase 4) es menos restrictiva.



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), COGERH (CE), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IMA (AL), IMASUL (MS), INEA (RJ), SEMA (MT), SEMARH (GO)

Figura 21 - Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua (ICE) en 2010

Sin embargo, el ICA, que evalúa la calidad actual de las aguas para el abastecimiento doméstico después de tratamiento convencional, presentará un valor malo, porque la referencia adoptada es más exigente.

En el cálculo del ICE fueron considerados apenas los puntos que poseían al menos cuatro campañas en 2010. Por este motivo, a pesar de que el ICA haya sido calculado en 1.988 puntos, apenas el 52% de este total tuvo cálculo del ICE (Figura 21).

Se observa que los puntos con ICE en condición “pésima” se concentran en las proximidades de los principales centros urbanos (São Paulo, Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Vitória), como consecuencia del lanzamiento de efluentes domésticos. Sin embargo, también son observados puntos con ICE bajos en cuencas rurales, lo que indica que este índice también es sensible a la contaminación difusa que predomina en estas áreas.

Del total de los puntos para los cuales se realizó el cálculo del ICE, el 18% se encuentra en las clases “buena” y “óptima” mientras que el 61 % está en las clases “pésima” y “mala”. Comparándose estos resultados con los del ICA presentados anteriormente, se observa que el ICE presenta valores más críticos, seguramente por el hecho de éste es un índice más sensible (Figura 22).

La Región Hidrográfica de Paraná es la que tiene más puntos con ICE calculado (382 puntos). En esta región se encuentra el mayor porcentaje de puntos con

ICE en la categoría “óptima” (7%) y el mayor porcentaje en la categoría “pésima” (32%).

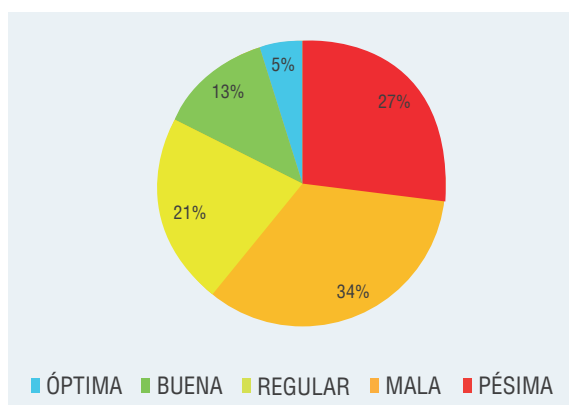
Los puntos que presentaron ICE “malo” probablemente necesitarán de mayores inversiones en el control de la contaminación que un punto que presentó ICE en la clase “buena”, ya que el primero está más alejado de la meta de conformidad con los objetivos de calidad.

En términos generales, los resultados demuestran la necesidad de implementación de programas de efectivación de los objetivos de calidad en todo Brasil. Estos programas, además de involucrar la construcción de Estaciones de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas también pueden incluir otras acciones, tales como los mecanismos de comando-control (fiscalización de las fuentes contaminantes, aplicación de multas, otorgamiento, términos de ajuste de conducta), mecanismos destinados a disciplinar (zonación del uso del suelo, creación de Unidad de Conservación) y mecanismos económicos (cobranza por el lanzamiento de efluentes, subsidios para reducción de la contaminación) (ANA, 2009b).

Esta es la primera vez que se utiliza el ICE como indicador de aguas superficiales en un análisis nacional. El análisis del ICE puede contribuir a la comprensión y verificación de la atención a la conformidad con los objetivos de calidad, y al seguimiento de acciones para que se alcance la calidad del agua preconizada para cada cuerpo de agua. La realización de análisis de tendencia de este índice permitirá el seguimiento de programas de efectivación de los objetivos de calidad.

5.4 Otros indicadores

Complementariamente con los indicadores de calidad de las aguas utilizados en este trabajo (ICA, IET, ICE), la determinación de la presencia de otros tipos de contaminantes en el agua es también importante, porque pueden estar asociados a otros tipos de riesgos, no apenas relativos al equilibrio ecológico, sino también a la Salud Pública. Entre ellos podemos mencionar los agrotóxicos, los disruptores endocrinos y los Poluentes Orgánicos Persistentes. Esto impulsó el crecimiento, en Brasil, de la importancia de ampliar no apenas la red de monitoreo, sino también el número de parámetros analizados, con miras a posibilitar una evaluación más amplia del real impacto de las diferentes fuentes de contaminación del agua, considerándose sus múltiples usos, especialmente el suministro público.



Fuentes: ADASA (DF), AGUASPARANÁ (PR), CETESB (SP), CPRH (PE), FEPAM (RS), IAP (PR), IEMA (ES), IGAM (MG), IMA (AL), IMASUL (MS), SEMA (MT), SEMARH (GO)

Figura 22 - Porcentaje de Puntos de Monitoreo en las Clases del Índice de Conformidad con los Objetivos de Calidad del Agua – 2010.

Agrotóxicos

A pesar de la gran utilización de agrotóxicos en Brasil, los estudios sobre la contaminación de los cuerpos de aguas por estas sustancias todavía son puntuales. Entre los estudios más recientes sobre la presencia de agrotóxicos en aguas superficiales, se destacan los estudios de MARQUEZ *et al.* (2007a, 2007b) en la cuenca del río Ribeira de Iguape (SP), ARMAS *et al.* (2007) en la Cuenca del Río Corumbataí (SP), LABS *et al.* (2002) en el Pantanal, MARCHESAN *et al.* (2010) en cuencas de Río Grande do Sul, y ALVES *et al.* (2010) en diversas cuencas del Estado de Goiás.

A pesar de que los pesticidas organoclorados (ej: BHC, DDT) estén prohibidos en Brasil para uso en la agricultura desde 1985, algunos productos de dicho grupo químico todavía fueron formulados y utilizados en el país durante más de dos décadas para uso en la preservación de madera (heptacloro, prohibido en 2004; lindano y pentaclorofenol, prohibidos en 2007). Los productos organoclorados y sus subproductos todavía son detectados en suelo, y en cuerpos de agua durante mucho tiempo debido a su elevada persistencia en el medio ambiente (ALVES *et al.*, 2010; ANDREOLI, *et al.* 2000).

La principal fuente de contaminación de las aguas por agrotóxicos es su aplicación en las áreas agrícolas, pero accidentes en industrias que producen estos productos, y accidentes en carreteras durante el transporte también pueden causar impacto significativo. En 2008 se constató un accidente en el procedimiento de envase del pesticida endosulfan en la industria Servatis ubicada en Resende (RJ), ocasionando el lanzamiento de al menos ocho mil litros de este producto al río Pirapetinga, afluente del río Paraíba do Sul. Fueron afectados alrededor del 500 km del río Paraíba do Sul entre la ciudad de Resende y su desembocadura, lo que causó la muerte de centenares de toneladas de pescados y la suspensión del abastecimiento doméstico en diversas ciudades.

Poluentes Orgánicos Persistentes

Existen pocos estudios sobre la presencia de Poluentes Orgánicos Persistentes POPs en ambientes acuáticos en Brasil. Los datos analizados de agua, sedimentos y organismos acuáticos en el río Cubatão y en los estuarios de Santos y São Vicente (Estado de São Paulo) por la Cetesb, indicaron la presencia de Bifenilas Policloradas en todos los puntos evaluados, sugiriendo una contribución difusa de dichos

contaminantes para el medio acuático, habiendo sido detectadas concentraciones en los sedimentos de algunos puntos por encima del límite que causa efecto tóxico a la biota. La acumulación de PCBs en algunos organismos recolectados en el estuario de Santos fue observada especialmente en seres sésiles y filtradores (ostras y mejillones), ocurriendo algunos valores por encima del criterio para consumo humano (CETESB, 2001).

Con relación a dioxinas y furanos, los sedimentos del estuario de Santos presentaron los mayores valores de equivalentes tóxicos totales cuando son comparados con las demás zonas estudiadas, siendo este hecho probablemente debido a la proximidad de fuentes de combustión (CETESB, 2001).

Con relación a los agrotóxicos que son POPs (Aldrin, Clordano, DDT, Dieldrin, Endrin, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno), algunos de los principales estudios que detectaron su presencia en aguas superficiales brasileñas ya fueron presentados en el punto referente a los agrotóxicos.

Introducción de Especies Exóticas

El principal indicador del impacto de la introducción de especies exóticas es la presencia del mejillón dorado en aguas interiores. La Figura 23 representa la evolución de la presencia del mejillón dorado en las aguas interiores de la Cuenca del Plata, donde se observa que este organismo ya se encuentra en las regiones hidrográficas de Paraná, Paraguai y Atlântico Sul.

