



Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo

Sistema Integral de Información Ambiental
de la Cuenca Binacional del Río Bermejo

Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo. - 1a ed.
Buenos Aires : COBINABE, 2010.
110 p. ; 27x22 cm.

ISBN 978-987-25793-1-9

1. Sistema de Información Ambiental. 2. Recursos Naturales.

CDD 333.7

Fecha de catalogación: 15/04/2010



PEA  BERMEJO

PROGRAMA ESTRATÉGICO
DE ACCIÓN PARA LA CUENCA
BINACIONAL DEL RÍO BERMEJO

Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo



ARGENTINA



BOLIVIA

COMISIÓN BINACIONAL PARA EL
DESARROLLO DE LA ALTA CUENCA DEL RÍO
BERMEJO Y EL RÍO GRANDE DE TARIJA

COBINABE



FMAM - GEF
FONDO PARA
EL MEDIO AMBIENTE
MUNDIAL



PNUMA - UNEP
PROGRAMA DE LAS
NACIONES UNIDAS PARA
EL MEDIO AMBIENTE



OEA - OAS
ORGANIZACIÓN
DE LOS ESTADOS
AMERICANOS

Sumario

PRESENTACIÓN	11
PREFACIO	13
RESUMEN EJECUTIVO	17
EXECUTIVE SUMMARY	21
1. INTRODUCCIÓN	27
2. ANTECEDENTES	33
3. SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO - SIGBermejo	35
3.1. Red Hidrometeorológica	36
3.2. Red Hidrosedimentológica	39
3.3. Cartografía	40
3.4. Normativa Ambiental	40
3.5. Estadística	41
3.6. Red de Monitoreo de Calidad de Agua	41
3.7. Directorio de Actores	44
3.8. Centro Documental	44
4. LECCIONES APRENDIDAS, BUENAS PRÁCTICAS Y REPLICABILIDAD	45
5. CONSIDERACIONES FINALES	49
6. ANEXOS	51
I. Manual Operativo	51
II. Red Hidrometeorológica	66
III. Red de Monitoreo de Calidad de Agua	72
IV. Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua	79
SIGLAS Y ABREVIATURAS	103
DOCUMENTOS DE USO COMÚN	104
REFERENCIAS	104

Presentación

La Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE), conformada por representantes de los Gobiernos de la República Argentina y del Estado Plurinacional de Bolivia, se complace en presentar a la comunidad internacional el Documento Final *“Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo”*, elaborado en el marco del *Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo* (PEA Bermejo), una iniciativa de ambos países ejecutada durante el período 2001-2009, con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

La Cuenca Binacional del Río Bermejo, ubicada en el extremo austral de Bolivia, en el Departamento de Tarija, y en el norte de Argentina — donde abarca parte de las provincias de Chaco, Formosa, Jujuy y Salta—, es una importante área

de la macrorregión de la Cuenca del Plata, caracterizada por una diversidad de condiciones topográficas y climáticas que ofrece importantes potencialidades en términos de desarrollo, pero condicionada por el protagonismo de activos e intensos procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos. A través de una visión integral de la Cuenca, de la gestión participativa y el respeto a los usos y costumbres de sus habitantes y de la sociedad civil organizada, la COBINABE procura alcanzar el desarrollo sostenible de su zona de influencia, mediante el aprovechamiento de los recursos naturales y el uso racional y equitativo de los recursos hídricos, catalizando y coordinando los esfuerzos municipales, provinciales, nacionales e internacionales destinados al progreso de la Cuenca, en el marco de un nuevo paradigma de desarrollo, cuyo núcleo principal es el respeto a la madre tierra y a los recursos naturales, buscando vivir bien y en armonía con la naturaleza.

En este sentido, la COBINABE, en nombre de los beneficiarios y de los habitantes de la Cuenca del Río Bermejo en Argentina y Bolivia, agradece el compromiso y esfuerzo de cada una de las personas e instituciones que apoyaron este Programa Binacional y de los gobiernos nacionales, provinciales, departamentales y municipales de ambos países que participaron en su ejecución. Asimismo, reconoce la valiosa cooperación y aporte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y de la Organización de los

Estados Americanos (OEA), a través de su Departamento de Desarrollo Sostenible, que colaboró en la ejecución del Proyecto.

Con la confianza de estar trabajando en el presente, pero pensando en el futuro, y con la firme convicción de continuar los esfuerzos de integración, respetando a los pueblos y a su diversidad cultural, esperamos lograr una mejor calidad de vida de las poblaciones de la Cuenca Binacional del Río Bermejo.

Eduardo Cavadini

Embajador

Primer Delegado por Argentina

Mónica Soriano López

Embajadora

Primera Delegada por Bolivia

Prefacio

Los gobiernos de Argentina y Bolivia, a través de la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE), iniciaron en 1995 la formulación del Programa Estratégico de Acción de la Cuenca Binacional del Río Bermejo (PEA Bermejo), con el propósito de reducir los procesos de degradación ambiental y promover, por intermedio de las instituciones responsables, el desarrollo de la Cuenca Binacional e Interjurisdiccional del Río Bermejo. El Programa contó desde sus inicios con la cooperación de la Organización de los Estados Americanos (OEA), a través del Departamento de Desarrollo Sostenible, que actuó como agencia ejecutora regional, y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como agencia de implementación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), que aportó los recursos financieros para su ejecución.

Se realizó una primera etapa de formulación del Programa (1997-2000), cuyos resultados se presentaron en el Diagnóstico Ambiental Transfronterizo (DAT) y el consiguiente Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo. El primero identificó y caracterizó los principales problemas ambientales y las causas básicas y directas de estos, en tanto que el segundo determinó las intervenciones necesarias para dar solución a los problemas identificados. Ambos documentos fueron publicados en mayo de 2000.

Las acciones estratégicas del PEA Bermejo comprendieron cuatro áreas: I) Desarrollo y Fortalecimiento Institucional para la Planificación y Gestión Integrada de la Cuenca; II) Prevención, Protección y Rehabilitación Ambiental; III) Desarrollo Sostenible de los Recursos Naturales; y IV) Concientización y Participación Pública. A su vez, las acciones se distribuyeron en 21 componentes y 136 proyectos, con

un presupuesto estimado de US\$470 millones y un horizonte de planificación de 20 años. Del total de proyectos identificados, se seleccionó un número reducido de aquellos considerados prioritarios para ser ejecutados en el corto plazo, como un elemento catalizador que dinamizara la ejecución del PEA de Largo Plazo, no solamente para abordar los aspectos más relevantes identificados en el DAT como causas básicas de los problemas ambientales, sino también como mecanismo que ayudara a desarrollar y consolidar el marco de cooperación, coordinación y monitoreo del total de las acciones comprendidas en el PEA. La implementación del PEA Bermejo de Corto Plazo se desarrolló en el período 2001-2009, y contó con el financiamiento del FMAM por un monto de US\$ 11.04 millones.

Edgardo Castellano

Presidente

Comisión Regional del Río Bermejo

Director Nacional del PEA Bermejo por Argentina

La Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE) en Argentina y la Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTNPB) en Bolivia, ambas en su calidad de Secretaría de la COBINABE se sienten muy complacidas de haber participado en el desarrollo e implementación del PEA Bermejo, que ha permitido establecer instrumentos prácticos para promover la gestión ambiental y mejorar la capacidad de las organizaciones locales para participar e influir positivamente en los procesos de desarrollo de la Cuenca y sus áreas de influencia.