Los principales problemas causados por el mejillón dorado consisten en la reducción del diámetro de cañerías por su obstrucción, aumento del proceso de corrosión, reducción de la velocidad del flujo de agua en cañerías. Además, la presencia del mejillón dorado causa perjuicios para el abastecimiento de agua,



Incrustación en cañerías de mejillón dorado

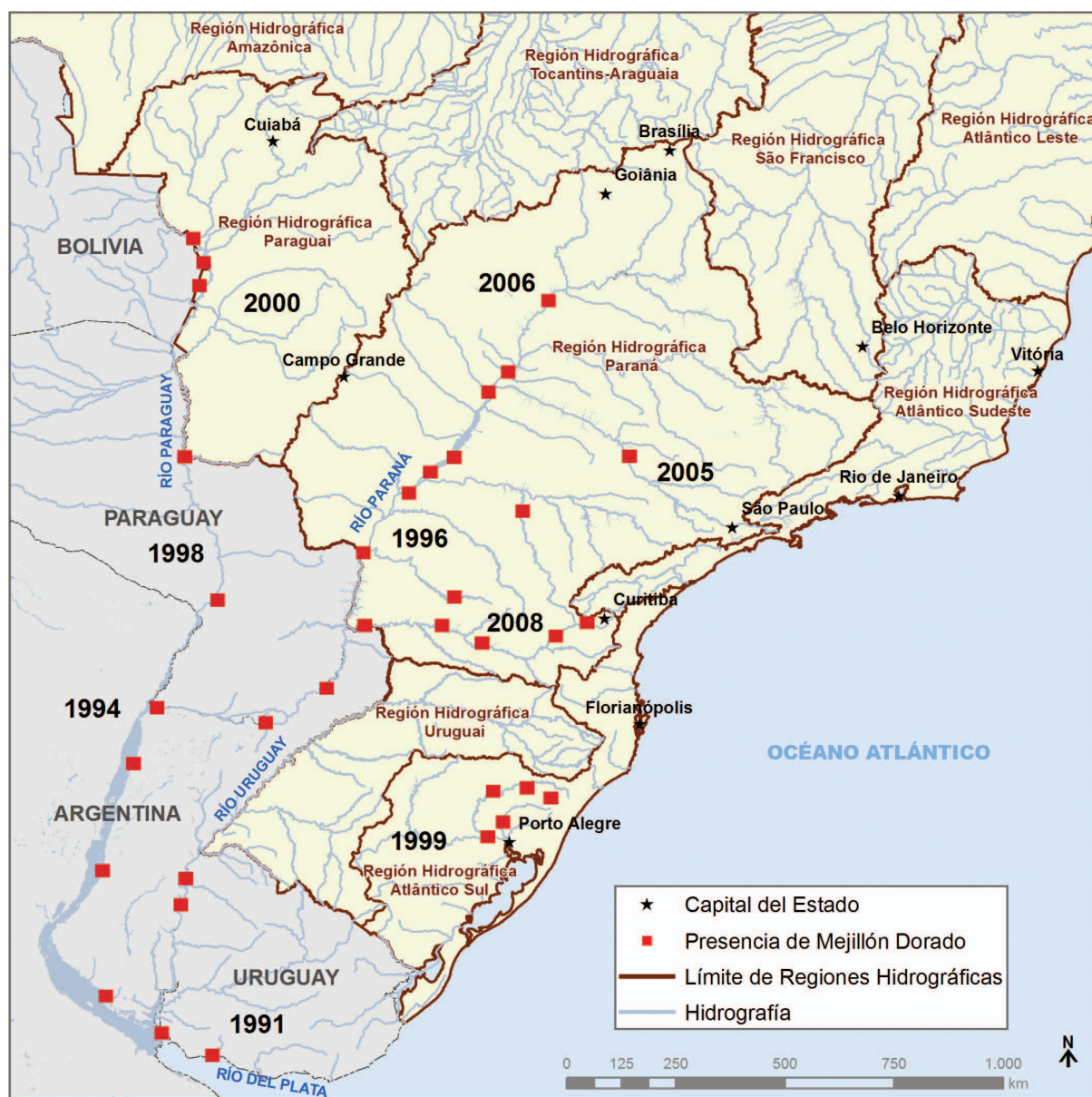
captación para irrigación, drenaje pluvial, sistemas de enfriamiento de industrias y usinas hidroeléctricas, estructuras flotantes (por exceso de peso) y motores de barcos (por súper calentamiento).

Disruptores endocrinos

Estudios sobre la presencia de disruptores endocrinos en las aguas superficiales todavía son escasos en Brasil, ya que su detección exige métodos analíticos sofisticados en función de la pequeña concentración en que estas sustancias se presentan en el agua, efluentes y sedimentos. De esta manera, todavía no es posible realizar un diagnóstico más comple-

to sobre la presencia de disruptores endocrinos en aguas superficiales.

Algunos estudios han investigado la presencia principalmente de estrógenos en aguas destinadas al consumo humano (agua bruta y tratada) y en efluentes tratados en el Estado de São Paulo (GHISELLI, 2006; GEROLIN, 2008; GUIMARÃES, 2008). TERNES *et al* (1999) estudiaron las concentraciones de estrógenos en la ETASD Penha, en Rio de Janeiro, así como sus reducciones después del empleo de diferentes métodos de tratamiento. En otro estudio realizado en Rio de Janeiro, en las cuencas del río Paraíba do Sul y Guandu, se han detectado disruptores endocrinos de origen industrial, principalmente aromáticos policíclicos (TORRES, 2012).



Fuentes: EMBRAPA (2004) Y VERMULM JÚNIOR & GIAMAS (2008).

Figura 23 - Evolución de la Presencia del Mejillón Dorado en las Aguas Interiores de la Cuenca del Plata

6 RESPUESTAS PARA LAS PRESIONES SOBRE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Las respuestas que la administración pública, los sectores usuarios del agua y la sociedad civil han dado a la degradación de la calidad de las aguas superficiales, son notadas de forma más significativa por medio de acciones de gestión tales como la elaboración de políticas públicas, ejecución de programas, acciones y obras de protección del medio ambiente.

Tanto las entidades gubernamentales de la Unión, como de las Unidades de la Federación, así como los actores de los Comités de Cuencas Hidrográficas y la iniciativa privada han producido respuestas específicas destinadas al mejoramiento de la calidad de las aguas, entre las cuales podemos subrayar el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), el Plan Nacional de Saneamiento Básico (Plansab), Planes de Recursos Hídricos de Cuencas Hidrográficas (PRH), programas gubernamentales como el Programa Nacional de Descontaminación de Cuencas Hidrográficas (Prodes) y el Programa de Aceleración del Crecimiento (PAC), además de Términos de Ajuste de Conducta (TAC).

A continuación, se describen resumidamente algunas de esas acciones de alcance nacional. Este no es un análisis exhaustivo de todas las acciones relacionadas con el tema calidad de las aguas superficiales, sino un intento de sintetizar las principales acciones en el ámbito nacional.

6.1 Legislación

Desde la edición del Código de las Aguas de 1934 que establecía en su artículo n° 109 que “a nadie es lícito ensuciar o contaminar las aguas que no consume, con perjuicio de terceros” fue realizado un gran esfuerzo para actualizar y ampliar la legislación relativa a la calidad de las aguas.

En este proceso se destaca la Ley n° 9.433/1997, conocida como Ley de las Aguas, que plantea como uno de los objetivos de la Política Nacional de Recursos Hídricos “... asegurar a la actual y a las futuras generaciones la necesaria disponibilidad de agua, con estándares de calidad adecuados a los respectivos usos” y la Ley n° 9.605/1998, conocida como Ley de

Crímenes Ambientales, que estableció sanciones penales y administrativas relacionadas a la contaminación de los cuerpos de agua.

Varios sectores (ej: recursos hídricos, saneamiento, salud) cuentan con normas legales relacionadas con la calidad de las aguas superficiales. A continuación, son presentadas algunas de ellas, de manera resumida.

Resoluciones del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Las principales normas para la gestión de la calidad de las aguas superficiales de Brasil son establecidas por Resoluciones del Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

La Resolución Conama n° 357/2005, ya mencionada en la Metodología estableció la clasificación de los cuerpos de agua dulce en cinco clases y las directrices ambientales para su conformidad con los objetivos de calidad. En 2011, esta resolución fue modificada y complementada por la Resolución Conama n° 430/2011 en lo que se refiere a las condiciones y a los estándares de lanzamiento de efluentes en cuerpos de agua.

Los criterios y estándares de utilización para actividades típicas de balnearios (recreación de contacto primario) de aguas dulces, salobres y salinas son establecidos por la Resolución Conama n° 274/2000.

En 2005, la Resolución Conama n° 359 estableció criterios para la utilización de fósforo en la formulación de detergente sin polvo para uso en el mercado nacional, con miras a la reducción y eventual eliminación de la aportación de fósforo de esta fuente en los cuerpos de agua.

Con relación al Consejo Nacional de Recursos Hídricos, se destaca la Resolución n° 16/2001 que establece criterios para el otorgamiento de derecho de uso de recursos hídricos, y la Resolución n° 91/2008 que establece los procedimientos generales para el esta-

blecimiento de los objetivos de calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

Además de éstas, otras resoluciones del Conama y del CNRH se relacionan directa o indirectamente con la cuestión de la calidad de las aguas, tales como las que establecen criterios para el otorgamiento de lanzamiento de efluentes con fines de dilución en cuerpos de agua superficiales, monitoreo, reutilización de agua y licenciamiento de actividades contaminantes.

Saneamiento

En el 2007 fue promulgada la nueva Ley que establece directrices nacionales para el saneamiento básico y para la política federal de saneamiento básico en Brasil (Ley n° 11.445/2007). La Ley enuncia los principios fundamentales, según los cuales la prestación de los servicios de saneamiento básico debe verificar, entre ellos, la universalización y la prestación de los servicios de formas adecuadas a la salud pública, a la protección del medio ambiente y la eficiencia y sostenibilidad económica.

La Ley evidencia el concepto de progresividad para el logro de la conformidad con los objetivos de calidad, al establecer metas para que la calidad de los efluentes de unidades de tratamiento de aguas servidas domésticas sanitarias se ajuste a los estándares de las clases de los cuerpos hídricos en que sean lanzados. Recientemente, la Ley n° 12.305/2010, instituyó la Política Nacional de Residuos Sólidos. Entre sus objetivos está también la protección de la salud pública y de la calidad ambiental. Mediante la definición de directrices para la elaboración de Planes de Residuos Sólidos, la legislación contribuye también como elemento orientador para la elaboración de Planes y Programas dirigidos a mejorar el sector.

Agrotóxicos

Las acciones de control de los agrotóxicos implican las áreas de salud, medio ambiente y agricultura. La Ley Federal n° 7.802/1989, reglamentada por el Decreto n° 4074, del 04 de Enero de 2002, determinó que los agrotóxicos solamente puedan ser investigados, producidos, exportados, importados, comercializados y utilizados en el caso de que su registro haya sido concedido después de aprobación previa

de los órganos federales competentes. Para la concesión de ese registro, los productos deben obedecer directrices y exigencias de los órganos federales responsables de los sectores de la salud (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria - Anvisa), del medio ambiente (Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Ibama), y de la agricultura (Ministerio de Agricultura, Pecuaria y Abastecimiento - MAPA).

La Anvisa ha preparado la nueva evaluación toxicológica de ingredientes activos utilizados en Brasil. En 2008, fueron reevaluados 14 ingredientes activos utilizados en la composición de más de 200 fórmulas de agrotóxicos, algunos de ellos prohibidos en otros países e instituyó una Comisión Técnica con esa finalidad, con representantes de la Anvisa, Ibama y MAPA. De dichos ingredientes, esta Comisión ya publicó la decisión de retirar del mercado brasileño al Endosulfan, Metamidofos, Cihexatina, y Tricloform.

Con relación al monitoreo, es necesario establecer programas para la evaluación de los niveles de agrotóxicos en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un programa de monitoreo de agrotóxicos exige rutinas de laboratorio y de campo altamente flexibles, capaces de responder a los períodos de aplicación de los productos de interés, que puedan analizar muestras de la matriz apropiada (agua, sedimento, biota), que sean capaces de utilizar límites de detección que sean apropiados para la protección de la salud humana y la protección de los ecosistemas, y que puedan discriminar, entre los agrotóxicos, cuáles están en uso actualmente y cuáles son un registro histórico del uso pasado (FAO, 1996).

Finalmente, se debe observar que existen principios activos de agrotóxicos en el mercado brasileño, algunos de ellos identificados por la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa) con alto potencial de llegar a los cuerpos de agua, que no presentan en la legislación brasileña los estándares de límite máximo aceptable en agua (EMBRAPA, 2007). Con miras a actualizar esas normas, es necesario desarrollar estándares de calidad del agua para estos agrotóxicos (CETESB, 2010 b).

Sector de Salud

La Disposición Ministerial n° 2.914/2011 del Ministerio de Salud dispone sobre los procedimientos de control y de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano y su estándar de potabilidad, y hace que sea obligatorio el seguimiento de cianobacterias en los puntos de captación de los manantiales superficiales. Esta disposición ministerial veda el uso de algicidas para el control del crecimiento de microalgas y cianobacterias en el manantial de abastecimiento o cualquier intervención que provoque la lisis de las células para evitar la liberación de mayores cantidades de toxinas en el agua. De esta forma, la prevención de floraciones es el abordaje más indicado, siendo adoptado para evitar los problemas potenciales de toxicidad y de gusto y olor del agua. La prevención de dichos acontecimientos pasa por el manejo adecuado de la cuenca hidrográfica en su conjunto y busca reducir la aportación de nutrientes en los cuerpos de agua, con medidas de saneamiento, control del uso de fertilizantes agrícolas y mantenimiento de la vegetación marginal de los ríos y lagos.

Introducción de Especies Exóticas

Para evitar la introducción de especies exóticas, la Resolución n° 217/2001 de la Anvisa estableció que el lanzamiento del agua de lastre captada en área geográfica considerada como de riesgo para la salud pública o para el medio ambiente, queda condicionado a la autorización previa de la autoridad sanitaria, después de haber sido oído el Órgano Federal de Medio Ambiente y la autoridad marítima, y toda embarcación se supedita a la recogida de muestras de agua de lastre para análisis. La Norma 20 del Directorio de Puertos y Costas de la Marina de Brasil determina que los cambios del agua de lastre deben ser realizados a por lo menos 200 millas náuticas de la tierra más próxima, y también en aguas con por lo menos 200 metros de profundidad, y el cambio debe ser realizado con una eficiencia de, como mínimo, el 95%.

La presencia del mejillón dorado en reservorios llevó a las empresas del sector eléctrico a adoptar acciones de control y prevención para impedir los impactos de este organismo. La preocupación con este tema ha hecho que, en 2003, el gobierno brasileño, a través del Ministerio de Medio Ambiente, crease

la Fuerza Tarea Nacional para el Control del mejillón dorado (Disposición Ministerial n°494, del 22 de diciembre de 2003), que contó con la representación de diversas instituciones con el objetivo de evaluar las medidas de control, en carácter de emergencia, a efectos de reducir su expansión y concentración en todo el territorio nacional.

Poluentes Orgánicos Persistentes

En 2001, el Gobierno Brasileño firmó la Convención de Estocolmo sobre Poluentes Orgánicos Persistentes (POPs). Esta convención tuvo el objetivo de promover la protección de la salud humana y del medio ambiente contra los efectos de los POPs. La Convención entró en vigencia internacional el 24 de febrero de 2004 y el 07 de mayo del mismo año, el Congreso Nacional aprobó esta Convención por medio del Decreto Legislativo n° 204. Al año siguiente, la Convención fue promulgada por Brasil a través del Decreto n° 5.472/2005. El primer inventario nacional sobre la emisión de dioxinas y furanos fue realizado en 2011. Ésta fue una de las tareas asumidas por Brasil como signatario de la Convención de Estocolmo.

6.2 Planificación

Las acciones de planificación sobre la calidad de las aguas también ocurren en varios sectores (medio ambiente, saneamiento, recursos hídricos, entre otros). A continuación son descritas, de manera resumida, las principales acciones en esta área.

Planes de recursos Hídricos y Objetivos de Calidad del Agua

Entre los diversos instrumentos definidos en la Ley n° 9.433/97 están los Planes de Recursos Hídricos y los Objetivos de Calidad del Agua. Los planes de recursos hídricos son desarrollados en tres niveles: nacional, estadual y de cuenca hidrográfica.