Se espera que este esfuerzo, y las lecciones aprendidas como resultado de la experiencia, puedan servir de modelo para el diseño y la ejecución de otros planes de manejo ambiental y desarrollo en la región.

Alejandro Romero

Director General Ejecutivo

Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo

Director Nacional del PEA Bermejo por Bolivia



Resumen Ejecutivo

La Cuenca del Río Bermejo, ubicada en el extremo Austral de Bolivia y en el norte de Argentina, es un área clave en el sistema hídrico y para el desarrollo de la Cuenca del Plata. Sus aproximadamente 123.000 km² abarcan territorios del Departamento de Tarija, en Bolivia, y de las provincias argentinas de Chaco, Formosa, Jujuy y Salta. El río Bermejo, que fluye unos 1.300 km, conecta dos ámbitos geográficos de vital importancia geopolítica y económica: la Cordillera de los Andes y el sistema de los ríos Paraguay-Paraná-de la Plata.

La población de la Cuenca se estima en 1.3 millones de habitantes, la mayoría de los cuales son trabajadores rurales, pequeños agricultores y comunidades indígenas, pero con importantes centros urbanos que concentran un mayor desarrollo relativo dentro del área. La oferta de recursos naturales en la Cuenca es significativa. Sin embargo, se observa un alto índice de vulnerabilidad social y am-

biental en función de la variabilidad del clima y de la distribución geográfica de las lluvias (sequías, inundaciones y zonas bajo estrés hídrico), factores que se han visto agravados por efectos del cambio climático. Estos problemas limitan y condicionan la calidad de vida de la población en un medio natural que ya se encontraba en proceso de degradación por la pérdida acelerada de sus recursos naturales debido al mal uso del suelo y a la destrucción del bosque nativo.

En junio de 1995, los Gobiernos de Argentina y Bolivia crean la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE), para impulsar el desarrollo sostenible de la Cuenca y su zona de influencia.

La Comisión, constituida por dos delegados de cada Estado Miembro, solicitó, en 1995, asistencia del Fondo para el Medio Ambiente Mundial

(FMAM) a fin de implementar un Programa Estratégico de Acción (PEA), orientado a resolver los principales problemas ambientales transfronterizos y promover el desarrollo sostenible en la Cuenca Binacional. Las acciones fueron desarrolladas en colaboración con la Secretaría General de la OEA, en el marco de un acuerdo suscrito con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Una primera fase de los estudios resultó en el *Diagnóstico Ambiental Transfronterizo* (DAT), que sirvió para la detección de los principales problemas de la región, y el consiguiente Programa Estratégico de Acción (PEA), referido al conjunto de acciones tendientes a resolver los problemas detectados en la fase anterior.

El proceso del DAT resultó en la identificación de seis grandes problemas:

1. *Degradación del suelo. Procesos intensos de erosión y desertificación.*
2. *Degradación de la calidad de agua.*
3. *Escasez y restricciones en la disponibilidad de agua.*
4. *Destrucción de hábitats, pérdida de biodiversidad y deterioro de recursos bióticos.*
5. *Inundaciones y otros peligros naturales.*
6. *Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de los recursos culturales.*

El análisis de las causas de estos problemas demandó un amplio proceso de consulta pública, cuyo resultado definió las acciones estratégicas del PEA. Paralelamente, se seleccionaron, de entre una extensa lista de planes y proyectos, aquellos más re-

levantes para la solución de los problemas identificados, los cuales fueron luego incorporados en la propuesta final del PEA.

Las acciones fueron agrupadas en cuatro áreas estratégicas:

- I) Desarrollo y fortalecimiento institucional para la planificación y gestión integrada de la Cuenca.
- II) Prevención, protección y rehabilitación ambiental.
- III) Desarrollo sostenible de los recursos naturales.
- IV) Concientización y participación pública.

De cada una de las cuatro áreas estratégicas del PEA se seleccionó un número reducido de acciones orientadas a establecer el marco legal e institucional para la ejecución del programa, consolidar y expandir los mecanismos de concientización y participación pública, y ejecutar acciones de protección y rehabilitación ambiental y de producción sostenible. Estas acciones constituyeron el denominado PEA de Corto Plazo, que contó para su ejecución con un aporte financiero del FMAM de US\$11.04 millones.

El presente documento, **“Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo”**, describe el diseño, estructura y funcionamiento del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo (SIGBermejo), implementado en el marco del Área Estratégica IV como instrumento para el seguimiento y la evaluación sistemática y objetiva de las prácticas de control ambiental y la situación del uso de los recursos naturales, y para difundir información de interés general para el público y otras entidades.

Los elementos clave de este documento tienen que ver con los diferentes componentes del sistema de información conformados por las bases de datos climáticos, hidrológicos, de calidad de agua, sedimentológicos, el centro documental, el directorio de actores, la cartografía digital de la Cuenca en ambiente GIS y la base de datos socioeconómicos actualizados.

El SIGBermejo contiene los siguientes componentes:

Red Hidrometeorológica

Está compuesta por catorce Estaciones Remotas, dispuestas en puntos representativos a lo largo de la Cuenca Binacional del Río Bermejo, de medición automática de nivel del río y precipitaciones, con transmisión de datos mediante reflejo de las señales radiales en estelas de meteoritos (Sistema Meteor Burst), una Estación Central de Comunicaciones, dos Centros Operativos (Tarija y Orán) y una Oficina Técnica de Apoyo (ciudad de Salta).

Red Hidrosedimentológica

Contiene la información hidrosedimentológica histórica disponible en las estaciones de medición de la Cuenca del Río Bermejo que conforman la Red Hidrometeorológica Nacional, compuesta por más de 40 estaciones. Cuenta con datos de precipitación máxima mensual; altura de precipitación mensual; caudal medio diario; precipitación media diaria; caudal medio mensual; caudal sólido histórico, y aforos.

Cartografía

Contiene la información cartográfica de la Cuenca del Río Bermejo, tanto de mapas previamente ela-

borados como de la información en ambiente SIG, en formato shapefile. La información está organizada en Mapas Temáticos; Mapa Interactivo, implementado bajo el producto ArcIMS de ESRI/ServletExec New Atlanta/IIS; y Catálogo de Capas.

Normativa Ambiental

El Sistema posee un link que conecta directamente a la página del Consejo Hídrico Federal, que contiene el digesto legal ambiental en esa materia para Argentina.

Estadística

Este componente contiene la información de datos socioeconómicos (Población y Vivienda, Salud, Energía, Agropecuario, etc.) elaborados por los organismos nacionales responsables de la generación, procesamiento y difusión de los mismos.

Red de Monitoreo de Calidad de Agua

Esta red está conformada por 40 puntos de muestreo, de los cuales cuatro están ubicados en tramos binacionales del río, donde se miden sistemáticamente parámetros físicos, químicos y biológicos

Se destaca la elaboración y acuerdo para la utilización por parte de los laboratorios de aguas de las provincias de la Cuenca en Argentina y de Tarija, Bolivia, de la Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo, que contiene los criterios y metodologías comunes para la implementación de los monitoreos.