Plan Nacional de Recursos Hídricos

El Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) fue coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente, aprobado por la Resolución n° 58 del Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) en 2006. Su primera revisión fue aprobada por el CNRH por la Resolución n° 135/2011. El PNRH fue elaborado con un

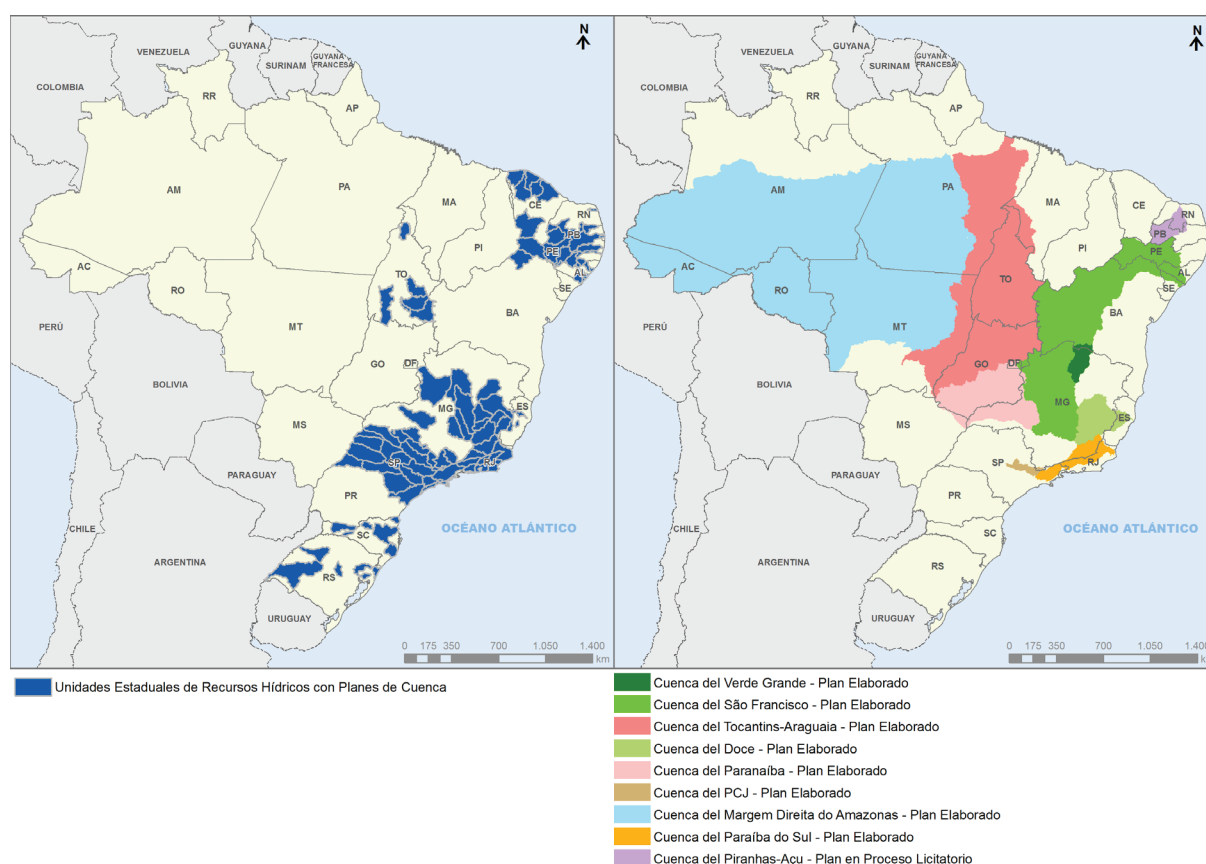
amplio proceso de planificación participativa y tiene el objetivo de “establecer un pacto nacional para la definición de directrices y políticas públicas dirigidas al mejoramiento de la oferta del agua, en cantidad y calidad, gerenciando las demandas y considerando al agua como un elemento estructurante para la implementación de las políticas sectoriales, desde el punto de vista del desarrollo sostenible y de la inclusión social” (BRASIL, 2006a).

El Plan Nacional de Recursos Hídricos definió en su revisión 22 prioridades para el período 2012-2015. Entre estas prioridades se destacan tres que están directamente relacionadas con la calidad del agua: estructuración, ampliación y mantenimiento del monitoreo hidrológico nacional; apoyo a los objetivos de calidad del agua y recuperación y conservación de cuencas hidrográficas en áreas urbanas y rurales. La revisión del PNRH innova al presentar la compatibilización de las 22 prioridades mencionadas en el PNRH con la planificación del gobierno federal explicitada en el Plan Plurianual (PPA 2012-2015) (BRASIL, 2011e).

Planes Estaduales de Recursos Hídricos y Planes de Cuencas Hidrográficas

Son los planes estaduales y los planes de cuencas hidrográficas que definen las prioridades para las inversiones en la cuenca, los otorgamientos para el uso de los recursos hídricos, los criterios principales para la cobranza por el uso del agua y los objetivos de calidad del agua. Le corresponde al respectivo Comité de Cuenca Hidrográfica y a su brazo ejecutivo, la Agencia de Agua, la tarea de aprobar y hacer el seguimiento de la ejecución del plan, proponiendo sugerencias y alternativas para las metas propuestas en él (BRASIL, 2006a).

Entre las 12 regiones hidrográficas de Brasil, ya fueron desarrollados planes de recursos hídricos para las RH del São Francisco, Tocantins-Araguaia, entre otros planes de alcance de cuencas interestaduais (Figura 24a). Casi todos los Estados de Brasil ya tienen sus planes estaduales y es creciente la realización de planes de cuencas, principalmente de las que tienen problemas cuali-cuantitativos y donde existen conflictos instalados por el uso del agua (Figura 24b).



Fuentes: ANA (2012).

Figura 24 - (a) Situación de los Planes de Cuenca en Unidades Estaduales de Recursos Hídricos en 2011; (b) Situación de los Planes de Cuencas Interestaduais en 2011

Objetivos de calidad del agua

El establecimiento de los objetivos de calidad es el principal referencial para su gestión y debe ser el resultado final de un proceso que tome en cuenta factores ambientales, sociales y económicos (MARGULIS *et al.*, 2002).

El primer sistema de establecimiento de los objetivos de calidad del agua en la esfera federal fue la Disposición Ministerial n° 013, del 15 de Enero de 1976, del Ministerio del Interior (BRASIL, 1976). Después de su edición, algunos Estados llevaron a cabo la conformidad con los objetivos de calidad de sus cuerpos de agua: São Paulo (1977), Alagoas (1978), Santa Catarina (1979), Rio Grande do Norte (1984), Paraíba (1988), Paraná (entre 1989 e 1991), Rio Grande do Sul (entre 1994 e 1998), Minas Gerais (entre 1994 e 1998), Bahia (1995 e 1998) y Mato Grosso do Sul (1997) (ANA, 2007).

Estos objetivos de calidad del agua fueron definidos entre las décadas de 1970 y 1990 normalmente no contaron con la participación social y no presentaron los costos, plazos y responsabilidades asociados con las metas de calidad. En términos generales, los órganos gestores han colocado el foco en los estándares de emisión de efluentes, y los objetivos de calidad sirvieron principalmente como referencia para las acciones de licenciamiento y de monitoreo ambiental.

En 1997, mediante la edición de la Ley Federal n° 9.433, los objetivos de calidad pasaron a ser un instrumento de la Política Nacional de Recursos Hídricos, representando un eslabón entre el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos y el Sistema Nacional de Medio Ambiente. Las propuestas de los objetivos de calidad pasaron a ser una atribución de los Comités de Cuenca y deben poseer un Programa de Efectivación que detalle las acciones previstas, sus costos y los plazos de implementación.

En 2005 la Resolución CONAMA n° 357 representó un avance para el tema al establecer que los objetivos de calidad expresan metas finales a ser logradas, pudiendo ser fijadas metas progresivas intermediarias, obligatorias, con miras a su efectivación.

Durante los últimos años, diversas propuestas de objetivos de calidad han sido elaboradas por los Comi-

tés de Cuenca y, ante su ausencia, por los órganos gestores, principalmente en el ámbito de la elaboración de los Planes de Cuenca. Entre ellas se destacan las cuencas de los ríos São Francisco, PCJ (Piracicaba, Capivari y Jundiaí), Tocantins-Araguaia, Dulce, Itajaí, Verde Grande, Gravataí, Caí y Guandu.

A pesar de la reanudación de los objetivos de calidad como instrumento de planificación observada en los últimos años, su efectiva implementación dependerá de fuerte articulación con el Sector de Saneamiento, ya que en la mayoría de las cuencas brasileñas la principal fuente de contaminación de las aguas son las aguas servidas domésticas. Uno de los principales retos para la efectivación de los objetivos de calidad de los cuerpos de agua es hacer que los planes de saneamiento sean compatibles con los planes de las cuencas hidrográficas y sus respectivos objetivos de calidad.

Plano Nacional de Saneamiento Básico (Plansab)

El Plansab es el resultado de un proceso planificado en tres etapas y se encuentra en elaboración.: i) la formulación del “Pacto por el Saneamiento Básico: más salud, calidad de vida y ciudadanía”, que señala el comienzo del proceso participativo de elaboración del Plan en 2008; ii) la elaboración del “Panorama del Saneamiento Básico en Brasil”, lanzado en 2011 y; iii) la “Consulta Pública”, que presenta la versión preliminar del Plan a la sociedad, con miras a promover una amplia discusión con miras a la consolidación de su forma final para posteriores derivaciones y ejecución (BRASIL, 2011b).

El reto de la universalización de los servicios de saneamiento básico está planteado para el suministro de agua potable y de recolección de residuos domiciliarios en todas las áreas urbanas, en 2020 y 2030 respectivamente. En lo que se refiere al alcantarillado sanitario, las metas prevén una reducción significativa de la cantidad de domicilios no servidos por red colectora o pozo negro, además de un aumento considerable del porcentaje de tratamiento de las aguas servidas domésticas recogidas. Además, está contemplada la cuestión de la erradicación de los basurales en el país hasta 2014, en observancia de la Política Nacional de Residuos Sólidos (BRASIL, 2011b).

Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de Agua para Consumo Humano

La vigilancia de la calidad del agua para consumo humano es una atribución del Sector Salud y consiste en un conjunto de acciones a ser adoptadas por las autoridades de salud pública con el objetivo de garantizar que el agua consumida por la población cumpla con el estándar y las normas establecidas en la legislación vigente.

En 1999 la Secretaría de Vigilancia en Salud, del Ministerio de Salud, por medio de la Coordinación General de Vigilancia en Salud Ambiental, (CGVAM) inició la implementación y coordinación del Programa Nacional de Vigilancia en Salud Ambiental Relacionada a la Calidad del Agua para Consumo Humano (Vigiagua).

El Programa Vigiagua establece acciones y estrategias para la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, por parte de las tres esferas gubernamentales del sector salud (federal, estadual y municipal), obedeciendo, de esta forma, a los principios que orientan al Sistema Único de Salud (SUS) en Brasil.

Entre los objetivos del Vigiagua están el monitoreo sistemático de la calidad del agua consumida por la población, reducir la morbi-mortalidad por enfermedades y agravamientos de transmisión hídrica, informar a la población sobre la calidad del agua y riesgos para la salud, evaluar y gerenciar el riesgo para la salud de las condiciones sanitarias de las diferentes formas de abastecimiento de agua y buscar el mejoramiento de las condiciones sanitarias de las diferentes formas de abastecimiento de agua para consumo humano. Otro objetivo del Vigiagua es coordinar el Sistema de Información de Vigilancia de la Calidad del Agua (Sisagua).

Plan Nacional de Residuos Sólidos

La Política Nacional de Residuos Sólidos, creada por la Ley n° 12.305/2010 y reglamentada por el decreto n° 7.404/2010 creó, como uno de sus principales instrumentos, el Plan Nacional de Residuos Sólidos. El Decreto anteriormente mencionado estableció la obligatoriedad de elaboración de una Versión Preliminar del Plan que será colocada en discusión con

la sociedad civil, a través de la participación democrática de todos en las decisiones que implican los cambios necesarios. El texto pasó por un proceso de consulta pública, culminando en la última audiencia, en Brasília, hacia fines de 2011.

El resultado de las consultas públicas es un documento visto como un nuevo pacto entre el gobierno y la sociedad civil, que contempla los diversos tipos de residuos generados, alternativas de gestión, metas para diferentes escenarios, programas, proyectos y acciones correspondientes, para el cumplimiento de la Política Nacional de Residuos Sólidos.

Los conceptos y propuestas presentados en el Plan consideran la interfaz entre los diversos sectores de la economía, compatibilizando las dimensiones económica, ambiental y social con el desarrollo sostenible. El Plan también mantiene estrecha relación con otros instrumentos relacionados con el tema ambiental, tales como el Plan Nacional de Transformaciones del Clima (PNMC), el Plan Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), el Plan Nacional de Saneamiento Básico (Plansab) y el Plan de Acción para la Producción y el Consumo Sostenible (PPCS).

6.3 Monitoreo

Las principales fuentes de información sobre la calidad de las aguas en el país son los órganos estatales gestores de recursos hídricos y los órganos estaduais de medio ambiente. Además, las empresas operadoras de sistemas de abastecimiento público están obligadas a monitorear sus manantiales y los operadores de hidroeléctricas a monitorear sus respectivos reservorios. Las industrias también realizan el monitoreo de sus efluentes y, en algunos casos, también de los cuerpos de agua receptores. Además de éstas, actividades de monitoreo voluntario con la sociedad también son realizadas por Organizaciones no Gubernamentales y algunas entidades de gobierno.

El Programa Nacional de Evaluación de la Calidad de las Aguas (PNQA), ya descrito en el capítulo 2, es una de las principales acciones en curso en el país que busca integrar los datos existentes de calidad del agua superficial para lograr un análisis efectivo y

un mejor conocimiento actual de la evolución de las tendencias de la calidad del agua en todo el territorio nacional. Entre las realizaciones del PNQA se destaca la “Guía Nacional de Recogida y Preservación de Muestras de Agua, Sedimento, Comunidades Acuáticas y Efluentes Líquidos”.

Otra acción importante fue la Resolución Conjunta ANEEL-ANA n° 3, del 10 de Agosto de 2010, que estableció las condiciones y los procedimientos a ser observados por los concesionarios y autorizados de generación de energía hidroeléctrica para la instalación, operación y mantenimiento de estaciones hidrométricas con miras al monitoreo pluviométrico, limnométrico, fluviométrico, sedimentométrico y de calidad del agua asociado a aprovechamientos hidroeléctricos, y definió los parámetros de calidad del agua a ser monitoreados en aprovechamientos hidroeléctricos con área inundada superior a 3 km².

Con relación al monitoreo de las operadoras de abastecimiento público, le corresponde a la Disposición Ministerial n° 2.914 del Ministerio de Salud, del 12 de Diciembre de 2011 disponer sobre los procedimientos de control y de vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

En lo que se refiere al monitoreo de agrotóxicos, cabe reconocer que hay un conjunto de evidencias, no suficientemente sistematizadas, careciendo de un programa propio de monitoreo. Ese programa deberá ser concebido e implantado tomando en cuenta los principios activos con mayor consumo y mayor potencial de transporte para los cuerpos de agua superficiales y las cuencas en que su consumo es más intenso. Otros agrotóxicos con menor consumo en escala nacional y con alto potencial de transporte hacia las aguas superficiales también pueden tener un impacto en escala regional o local.

Actualmente hay conciencia de que el foco apenas en indicadores físico-químicos de calidad del agua es insuficiente para evaluar la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, además del reto de aumentar el número de puntos de monitoreo, estandarizar los protocolos e integrar las informaciones de calidad del agua, también es necesario avanzar en materia de utilización de nuevos indicadores. Entre ellos se destacan los bioindicadores y los ensayos ecotoxicológicos, ambos previstos por la Resolución Conama

n° 357/2005. Actualmente, los Estados de São Paulo (Compañía Ambiental del Estado de São Paulo), Minas Gerais (Instituto Minero de Gestión de las Aguas) y Paraná (Instituto Ambiental de Paraná) ya utilizan bioindicadores en sus programas de seguimiento.

El uso de ensayos ecotoxicológicos también es muy efectivo en la evaluación y control de calidad de lanzamiento de efluentes y en el análisis con miras a la protección y preservación de las comunidades acuáticas. Estos ensayos consisten en la determinación del potencial tóxico de un agente químico o de una mezcla compleja sobre los organismos acuáticos. Actualmente, los Estados de Minas Gerais y São Paulo realizan ensayos ecotoxicológicos en sus redes de monitoreo. Los Estados de Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, São Paulo y Rio de Janeiro ya establecieron en la legislación, criterios y estándares de toxicidad para lanzamiento de efluentes, fijando límites basados en la carga tóxica del efluente y en la capacidad de soporte del cuerpo receptor.

Así como en los ítems anteriores referentes a la legislación y a la planificación, nuevamente se observa que una gran variedad de actores realiza el monitoreo de la calidad del agua. El gran reto planteado en este momento con relación al monitoreo es la integración de estas informaciones con miras a realizar diagnósticos más completos, los cuales suministrarán subsidios para una gestión más apropiada.

Otra cuestión que debe ser abordada durante los próximos años es la adopción de criterios comunes y la integración del monitoreo de la calidad de las aguas con los países fronterizos en el ámbito del Tratado de la Cuenca del Plata y del Tratado de Cooperación Amazónica.