Directorio de Actores

Este componente reúne datos de los organismos

que intervienen, de una u otra manera, en la gestión de la Cuenca del Río Bermejo.

Centro Documental

Agrupar los documentos relacionados a la temática de la Cuenca, tanto de textos como de fotografías.

Lecciones Aprendidas y Buenas Prácticas

El diseño e implementación del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo en general, y de cada uno de los componentes en particular, aporta un conjunto de lecciones aprendidas y buenas prácticas, las cuales se plasman en la replicación de las acciones.

Las principales lecciones aprendidas se relacionan con la participación de todos los actores involucrados en las instancias de toma de decisión, la consolidación e institucionalización de las acciones a partir de la firma de acuerdos interinstitucionales, la generación de una instancia técnica, donde los especialistas temáticos responsables de ejecutar las acciones puedan discutir e intercambiar información, y los procesos organizativos y de planificación de las campañas de monitoreo de calidad de agua.

Por su parte, las buenas prácticas identificadas en la implementación del SIGBermejo se refieren al desarrollo de los procesos llevados adelante, tanto de diseño como de ejecución de las acciones, como así también aquellos referidos a la organización institucional y fortalecimiento de las capacidades locales.

Consideraciones Finales

La libre disponibilidad y acceso a la información promueve la transparencia institucional, estimula la participación informada en la toma de decisiones de la comunidad, y fortalece los procesos de gestión integrada de los recursos hídricos.

Por ello, la elaboración y puesta en marcha del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo - SIGBermejo resulta un paso inicial fundamental, tendente a disponer a futuro, de un sistema de soporte para la toma de decisiones para la gestión y manejo sostenible de los recursos de la Cuenca.

Por último, los Anexos que integran el presente trabajo tienen como objetivo proporcionar información técnica a los profesionales involucrados en la gestión de recursos hídricos e información general al público.

Anexo I: contiene un Manual Operativo del SIG-Bermejo.

Anexo II: contiene todo lo relacionado con la Red Hidrometeorológica Binacional, su localización y las características de las 14 Estaciones Remotas.

Anexo III: contiene información sobre la Red de Monitoreo de Calidad de Agua. En él se presentan las características de los puntos de muestreo y el detalle de los parámetros físicos, químicos y biológicos que se determinan en cada punto.

Anexo IV: contiene una Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua.

Executive Summary

The Governments of Argentina and Bolivia, through the Binational Commission for the Development of the Upper Bermejo River Basin and the Rio Grande de Tarija (COBINABE), initiated the formulation of the Strategic Action Plan for the Bermejo River Binational Basin in 1995, with the aim of reducing environmental degradation and promote, through the responsible institutions, the development of the Binational and inter-jurisdictional Basin of the Bermejo River. The Plan was initiated as a cooperative effort of the countries, the Department of Sustainable Development of the Organization of American States General Secretariat (OAS), and the United Nations Environment Program (UNEP), with funding provided in part by the Global Environment Facility (GEF).

Between 1997 and 2000, the *Transboundary Diagnostic Analysis (TDA)*, which identified and characterized the major environmental issues and

their causes, and the consequential *Strategic Action Program* (The Bermejo SAP), which identified possible solutions to said problems, were compiled and published.

The Bermejo SAP identified four key strategic actions: I) Institutional Development and Strengthening; II) Environmental Prevention, Protection and Remediation, III) Sustainable Development of Natural Resources, and IV) Public Participation and Awareness.

The Bermejo River Basin, located in southern Bolivia and northern Argentina, is a key component of the hydrological system of the la Plata River and in its development. The 123,162-square-kilometer Bermejo River Basin extends over the Municipality of Tarija in Bolivia, and the Argentine Provinces of Chaco, Formosa, Jujuy, and Salta. The Bermejo River, which flows about 1,300 km connects two

geographical areas of vital geopolitical and economic importance, the Andes and the basins of the Paraguay-Paraná-de la Plata Rivers.

The population that lives in the Basin is estimated at 1.3 million people. The majority of people are rural workers and small farmers residing in indigenous communities, but with important urban centers having significance for development in the area. The natural resources in the Basin are significant. However, there also is a significant amount of social and environmental vulnerability that is comprised principally of climate variability and geographic distribution of rainfall (i.e., droughts, floods and areas under water stress), both of which have been exacerbated by the effects of global climatic change. These problems limit and determine the quality of life of the people in a natural environment already affected by the accelerated loss of natural resources due to poor land use and destruction of native forests.

In June 1995, the Governments of Argentina and Bolivia created the Binational Commission for the Development of the Upper Bermejo River Basin and the Rio Grande de Tarija (COBINABE), to promote sustainable development in the Basin and its surrounding areas.

In 1995, the Commission, made up of two delegates from each member state, requested assistance from the Global Environment Facility (GEF) to implement a Strategic Action Program (SAP), designed to resolve major transboundary

environmental problems and promote sustainable development in the Binational Basin. The actions were developed in collaboration with the OAS General Secretariat, under an agreement with the United Nations Environment Programme (UNEP).

The first phase of the project resulted in the publication of the *Transboundary Diagnostic Analysis (TDA)*, which identified major problems in the region; and the *Strategic Action Program (Bermejo SAP)*. In a second phase, the SAP was implemented to address the problems identified in the first phase.

The TDA the identified six major problems:

1. *Soil degradation, and intense erosion and desertification.*
2. *Degradation of water quality.*
3. *Shortages of and restrictions on water availability.*
4. *Habitat destruction, biodiversity loss, and biotic resources degradation.*
5. *Floods and other natural disasters.*
6. *Deterioration of living conditions of the population and loss of cultural resources.*

The analysis of the root causes of these problems required an extensive process of public consultation. The results of that process defined the strategic actions included in the Bermejo SAP. At the same time, plans and projects were selected from an extensive list of potential projects proposed for the Basin; those most relevant to solving the identified issues were chosen and included in the Bermejo SAP.

The actions were grouped under four strategic areas:

- I. Institutional Strengthening and Development for the Integrated Planning and Management of the Basin
- II. Environmental Prevention, Protection and Remediation
- III. Sustainable Development of Natural Resources
- IV. Public Participation and Awareness

Within each of these four strategic issues, a small number of priority actions were selected to establish the legal and institutional framework for the implementation of the program. This set of measures constituted the Short-Term SAP, which received US\$11.04 million in funding from GEF for its commissioning.

This document, **“Integrated Environmental Information System for the Binacional Basin of the Bermejo River,”** describes the design, structure, and mechanics of the Information System for the Management of the Bermejo River Basin (GIS Bermejo), implemented under the Strategic Area IV, as a tool to systematically and objectively monitor and assess environmental control practices, the status of natural resources use, and provide information of general interest to the public and other entities.

The key elements of this document are connected to the different components of the information system, comprised of climate, hydrological, water quality, and sedimentological databases, the documentation center, stakeholder

directory, digital map of the Basin created within a GIS environment, and an updated socio-economic database.

The GIS Bermejo contains the following components:

Hydrometeorological Network

It is composed of fourteen remote stations, arranged at representative points along the Bermejo River Binational Basin, which automatically measure the water level and precipitation, and transmit data by radio signal reflection (Meteor Burst System), to a Central Communications Station, two Operations Centers (Tarija and Oran) and a Support Office (Salta).