6.4 Acciones estructurales

Los resultados del Índice de Calidad de las Aguas y del Índice de Estado Trófico revelan que el principal problema de calidad de las aguas superficiales en Brasil es el lanzamiento de aguas servidas domésticas, consecuencia de los bajos niveles de recolección y tratamiento.

Una expansión de áreas atendidas por saneamiento es esencial para la recuperación de los cuerpos de agua de Brasil, principalmente de los que están ubicados en áreas urbanas. El tratamiento de aguas servidas domésticas a nivel terciario, con retirada del

nutriente fósforo, es necesario para controlar procesos de eutrofización ya existentes y prevenir nuevos procesos. Esos objetivos son logrados solamente mediante la realización de acciones estructurales.

En los últimos años, el sector de saneamiento está retomando sus inversiones. Cabe subrayar, inicialmente, la importancia de la legislación del sector que se ha desarrollado para responder a las demandas ambientales, el desarrollo tecnológico y los cambios en la economía, con la Ley n° 11.445/2007 que establece directrices nacionales para el saneamiento básico y para la política federal de saneamiento básico en

Brasil y la Ley n° 12.305/2010 que instituyó la Política Nacional de Residuos Sólidos.

Además de la parte legal, importantes programas que implican acciones de saneamiento han sido implantados por los gobiernos federal (destacándose el Programa de Aceleración del Crecimiento - PAC), estaduais y municipales, ya sea por medio de recursos onerosos o no, recursos propios o por medio de préstamos obtenidos en los organismos internacionales, tales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Internacional para Reconstrucción y Desarrollo (BIRD) (Figura 25).



Fuente: MINISTERIO DE PLANEAMIENTO, PRESUPUESTO Y GESTIÓN Y PRODES/ANA. Elaboración Propia

Figura 25 - Localización de las inversiones más significativas en Saneamiento y Proyectos de Descontaminación

Otra forma de respuesta de la sociedad, relativa a la calidad de las aguas, se concretiza por medio de programas de descontaminación de ríos que pueden ser entendidos, de manera general, como conjuntos de acciones y articulaciones en el área de saneamiento básico y socioambiental. El objetivo es recuperar la calidad de los recursos hídricos, con el objetivo de elevar las condiciones sanitarias y ambientales en la cuenca hidrográfica, con impacto positivo en la calidad de vida de la población local. Entre los principales programas de descontaminación de Brasil están el Prodes, el Proyecto Tietê, el Programa Manantiales, el Programa de Descontaminación de la Bahía de Guanabara y el Programa de Revitalización del río Velhas, entre otros.

Se observa que, localmente, diversas acciones dirigidas al mejoramiento de la calidad de las aguas han sido implantadas con éxito en Brasil, además de las relativas al saneamiento básico, como acciones de reforestación, control de la erosión y de la deforestación. Esas acciones son realizadas con el esfuerzo de la sociedad civil organizada, tales como los Comités de Cuencas Hidrográficas y de las organizaciones no gubernamentales (ONG) y son capaces de revertir situaciones locales críticas.

6.5 Síntesis de las inversiones en acciones de descontaminación de los recursos hídricos superficiales

Además de la identificación de las acciones estructurales en curso, dirigidas a la descontaminación de los recursos hídricos superficiales que ocurren en Brasil, se buscó cuantificar, en líneas generales, los valores asociados a las acciones concluidas desde 2001 y las que cuentan con recursos ya asegurados.

A pesar de que estas cifras no puedan ser comparadas entre sí debido al desfase temporal, a las metodologías y criterios adoptados para el cálculo y, principalmente, debido a las diferencias entre la propuesta de cada acción, ellos son indicativos de la escala de dimensiones. Cabe también observar que otras inversiones en saneamiento son realizadas en Brasil con recursos provenientes de la iniciativa privada, de recursos propios de las prestadoras de servicios y, en menor escala, de los ayuntamientos y gobiernos estatales, recursos no computados en esta resumida

estimación. Se observa que los valores referentes a los programas de saneamiento y descontaminación también toman en cuenta acciones destinadas al drenaje urbano, sistema vial, reasentamiento de familias, disposición final de residuos sólidos, entre otras acciones de reurbanización, además de las de alcantarillado sanitario.

El Atlas de Abastecimiento Urbano de Agua realizó un estudio de las inversiones necesarias para la implementación de redes colectoras y de ETASD con miras a la protección de manantiales superficiales utilizados como fuente de captación para abastecimiento urbano. Fueron propuestas inversiones para el 52% de las sedes municipales de Brasil totalizando R\$ 47,82 mil millones en valores de 2010. El 77% de dichas inversiones ubicadas en regiones hidrográficas densamente pobladas, como las de Paraná, Atlántico Nordeste Oriental, Atlántico Sul, Atlántico Sudeste e Atlántico Leste. (ANA, 2010b).

Por otro lado, estudios realizados por el Ministerio de las Ciudades, estimaron que las inversiones necesarias para universalizar los servicios de abastecimiento de agua y de alcantarillado sanitario en Brasil hasta 2020, incluyendo recursos para la reposición de las infraestructuras existentes, totalizarían un monto de R\$178,40 mil millones. Sin embargo, al considerar solamente las inversiones en área urbana para universalizar los servicios de recolección y tratamiento de aguas servidas domésticas, ese monto sería del orden de los R\$46,82 mil millones (BRASIL, 2003a). Es posible estimar que, durante el período 2001-2010, los recursos destinados para programas de saneamiento y descontaminación de los recursos hídricos de las regiones hidrográficas brasileñas provenientes tanto de la Unión como de organismos internacionales, destacándose los de mayor importancia, son del orden de R\$52,0 mil millones. El 76% de dichos recursos son provenientes del PAC.

De cierta manera, esos números pueden llevar a una interpretación de que, en el caso de que todas las acciones previstas estén siendo realizadas, será logrado un nivel de descontaminación de los recursos hídricos próximo del necesario, por lo menos con relación al saneamiento en los grandes centros urbanos. Sin embargo, temas relevantes, tales como la eficiencia de las estaciones de tratamiento de aguas servidas do-

méticas implantadas y sus condiciones de operación y mantenimiento, las inversiones necesarias en saneamiento en áreas rurales y necesarias para la disposición final apropiada de los residuos sólidos no están siendo aquí cuantificadas, así como las inversiones necesarias para combatir efectos del uso y ocupación del suelo sobre la calidad de las aguas superficiales. No existe todavía un sistema de evaluación de los resultados de este conjunto de acciones dirigidas para recuperar y mantener la calidad de los cuerpos hídricos. Este sistema deberá ser establecido pro-

gresivamente como una de las consecuencias de la implementación del PNQA. No obstante, al hacer uso del análisis de tendencia del ICA en este documento, fue posible asociar mejoras de la calidad del agua con acciones de gestión realizadas en determinadas cuencas. Este análisis podrá ser ampliado y sistematizado, subsecuentemente, dentro de un sistema de evaluación de la gestión por medio de indicadores de resultados, es decir, de la efectividad de las respuestas ofrecidas.



Río Amazonas en Nhamunda/AM

7 IMPACTOS ECONÓMICOS DE LA DEGRADACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

Los impactos ambientales y sociales de la degradación de la calidad de las aguas tienen reflejos económicos, no siempre mensurados, tales como el aumento del costo de tratamiento de las aguas destinadas al abastecimiento doméstico y al uso industrial, el aumento de costos hospitalarios con internaciones, la pérdida de productividad en la agricultura y en la pecuaria, la reducción de la pesca, la pérdida de la biodiversidad y la pérdida de valores turísticos, culturales y paisajísticos. Un análisis más detallado de estos costos escapa al alcance de este documento. El deterioro de la calidad del agua ocasiona crecientes aumentos de los costos de tratamiento de las aguas destinadas al abastecimiento doméstico, principalmente de los costos asociados al uso de productos químicos. Al proyectar una Estación de Tratamiento de Agua (ETA) se toma en cuenta tanto el volumen de agua que será tratado como la calidad del agua. Cuanto mejor sean los parámetros que indican que el agua es apropiada para pasar por el proceso de potabilización, más simple será el proceso escogido para proceder al tratamiento del agua y, consecuentemente, menores serán los costos de implementación y de operación de la ETA.

En los municipios brasileños que tienen manantiales de abastecimiento protegidos los costos de tratamiento del agua varían de R\$ 0,50 a R\$ 0,80 para cada 1.000 m³ de agua que son tratados. En municipios que tienen manantiales poco preservados los costos

pueden oscilar entre R\$ 35,00 y R\$ 40,00/1.000 m³ (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Con relación a las enfermedades de divulgación hídrica, la reducción de costos relativos a internaciones provocadas por ellas, entre otros beneficios, puede ser significativa, en el caso de que los servicios de saneamiento sean universalizados. En 2009, de los 462 mil pacientes internados por infecciones gastrointestinales, 2.101 murieron en el hospital. En ese año, el costo medio de una internación por infección gastrointestinal en el Sistema Único de Salud (SUS) fue de aproximadamente R\$ 350,00. Eso acarrió gastos públicos de R\$161 millones. Si hubiera acceso universal al saneamiento, habría una reducción del 25% del número de internaciones y del 65% de la mortalidad, significando un ahorro económico expresivo (FGV/ Instituto Trata Brasil, 2010).

La recreación en aguas superficiales, generalmente, es una actividad de bajo costo y muy frecuente en el interior de Brasil, donde los ríos y reservatorios son muy utilizados por la población. Esta actividad desempeña un papel económico importante en algunas regiones y exige agua de buena calidad. La eutrofización, las enfermedades de divulgación hídrica y la pérdida de calidad estética son factores que contribuyen al impacto económico sobre esta actividad (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Autor Desconocido/Banco de imágenes de la COPASA



Estación de Tratamiento de Aguas Servidas Domésticas de Arrudas en Sabara/MG

En las áreas agrícolas, se estima que la pérdida de suelo de cultivos y pasturas causadas por los procesos erosivos genere perjuicios de aproximadamente R\$ 1,31 mil millones/año debido al aumento de los costos de tratamiento del agua, a la reducción de la capacidad de almacenamiento de reservorios y a la reducción de la recarga de acuíferos, entre otros impactos (Hernani *et al.* 2002 apud Pruski, 2006).

El establecimiento de la Política Nacional de Pago por Servicios Ambientales, actualmente en discusión, remuneraría iniciativas dirigidas a la conservación y mejoramiento de la cantidad y de la calidad de las aguas, entre otras acciones. En este sentido, la consideración de los servicios prestados por los ecosistemas acuáticos será un factor importante para su gestión durante los próximos años.

Acciones dirigidas al pago de servicios ambientales ya existen en Brasil. El Programa Productor de Agua, desarrollado por la Agencia Nacional de Aguas, ofrece apoyo, orientación y certificación de proyectos que reducen la erosión y la acumulación de sedimentos de manantiales en áreas rurales, mejorando la calidad del agua y ampliando la regularización de los flujos de salida. Entre las acciones del programa se destacan la reforestación de áreas de preservación permanente y de reserva legal, recuperación y protección de nacientes, readecuación de caminos vecinales y la construcción de terrazas y cuencas de infiltración.

Las áreas con cobertura vegetal preservada, tanto en Unidades de Conservación como en propiedades particulares, desempeñan una función importante en el mantenimiento de la calidad de las aguas, lo que tiene reflejos económicos, por ejemplo, en los sistemas de abastecimiento humano.

Varias ciudades brasileñas dependen total o parcialmente de manantiales de abastecimiento en áreas protegidas. Según Medeiros *et al.* (2011), 34,7% del volumen anual no estacional en 2.727 captaciones de abastecimiento son provenientes de captaciones en Unidades de Conservación o aguas abajo de las mismas.

En São Paulo, la Ley Estadual nº 9.866/97 estableció directrices y normas para protección y recuperación de la calidad ambiental de las cuencas hidrográficas de los manantiales de interés regional para abastecimiento público, a través de la creación de las Áreas de Protección y Recuperación de Manantiales – APRMs. Estas áreas son definidas mediante propuestas de los Comités de Cuenca y deliberación del Consejo Estadual de Recursos Hídricos. Después de la aprobación, son instituidas por ley específica, que es precedida por un Plan de Desarrollo y Protección Ambiental.



Sierra de Amolar/MS

8 RETOS PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La gestión de la calidad del agua en Brasil, históricamente, fue hecha de manera centralizada en los órganos gestores, a través del uso de instrumentos de comando-control y en base a estándares de emisión de efluentes. La implementación del Sistema Nacional de Gestión de Recursos está orientada hacia un sistema descentralizado y participativo que considere, no apenas los instrumentos de comando-control, sino también los instrumentos de planificación (objetivos de calidad del agua, planes de cuenca) e instrumentos económicos (cobranza por la dilución de efluentes, pago por servicios ambientales).

La evolución legal e institucional de la gestión de los recursos hídricos en Brasil a lo largo de los últimos años ha sido significativa. Como ejemplo, en el año 2000, había 58 comités de cuenca instalados y actualmente ya son 178. Les corresponde a los Comités de Cuenca discutir y contribuir a la definición de los objetivos de calidad de las aguas, a través de su clasificación en clases, así como hacer el seguimiento de la implementación de las metas. Este proceso debe ser participativo, con miras a incluir a todos los actores involucrados (sociedad civil, usuarios del agua y órganos gubernamentales) en la discusión sobre los usos deseados para los cuerpos de agua y la respectivas acciones de descontaminación, costos y plazos necesarios, de manera tal que las metas puedan ser logradas.

El mejoramiento de la calidad de las aguas superficiales brasileñas, a lo largo de las próximas décadas, dependerá de un esfuerzo conjunto de varios sectores de la sociedad y demandará recursos significativos. El principal reto se encuentra en el mejoramiento de las condiciones de saneamiento, tomándose en cuenta que la principal fuente de contaminación de las aguas superficiales es el lanzamiento de aguas servidas domésticas. El avance que se desea para la calidad del agua de Brasil en las próximas décadas estará directamente vinculado al aumento de los niveles de recolección y tratamiento de aguas

servidas domésticas. Los diversos programas de descontaminación identificados en este documento son un indicativo de la reanudación de inversiones significativas en el sector de saneamiento.

Actualmente se encuentra en discusión el Plano Nacional de Saneamiento Básico (Plansab), cuya meta es la universalización de los servicios de recolección de los residuos domiciliarios en todas las áreas urbanas antes de 2030. La universalización de este servicio, conjuntamente con el tratamiento de las aguas servidas domésticas, acarreará efectos significativos para la calidad de las aguas. En este sentido, es esencial la evaluación y la divulgación relativa a la calidad de las aguas superficiales para que la sociedad sea informada sobre la evolución de la condición de los cuerpos hídricos.

Varios planes sectoriales tienen impacto sobre la calidad de las aguas, tales como los planes de saneamiento, los planes de recursos hídricos y los planes directores municipales. La articulación entre estos planes es esencial para reducir la fragmentación de políticas públicas.

En las áreas agrícolas, la prevención de la erosión del suelo mediante la adopción de prácticas de manejo y la correcta utilización de fertilizantes y agrotóxicos es esencial para reducir los impactos sobre la calidad de los cuerpos de agua. La implementación de la Política Nacional de Pago por Servicios Ambientales podrá contribuir de manera significativa a mejorar la calidad del agua, a través de incentivos ofrecidos a los propietarios agrícolas para la recuperación y mantenimiento de remanecientes forestales.

En el sector industrial, la reducción del consumo de agua, la adopción de métodos de producción más limpia y el reuso de aguas residuales han producido un impacto significativo en la reducción de efluentes y también permiten obtener lucro económico. Varios ejemplos ya existen en el país y acciones de este tipo deben ser incentivadas.

A lo largo de las próximas décadas los cambios climáticos pueden tener repercusiones sobre la calidad del agua, siendo esencial el monitoreo sistemático de los cuerpos de agua con miras a subsidiar las acciones de gestión y adaptación.

Finalmente, otro reto que se plantea es que Brasil necesita conocer mejor la calidad de sus aguas. En este sentido, la implementación del Programa Nacional de Evaluación de la Calidad del Agua (PNQA) tiene gran importancia para hacer una gestión en base a indicadores que permitan evaluar la efectividad de las acciones sobre la calidad de las aguas.

La amplia divulgación a la población de las informaciones sobre la calidad de las aguas debe ser prioritaria, debiendo ser utilizados, con esta finalidad, los medios y formas de comunicación que permitan su participación en el proceso de mejoramiento y mantenimiento de la calidad de las aguas.

En un País de dimensiones continentales, esta tarea sólo puede ser cumplida mediante la integración de las diversas entidades que realizan el monitoreo y la divulgación de informaciones sobre la calidad de las aguas. Este documento, que contó con el apoyo de entidades de diversas Unidades de la Federación, es una prueba de que esta integración es posible.