Hydrosedimentology Network

It contains more than 40 stations as well as historical hydrosedimentological information available from the Bermejo River Basin measurement stations that make up the National Hydrometeorological Network. The data base contains maximum monthly precipitation data, monthly precipitation volume, average daily flow, average daily precipitation, average monthly flow, historical flows, and related measurements.

Mapping

It contains Bermejo River Basin mapping information, developed both from previously developed maps and from the environmental information contained in the GIS as shapefiles. Information is organized as thematic maps;

interactive maps in the ArcIMS format developed by ESRI/ServletExec New Atlanta/IIS; and a Map Layers Catalog.

Environmental Regulations

The system has a direct hyperlink to the Federal Water Council's website, which contains the environmental law digest of Argentina.

Statistics

This component contains information on socioeconomic data (Population and Housing, Health, Energy, Agriculture, etc.) prepared by the national agencies responsible for the creation, processing and dissemination of the data.

Water Quality Monitoring Network

This network is made up of 40 sampling points, four of which are located in binational sections of the river. Physical, chemical and biological parameters are systematically measured at these stations.

It is important to highlight the agreement made between water laboratories in the provinces of Argentina and Tarija, Bolivia, to use the Bermejo River Basin Water Quality Monitoring Network Operations Manual, which contains common criteria and methodologies for monitoring implementation.

Stakeholders Directory

This component collects data from agencies involved, in one way or another, in the management of the Bermejo River Basin.

Documentation Center

Documents related to the Basin, both text and photographs, are collected, catalogued, and stored in this Center.

Lessons Learned and Best Practices

The design and implementation of the Information System for the Management of the Bermejo River Basin in general terms provide a set of lessons learned and best practices, which should be reflected in the replication of these actions.

The main lessons learned relate to the participation of all stakeholders involved at decision-making levels, the consolidation and institutionalization of actions stemming from the signing of inter-institutional agreements, the organizational and planning processes governing water quality monitoring campaigns, and the creation of a technical body, where thematic specialists responsible for implementing the actions can debate and exchange information.

The best practices identified in the implementation of GIS Bermejo include the development of the processes carried out both in the design and implementation of actions, as well as those related to institutional organization and improvement of local capabilities, necessary to support and sustain the system.

Final Considerations

Free availability and access to information

promotes institutional transparency, encourages knowledge-based participation in the decision-making processes of communities, and strengthens the integrated management of water resources .

Therefore, the development and implementation of an Information System for the Management of the Bermejo River Basin, the GIS Bermejo, is a key initial step in creating a support system for decision making in sustainable resources management in the Basin.

Appendices form part of this paper and provide technical information for water resources management professionals and general information for the public. These appendices are:

Appendix I: GIS Bermejo Operations Manual.

Appendix II: Material related to the Binational Hydrometeorological Network, its station locations and features relating to the 14 remote stations.

Appendix III: Information on the Water Quality Monitoring Network, including information on the sampling points and details of the physical, chemical and biological parameters that are measured at each point.

Appendix IV: Water Quality Monitoring Network Operations Manual.

1. Introducción

La Cuenca del Río Bermejo, ubicada en el extremo Austral de Bolivia y en el norte de Argentina, es un área clave en el sistema hídrico y para el desarrollo de la Cuenca del Plata. Sus aproximadamente 123.000 km² abarcan territorios del Departamento de Tarija, en Bolivia, y de las provincias argentinas de Chaco, Formosa, Jujuy y Salta. El río Bermejo, que fluye unos 1.300 km, conecta dos ámbitos geográficos de vital importancia geopolítica y económica: la Cordillera de los Andes y el sistema de los ríos Paraguay-Paraná-de la Plata. Es el único río que cruza completamente las vastas extensiones de la llanura chaqueña, actuando como un corredor para la conexión de elementos bióticos de los Andes con el Chaco. Las condiciones meteorológicas y topográficas radicalmente distintas a lo largo de la Cuenca originan una diversidad de bosques tropicales, valles húmedos y montañas desérticas en la Cuenca Alta, así como bosques secos y húmedos en la Cuenca Baja. Existe una excepcional

diversidad de hábitats a lo largo del curso del río.

Los índices de erosión en la Cuenca y de transporte de sedimentos del río Bermejo se encuentran entre los más altos del mundo, con más de 100 millones de toneladas anualmente depositadas en el Sistema Paraguay-Paraná-del Plata lo que representa un 80% del total transportado por estos ríos. La mayor parte de estos sedimentos se genera en la Cuenca Alta, los cuales son arrastrados aguas abajo en épocas de avenidas o flujos de inundación, modificando regularmente el curso del río y dificultando un uso racional del agua y otros recursos naturales.

La población de la Cuenca se estima en 1.3 millones de habitantes, la mayoría de los cuales son trabajadores rurales, pequeños agricultores y comunidades indígenas, pero con importantes centros urbanos que concentran un mayor desarrollo relativo dentro del área.

La oferta de recursos naturales en la Cuenca es significativa. Sin embargo se observa un alto índice de vulnerabilidad social y ambiental en función de la variabilidad del clima y de la distribución geográfica de las lluvias (sequías, inundaciones y zonas bajo estrés hídrico), factores que se han visto lenta pero persistentemente agravados por efectos del cambio climático. Estos problemas limitan y condicionan la calidad de vida de la población en un medio natural que ya se encontraba en proceso de degradación por la pérdida acelerada de sus recursos naturales debido al mal uso del suelo y a la destrucción del bosque nativo.

En junio de 1995, los gobiernos de Argentina y Bolivia acordaron establecer la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija (COBINABE), como un mecanismo jurídico-técnico permanente que ayude a impulsar el desarrollo sostenible de la Cuenca y de su zona de influencia, optimizando el aprovechamiento de sus recursos naturales, atrayendo inversiones y facilitando la gestión racional y equitativa de los recursos hídricos. La COBINABE está constituida por dos delegados de cada Estado Miembro: el Primer Delegado representa a la Cancillería de cada país, con rango de Embajador, quien preside la respectiva Delegación; el Segundo Delegado corresponde, en el caso de Bolivia, al Director General Ejecutivo de la Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo (OTNPB) y, en el caso de Argentina, al Presidente del Directorio de la Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE). La OTNPB y la COREBE cumplen la función de Secretaría de la Comisión.



Alta Cuenca del Río Bermejo



Erosión en el Valle Central de Tarija, Bolivia

En septiembre de 1995, la COBINABE solicitó asistencia del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) para la preparación de un Programa Estratégico de Acción (PEA), orientado a resolver los principales problemas ambientales transfronterizos y promover el desarrollo sostenible en la Cuenca Binacional. Las acciones fueron desarrolladas en colaboración con la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA), como agencia ejecutora regional, en el marco de un acuerdo suscripto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como agencia de implementación del FMAM.

La formulación del PEA se desarrolló entre 1997 y 2000. Comprendió la identificación de los principales problemas ambientales y sus causas raíz; la implementación de proyectos piloto demostrativos para evaluar la viabilidad técnica, económica y social de medidas de corrección o rehabilitación y la puesta en marcha de un proceso de participación y consulta pública para la planificación y ejecución de proyectos de desarrollo y gestión ambiental en la Cuenca. La consolidación y análisis de los estudios realizados y los procesos de consulta dieron como resultado la preparación del Diagnóstico Ambiental Transfronterizo (DAT), con la identificación y caracterización de los principales problemas ambientales de la Cuenca, y el resultante Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo (PEA Bermejo), referido al conjunto de acciones identificadas para resolver las causas raíz de los problemas prioritarios y promover el desarrollo sostenible de la Cuenca Binacional.

El proceso del DAT dio como resultado la identi-

ficación de seis grandes problemas ambientales, considerados endémicos en la Cuenca:

1. Degradación del suelo. Procesos intensos de erosión y desertificación. Los estudios determinaron que más del 50% de la Cuenca Binacional estaba sujeta a procesos de erosión, considerados desde significativos a bastante severos, y que un 60% de las zonas de pastos estaban siendo sobre explotadas o inadecuadamente manejadas. Métodos de control de sedimentos en pequeña escala demostraron ser costo-efectivos en reducir la carga de sedimentos y, al mismo tiempo, obtener beneficios locales al proveer irrigación para pequeños agricultores protegiendo reservorios locales.

2. Degradación de la calidad del agua. La protección y restauración de la calidad del agua fue reconocido como un tema importante a tomar en cuenta en la medida que avance el proceso de desarrollo en la Cuenca. En el área boliviana de la Alta Cuenca, el 68% de los lugares de muestreo presentaron restricciones para uso humano debido a la contaminación bacteriológica.



Junta de San Antonio: Río Bermejo y Río Grande de Tarija, Bolivia



Torrente de barro en la cuenca del Río Iruya, Pcia. de Salta, Argentina

3. Escasez y restricciones en la disponibilidad de agua. El abastecimiento de agua fue reconocido como el principal problema de la Cuenca. Casi una tercera parte de ella se ve afectada por condiciones de extrema escasez durante la estación seca –abril a noviembre– agravando las condiciones de vida de comunidades de por sí carenciadas y limitando el potencial de desarrollo en zonas favorables a la producción agrícola.

4. Destrucción de hábitats, pérdida de biodiversidad y deterioro de recursos bióticos. Se determinó que la deforestación severa o muy severa afectaba a un 26% de los bosques naturales y que un 15% del área total se encontraba bajo riesgo de pérdida de biodiversidad. Veinticuatro especies de flora y fauna fueron categorizadas como vulnerables, 18 de las cuales se consideran en riesgo. Los estudios y proyectos piloto desarrollados demostraron la viabilidad de programas de extensión comunitaria para

capacitar y fomentar el uso de prácticas sostenibles de producción.

5. Inundaciones y otros peligros naturales. Las inundaciones y avenidas durante la época de lluvias –diciembre a marzo– afectan de manera severa a un 7% de la Cuenca, incluyendo la ciudad de Tarija en Bolivia. Solamente en la provincia del Chaco, en Argentina, más de 390.000 ha se inundaron durante el período 1983-1984.

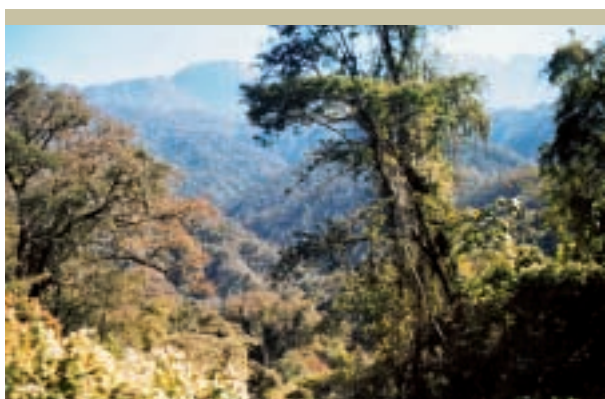
6. Deterioro de las condiciones de vida de la población y pérdida de los recursos culturales. Condiciones de pobreza moderada y extrema se evidencian a lo largo de la Cuenca, afectando principalmente a pequeños agricultores, poblaciones indígenas y centros urbanos marginales. Los datos recopilados durante la etapa de formulación del PEA mostraron que un 40% de la población tiene necesidades básicas insatisfechas. Existe un alto porcentaje de analfabetismo y la mayor parte de los habitantes



Reunión de beneficiarios de proyectos en Bolivia



Embarcación, en la Baja Cuenca, Pcia. de Salta, Argentina



Selva de Las Yungas

no cuenta con atención médica. La migración temporal y permanente de trabajadores estacionales constituye un síntoma transfronterizo importante de las condiciones de pobreza y desempleo.

El análisis de las causas básicas y directas de estos problemas fue materia de un amplio proceso de consulta pública, cuyo resultado definió las acciones estratégicas del PEA Bermejo. Paralelamente, se recopiló una extensa lista de planes y proyectos en curso o programados para la Cuenca relacionados con desarrollo sostenible o medio ambiente siendo seleccionados, a través de un proceso de consulta, aquellos más relevantes para la solución de los problemas identificados y, luego, incorporados en la propuesta final del Programa.

El PEA Bermejo resultante fue un programa de acción de largo plazo, diseñado no solamente para atender las causas raíz de los procesos de degradación ambiental de la Cuenca, sino también para promover el desarrollo sostenible de las poblaciones y comunidades allí asentadas. El Programa comprendió un total de 136 proyectos, para un período de ejecución de 20 años, con una inversión total aproximada de US\$470 millones. De este total, más del 70% correspondió a proyectos de desarrollo hídrico, principalmente obras de irrigación y de abastecimiento de agua potable, reflejando la necesidad y prioridad asignada por los actores sociales a este problema.

Las acciones fueron agrupadas en cuatro Áreas Estratégicas en función a las características del problema a ser abordado y a las interrelaciones entre éstos y sus manifestaciones locales y transfronterizas, buscando instaurar una visión de cuenca y de manejo integrado de los recursos naturales. Las Áreas Estratégicas son:

- Desarrollo y fortalecimiento institucional para la planificación y gestión integrada de la Cuenca.
- Prevención, protección y rehabilitación ambiental.
- Desarrollo sostenible de los recursos naturales.
- Concientización y participación pública.

De cada una de las cuatro Áreas Estratégicas del PEA Bermejo se seleccionó un número reducido de acciones orientadas a establecer el marco legal e institucional para la ejecución del programa en su conjunto, consolidar y expandir los mecanismos de concientización y participación pública y ejecutar algunas acciones de rehabilitación/remediación ambiental y de producción sostenible. Este grupo de

acciones, denominado PEA de Corto Plazo, fue considerado de prioridad inmediata, necesario para catalizar la ejecución del PEA Bermejo, iniciando un proceso orientado a resolver los principales problemas ambientales transfronterizos y a promover el desarrollo sostenible de la Cuenca Binacional.

El PEA de Corto Plazo inició su implementación en Junio de 2001 y finalizó en diciembre de 2009, contando para su ejecución con un aporte financiero del FMAM de \$11.04 millones. Se llevó a cabo un total de 29 proyectos, 11 de los cuales fueron ejecutados de manera conjunta entre los dos países, mientras que 18 fueron ejecutados en los ámbitos nacionales (9 en Argentina y 9 en Bolivia), en función de la localización y características del problema a ser abordado y la acción estratégica correspondiente.

Este documento “**Sistema Integral de Información Ambiental de la Cuenca Binacional del Río Bermejo**” describe el diseño, estructura y funcionamiento del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo (SIGBermejo) implementado en el marco del Área Estratégica IV como instrumento para el seguimiento y la evaluación sistemática y objetiva de las prácticas de control ambiental y la situación del uso de los recursos naturales, como así también para la difusión de información de interés general para el público y otras entidades interesadas.

Los elementos clave de este documento tienen

que ver con los diferentes componentes del Sistema de Información conformados por las bases de datos climáticos, hidrológicos, de calidad de agua, sedimentológicos, el centro documental, el directorio de actores, la cartografía digital de la Cuenca en ambiente GIS y la base de datos socioeconómicos actualizados.

Se destacan dos componentes del Sistema de Información. La Red Hidrometeorológica Binacional, constituida por 14 estaciones remotas ubicadas en lugares clave de la Cuenca de Argentina y de Bolivia para la adquisición y transmisión de datos pluviométricos e hidrométricos en tiempo real. El segundo es la Red de Monitoreo de Calidad de Agua, conformada por 40 puntos de muestreo, de los cuales cuatro están ubicados en tramos binacionales de río, donde se miden sistemáticamente parámetros físicos, químicos y biológicos.

Asimismo, se identifican las lecciones aprendidas, las buenas prácticas y la replicabilidad de las acciones ejecutadas.

Finalmente, la información contenida en los Anexos tiene como finalidad poner a disposición de los profesionales involucrados en la gestión de los recursos hídricos, información técnica, como así también información de interés general para el público. En este sentido, se espera que dicha información estimule la participación de la comunidad y contribuya a normalizar las prácticas entre los profesionales de la Cuenca.

2. Antecedentes

El Diagnóstico Ambiental Transfronterizo (DAT), a partir del análisis de la cadena causal de los principales problemas ambientales que tienen lugar en la Cuenca del Río Bermejo, identificó como causas específicas de algunos de dichos problemas el insuficiente conocimiento de la oferta y del potencial aprovechable de las aguas superficiales y subterráneas, y el deficiente sistema de información sobre la calidad de las aguas, siendo la información sobre este tema incompleta, discontinua, dispersa o inexistente.

Asimismo, y como causas raíz, es decir en el origen de la cadena causal, se concluyó que las deficiencias en el marco político, jurídico e institucional y la inadecuada planificación y coordinación inter e intrajurisdiccional dan lugar a la generación de procesos de uso no sustentable de los recursos naturales y degradación ambiental.

En particular, la insuficiencia de recursos humanos en cantidad y capacidad, de equipamiento y de acceso a tecnologías apropiadas a nivel de las organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil constituye la debilidad básica detectada, y contribuyen con esta situación la limitada disponibilidad de información básica, un bajo nivel de compromiso de los responsables de la aplicación de normas y la desarticulación entre los sectores técnicos y de decisión política en los niveles gubernamentales.

Además, se advirtió una escasa concientización sobre la necesidad de un abordaje integrado para el manejo de los recursos naturales y la falta de información sistemática, confiable y actualizada sobre la situación y tendencias de uso de los recursos, así como de otro tipo de información de carácter ambiental.

Como consecuencia de todo ello, el PEA Ber-

mejo ha identificado la necesidad de difundir información de la Cuenca en dos niveles: información técnica para los profesionales de los recursos hídricos involucrados en el uso y gestión de las aguas, e información de interés general para el público y otras entidades interesadas en la problemática de la Cuenca.

La información en el primer nivel incluye datos hidrometeorológicos, de calidad del agua y sedimentológicos, información hidrogeológica, de uso de la tierra, datos del medio ambiente, información legal, datos socioeconómicos, información sobre indicadores de desarrollo económico, información localizada relacionada con sitios específicos de la Cuenca, y otros datos de monitoreo sistemático e informaciones útiles a los profesionales.

En el segundo nivel se incluyen aspectos de interés comunitario, notificaciones de eventos y actividades, e información de utilidad para los individuos, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil, incluidas las no gubernamentales.

La identificación de fuentes potenciales de información, nodos y usuarios en la Cuenca fue un prerequisite necesario para establecer el sistema de información.



Página de apertura del sitio web de la COBINABE

Para ello se diseñó y se puso en marcha el Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo – SIGBermejo, que integra a nivel de la Cuenca del Río Bermejo las acciones en materia de generación, adquisición, procesamiento y almacenamiento de información referida a la situación y al uso de los recursos naturales en la Cuenca, con libre acceso a través de la página web de la COBINABE en www.cobinabe.org.

En este sentido, se promovió la configuración de una red de monitoreo ambiental de la Cuenca del Río Bermejo que comprende datos sobre clima, sedimentos, cantidad y calidad de aguas de los diferentes ríos de la Cuenca, el estado de la cobertura vegetal, el proceso de erosión de los suelos, aspectos socioeconómicos y otros.

3. Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo -SIGBermejo-

El Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo – SIGBermejo fue diseñado e implementado como instrumento para establecer y difundir la situación y uso de los recursos naturales en la Cuenca, y contar con información confiable sobre diferentes parámetros ambientales con fines de estudio, evaluación, planificación y control.

Para ello, el sistema fue construido incluyendo variables ambientales a nivel de la Cuenca, involucrando a los usuarios y generadores de la información en términos institucionales, operativos y técnicos.

Asimismo, promovió el fortalecimiento y coordinación interinstitucional de los entes responsables de la gestión de los recursos naturales de la Cuenca, tanto en materia de generación de información, como a nivel de usuarios; presentó la base para la

compatibilización de metodologías y procedimientos empleados por los diferentes generadores de información en la Cuenca, al mismo tiempo que consolidó la continuidad en la obtención sistemática, procesamiento y difusión en tiempo oportuno, de la información.

La COBINABE dispone del código fuente del diseño y programación del SIGBermejo, y por lo tanto, se encuentra en condiciones de realizar cualquier modificación, adecuación, actualización y ampliación de los diferentes componentes del Sistema.

En el **Anexo I**, se presenta el Manual Operativo del SIGBermejo, que describe los contenidos y detalla su estructura y funcionamiento.

El SIGBermejo contiene los siguientes componentes:

3.1. Red Hidrometeorológica

La Comisión Binacional para el Desarrollo de la Cuenca Binacional del Río Bermejo y Río Grande de Tarija (COBINABE), a través del Programa Estratégico de Acción, implementó una red de mediciones hidrometeorológicas que permite contar en tiempo real con información del estado hidrológico de las diferentes zonas de la Cuenca.

Objetivos

Los principales objetivos de la Red son:

- La obtención de **datos hidrometeorológicos** para alimentar el Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo, mediante la incorporación de equipamiento para la captura automática y la transmisión remota de esos datos.
- La obtención en tiempo real de **datos hidrometeorológicos** en los distintos tramos del río Bermejo y sus principales afluentes, analizarlos y poner la información generada a disposición de los usuarios regionales.
- La incorporación de (I) la medición de aforos en algunas de las estaciones instaladas, y (II) los datos hidrológicos obtenidos de otras estaciones no automatizadas que forman parte de la Red Hidrológica Nacional, con el fin de complementar la información del Sistema de Información.

Componentes

La Red Hidrometeorológica está compuesta por catorce Estaciones Remotas de medición automática, dispuestas en puntos representativos a lo largo



Detalle del módulo de datalogger de las estaciones remotas



Página web SIGBermejo

de la Cuenca Binacional del Río Bermejo, con transmisión de datos mediante reflejo de las señales radiales en estelas de meteoritos (Sistema Meteor Burst), una Estación Central de Comunicaciones (ECC), dos Centros Operativos (Tarija y Orán) y una Oficina Técnica de Apoyo (ciudad de Salta).

Asimismo, cuenta con cuatro Estaciones de Aforos ubicadas en: La Angostura y El Cajón, ambas sobre el río Tarija; en San Telmo, sobre el río Grande de Tarija, y en Balapuca, sobre el río Bermejo Superior.

Para el almacenamiento, procesamiento y análisis de la información, se desarrolló un Software de Gestión del Sistema de adquisición de datos y una Base de Datos.

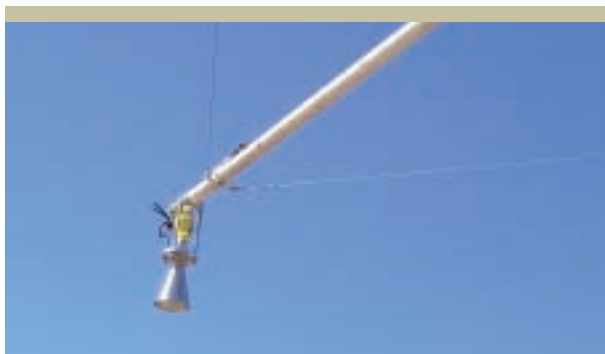
En cuanto a los aspectos sedimentológicos de la Red, se cuenta con equipamiento sedimentológico

de campaña, compuesto por un muestreador de sólidos suspendidos y un muestreador de fondo tipo draga.

Las estaciones remotas transmiten su información a la Estación Central de Comunicaciones (ECC) ubicada en las afueras de la ciudad de Salta.

Desde allí la información es transmitida por vía telefónica a la Oficina Técnica de Apoyo Salta (OTAS), donde mediante un Software de Gestión del Sistema (SGS) se administra el flujo de las comunicaciones entre las estaciones remotas y la ECC, además de gestionar las bases de datos. Otra función principal del SGS es poner a disposición de los usuarios la información recibida. Para ello administra los accesos a la base de datos, tanto de los usuarios de la red local (mediante protocolo TCP/IP), como de los Centros de Operaciones o usuarios externos autorizados.

El Centro de Operaciones Tarija (COT) se encarga de coordinar las tareas de operación y mantenimiento de la parte boliviana de la Red, así como de la gestión y puesta en disponibilidad de la información recibida.



Sensor de nivel hidrométrico mediante radar

En el Centro de Operaciones Orán (COO), se coordinan las tareas de apoyo operativo para el mantenimiento de la Red, y asistencia técnica en situaciones de crecida.

Cada estación remota está compuesta por un conjunto de sensores (precipitación y nivel del agua), un módulo de adquisición y almacenamiento de datos (datalogger) y un módulo de transmisión mediante reflexión meteorítica:

Sensor de Precipitación: por sistema de cangilones, consistente en dos básculas que recolectan en forma alternativa la precipitación.

Sensor de Nivel mediante Radar: por tecnología de radio detección (radar) con técnica de pulso. Tipo de medición: sin contacto con el medio líquido.

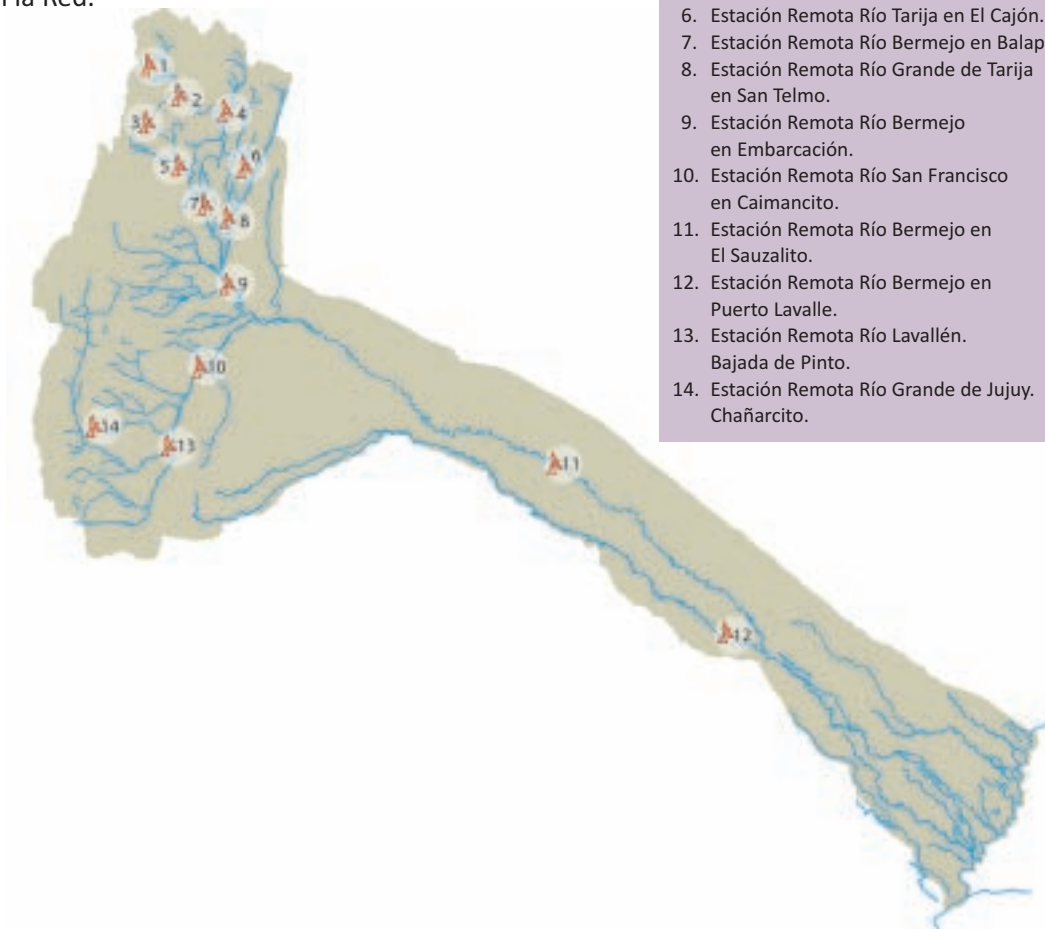
El **Subsistema de Adquisición de Datos** está compuesto por las Unidades Terminales Remotas (RTU o Datalogger), siendo su función principal adquirir, almacenar, procesar y transmitir a la Estación Central la información registrada por los diferentes sensores.

El **Subsistema de Transmisión** está compuesto por un radio-módem y su correspondiente antena. Opera con tecnología de reflexión de ondas de radio en estelas de meteoritos.

El **Subsistema de Alimentación** está compuesto por paneles solares, reguladores de tensión y baterías para garantizar la operatividad de la estación durante un período determinado.

Localización de las Estaciones Remotas

La siguiente Figura muestra la distribución y localización de las 14 Estaciones Remotas que conforman la Red.



Referencias:

1. Estación Remota Tucumilla.
2. Estación Remota Cañas.
3. Estación Remota Río Tarija en La Angostura.
4. Estación Remota La Colmena.
5. Estación Remota Río Bermejo en Alarache, Puente Internacional.
6. Estación Remota Río Tarija en El Cajón.
7. Estación Remota Río Bermejo en Balapuca.
8. Estación Remota Río Grande de Tarija en San Telmo.
9. Estación Remota Río Bermejo en Embarcación.
10. Estación Remota Río San Francisco en Caimancito.
11. Estación Remota Río Bermejo en El Sauzalito.
12. Estación Remota Río Bermejo en Puerto Lavalle.
13. Estación Remota Río Lavallén. Bajada de Pinto.
14. Estación Remota Río Grande de Jujuy. Chañarcito.

Estación Central de Comunicaciones - ECC

La Estación Central, a través de los módulos de software indicados, ejecuta las siguientes funciones:

- Recepción y Almacenamiento de los Datos de las RTU.
- Consulta de la Base de Datos.
- Procesamiento de Eventos.

- Parametrización de la Estación Central.
- Parametrización de las RTU.
- Impresión de Eventos e Informes.
- Interfase hombre-máquina (HMI) a efectos de facilitar la gestión y operación del sistema.

Proyecciones de la Red

Las características técnicas y operativas de la Red



*Estación central
de comunicaciones
(ECC), Salta,
Argentina.*

brindan una enorme potencialidad para la gestión de los recursos hídricos y naturales a nivel de la Cuenca. Tanto su radio de cobertura, con un alcance de toda la extensión geográfica de la Cuenca y cuencas vecinas, como la cantidad de estaciones simultáneas que soporta la ECC, más de 200 estaciones, hacen de esta Red un pilar fundamental para el diseño y operación de un Sistema Soporte de Decisión de la Cuenca del Río Bermejo.

Institucionalidad, Participación y Sostenibilidad

El diseño estratégico de la Red, la elección del equipamiento, la confección de los pliegos licitatorios para la instalación y puesta en marcha y el análisis de ofertas y adjudicación de las obras se realizaron con la participación de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación y los organismos competentes de todas las provincias de la Cuenca en Argentina, la Prefectura de Tarija en Bolivia, y profesionales especializados tanto de la Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo de Bolivia, como de la Comisión Regional del Río Bermejo de Argentina.

A partir del convenio suscripto entre diversos organismos gubernamentales de Argentina, con competencia en el área de Recursos Hídricos, y la COBINABE, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en Argentina puso a disposición de la Comisión Binacional la Estación Central de Comunicaciones del Sistema, y se comprometió al mantenimiento posterior de la Red, mediante el operador de la Red Hidrológica Nacional. También en Bolivia, mediante convenio suscripto al efecto, el mantenimiento y operación de las estaciones ubicadas en ese territorio serán realizados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMIH).

La metodología participativa de trabajo para el diseño e implementación de la Red permite que su experiencia sea replicable a otras cuencas con características similares.

En el proceso de planificación de la Red se buscó, mediante la integración de equipos técnicos, alcanzar consensos en todas las jurisdicciones intervinientes, contemplar las necesidades de los beneficiarios, y asegurar el funcionamiento para su operación y mantenimiento, mediante previos acuerdos interinstitucionales con organismos locales.

3.2. Red Hidrosedimentológica

Este componente integra la información hidrosedimentológica histórica disponible en las estaciones de medición de la Cuenca del Río Bermejo que conforman la Red Hidrometeorológica Nacional, compuesta por más de 40 estaciones.

La información hidrosedimentológica que contiene el **SIGBermejo** cuenta con datos de:

- precipitación máxima mensual
- altura de precipitación mensual, para Tarija
- caudal medio diario
- precipitación media diaria
- caudal medio mensual
- niveles horarios
- caudal sólido histórico
- aforos, para la Cuenca Argentina.

3.3. Cartografía

La cartografía, tanto en términos de mapas elaborados, como de la información en ambiente SIG, en formato shapefile, corresponde a materiales elaborados en el marco del PEA Bermejo en su fase de formulación y de implementación.

En cuanto a la información en ambiente SIG, la base cartográfica de la Cuenca se presenta a una escala de 1:250.000, la que se complementa con diferentes capas temáticas específicas elaboradas con un mayor nivel de detalles.

El componente de Cartografía posee los siguientes submenús:

- Mapas Temáticos
- Mapa Interactivo
- Catálogo de capas

Mapas Temáticos

Contiene imágenes de mapas en formato imagen (*.jpg), junto a una serie de metadatos que permiten identificar la información.



Pantalla del submenú Mapas temáticos componente cartografía en el SIGBermejo

Mapa Interactivo

El servicio de mapas fue implementado bajo el producto ArcIMS de ESRI/ServletExec New Atlanta/IIS.

Presenta tres sectores:

1. Herramientas: permiten interactuar con el servicio de mapas.
2. Visor: presenta las imágenes en función de las capas seleccionadas.
3. Selector de capas: presenta el listado de capas geográficas que contiene el sistema, agrupados por temática.

Catálogo de capas

Constituye la biblioteca de las capas geográficas, y permite realizar búsquedas por palabra clave y obtener una descripción del contenido y una previsualización en miniatura de la capa.

3.4. Normativa Ambiental

En relación a la normativa ambiental correspondiente a la República Argentina, el SIGBermejo posee un link que conecta directamente a la página del Consejo Hídrico Federal (COHIFE), que contiene el digesto legal ambiental en esa materia.

Como se mencionó anteriormente, la COBINABE cuenta con el código fuente del diseño del sistema, lo que permitirá en el futuro realizar la actualización e incorporación de nuevos links en esta sección, abarcando los diferentes sitios con la normativa ambiental vigente en cada uno de los países.

3.5. Estadística

Este componente contiene la siguiente información:

1. Censo de Población y Vivienda: presenta la información del Censo de Población, Hogares y Vivienda 2001. Los datos están divididos en dos grupos: Población y Hogares.
2. Salud: es provista por los organismos gubernamentales competentes en la materia y presenta datos desagregados por casos de ocurrencia sobre defunciones y egresos. Además, incluye un listado de hospitales de las cuatro provincias argentinas.
3. Energía eléctrica: contiene el consumo de usuarios por localización geográfica, discriminados por uso residencial, comercial, industrial, servicios sanitarios, tracción, cooperativas y oficial autogeneración y otra lo facturado a Grandes Usuarios del MEM y MEMSP (Kwh).
4. Censo Agropecuario: correspondiente al Censo Agropecuario 2002, cuenta con datos relativos a cultivos, a mano de obra y a tenencia de la tierra de las cuatro provincias argentinas.

3.6. Red de Monitoreo de Calidad de Agua

La COBINABE, juntamente con los organismos jurisdiccionales de Cuenca de Argentina (COREBE) y de Bolivia (OTNPB), y con los Laboratorios de Agua

de las provincias argentinas de Chaco, Formosa, Jujuy y Salta, y de la Universidad Juan Misael