Río Iguaçu en Foz do Iguaçu/PR

Zig Koch/ Banco de imágenes de la ANA

BIBLIOGRAFÍA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Plano decenal de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio São Francisco**. Brasília: ANA, 2004a.

_____. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: ANA, 2005a. (Cadernos de Recursos Hídricos, 1).

_____. **Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas-subterrâneas no Brasil**. Brasília: ANA, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos, 5).

_____. **A experiência do Programa Despoluição de Bacias Hidrográficas**: Prodes. Brasília: ANA, 2009a.

_____. **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil, e, Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos**: Snirh no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica. Brasília: ANA, 2009b. (Cadernos de Recursos Hídricos, 6).

_____. **Plano estratégico de recursos hídricos dos afluentes da margem direita do rio Amazonas**. Brasília: ANA, 2010a.

_____. **Atlas Brasil**: abastecimento urbano de água. Brasília: ANA, 2010b.

_____. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil: 2011**. Brasília: ANA, 2011a.

_____. **Conjuntura de recursos hídricos no Brasil: 2011**. Brasília: ANA, 2012.

ALMEIDA, F.V.; CENTENO, A.J.; BISINOTI, M.C.; JARDIM, W.F. Substâncias tóxicas persistentes (STP) no Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 8, p. 1976-1985, 2007.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F. S.; CAMARGO, P. B.; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n.5, p. 1119-1127, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos: 2010**. São Paulo: ABRELPE, 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Tecnologia em primeiro lugar: o Brasil a caminho de se tornar o maior produtor mundial de grãos**. Revista Defesa Vegetal. São Paulo: ANDEF, 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Dimensionamento das necessidades de investimentos para a universalização dos serviços de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil**. Brasília: Ministério das Cidades, 2003a.

_____. **Panorama do saneamento básico no Brasil**: PLANSAB. Brasília: Ministério das Cidades, 2011b.

_____. **SNIS**: diagnóstico de manejo de resíduos sólidos urbanos: 2009. Brasília: Ministério das Cidades, 2010b.

_____. **SNIS - Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (2009)**. Brasília: Ministério das Cidades, 2011c.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano nacional de recursos hídricos: prioridades 2012-2015**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011e.

_____. **Relatório final grupo de monitoramento de fóforo**: grupo de trabalho da resolução CONAMA 359/2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

_____. **Relatório final grupo de monitoramento de fósforo:** grupo de trabalho da resolução CONAMA 359/2005. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2010c.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Quarto relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011f.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. **Indicadores mínimos de qualidade da água para os projetos do PNMA II:** oficina realizada de 2 a 4 de outubro de 2001, em Brasília, DF. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2003c.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano nacional de recursos hídricos:** síntese executiva. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006a.

_____. **Plano nacional de recursos hídricos:** cadernos regionais e setoriais. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de informações hospitalares do SUS:** morbidade hospitalar. Brasília: Ministério da Saúde, 2010a.

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life: CCME Water Quality Index 1.0, User's Manual. In: _____. **Canadian environmental quality guidelines.** Winnipeg: CCME, 2011.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Proposta para derivação de critérios para contaminantes ambientais da agricultura:** relatório final. São Paulo: CETESB, 2010b.

_____. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo: 2008. São Paulo: CETESB, 2009. (Série Relatórios).

_____. **Sistema estuarino de Santos e São Vicente.** São Paulo: CETESB, 2001.

_____. **SIEQ:** sistema de informações sobre emergências químicas da CETESB. São Paulo: CETESB, 2011b. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/estatisticas/estatisticas.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

COSTA M. P., Oliveira R.B.S., Souza M.L. Análise da tendência de qualidade das águas na região hidrográfica do Paraná no período 2000-2009. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL (Brasil). **Sumário mineral brasileiro:** agregados para a construção civil. Brasília: DNPM, 2007.

_____. **Economia mineral no Brasil.** Brasília: DNPM, 2009a.

_____. **Mineração no semiárido brasileiro.** Brasília: DNPM, 2009b.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Potencial de impacto da agricultura sobre os recursos hídricos na região do Cerrado.** Planaltina, DF: EMBRAPA, 2002. (Embrapa Cerrados).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Área de ocorrência do mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) na bacia do Alto Paraguai, entre os anos de 1998 e 2004.** Corumbá, MS: EMBRAPA, 2004.

_____. **Avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos usados no Brasil por modelos screening e planilha eletrônica.** Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio ambiente, 2007.

_____. **Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do rio Muriaé** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **The European environment:** state and outlook 2010. Copenhagen: EEA,

2010.

EYSINK, G.G.J.; COSTA, M.P.; ARAÚJO, R.P. 2000. Melhorias da qualidade ambiental do rio Ribeira de Iguape (SP) com relação à contaminação por metais pesados. SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS: CONSERVAÇÃO, 5., 2000, Vitória. **Anais, Rio de Janeiro 2000**. v. 1, p. 233-242.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Control of water pollution from agriculture**. Rome: FAO, 1996. (FAO irrigation and drainage paper, 55).

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Mapeamento dos espelhos d'água do Brasil**. Fortaleza: Funceme, 2008.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro**. Rio de Janeiro: FGV, 2010.

GEROLIN, Eleonilce Rosa Rossi. **Ocorrência e remoção de disruptores endócrinos em águas utilizadas para abastecimento público de Campinas e Sumaré – SP**. Campinas, SP: [s.n.], 2008.

GHISELLI, G. **Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP)**. 2006. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GUIMARÃES, T. S. **Deteção e quantificação dos hormônios sexuais 17 β estradiol (E2), estriol (E3), estrona (E1) e 17 α etinilestradiol (EE2) em água de abastecimento: estudo de caso da cidade de São Carlos, com vistas ao saneamento ambiental**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma**

abordagem ambiental. Brasília: IBAMA, 2010.

_____. **Relatório de Acidentes Ambientais 2010**. [S. l.]: IBAMA, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa nacional de saneamento básico: PNSB 2000**. Brasília: IBGE, 2000.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico: PNSB 2008**. Brasília: IBGE, 2008.

_____. **Censo Demográfico**. Brasília: IBGE, 2010a.

_____. **Produto interno bruto dos municípios: 2004-2008**. Brasília: IBGE, 2010b.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010c.

_____. **Altas de Saneamento**. Brasília: IBGE, 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. Fourth Assessment Report (AR4).

LAABS, V.; AMELUNG, W.; PINTO, A. A.; WANTZEN, M.; SILVA, C. J.; ZECH, W. Pesticides in surface water, sediment, and rainfall of the Northeastern Pantanal Basin, Brazil. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 1636–1648, 2002.

LAMPARELLI, M.C. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MARCHESAN, E.; SARTORI, G. M. S.; AVILA, L. A.; MACHADO, S. L. O.; ZANELLA, R.; PRIMEL, E. G.; MACEDO, V. R. M.; MARCHEZAN, M. G. Resíduos de agrotóxicos na água de rios da depressão central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.5, p. 1053-1059, 2010.

MARGULIS, S.; HUGHES, G.; GAMBRILL, M.; AZEVEDO, L.G.T. **Brasil: a gestão da qualidade da água: inserção de temas ambientais na agenda do setor hídrico**. Brasília: Banco Mundial, 2002.

Organisation for Economic Co-operation and Development. **Environmental indicators: development, measurement and use**: OECD, 2003.

PRUSKI, F.F. **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa. Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2006.

TERNES, T. A.; STUMPF, M.; MUELLER, J.; HABERES, K.; WILKEN, R.-D.; SERVO, M. Behavior and occurrence of estrogens in municipal sewage treatment plants - I. Investigations in Germany, Canada and Brazil. **Science of the Total Environment**, v.225, n.1/2, p.81-90, 1999.

TORRES, Sérgio. **Poluição por pesticida no Rio Paraíba do Sul (18/11) finalmente na grande imprensa**. Folha de São Paulo, São Paulo, 06/12/2008. Disponível em <<http://sosriosdobrasil.blogspot.com/2008/12/poluio-por-pestici-da-no-rio-paraiba-do.html>>. Acesso el 01/02/2012.

TUCCI, C. E. M.; HESPAHOL, I; CORDEIRO NETTO, O. M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília: UNESCO, 2001.

VERMULM JÚNIOR, H.; GIAMAS, M. T. D. **Ocorrência do mexilhão dourado *limnoperna fortunei* (DUNKER, 1857) (mollusca; bivalvia; mytilidae), no trato digestivo do “armal” *Pterodorasgranulosus* (valenciennes, 1821) (siluriformes; doradidae), do Rio Paraná**. São Paulo: [s.n.], 2008.



Ministerio de
Medio Ambiente



ISBN 978-85-8210-005-9

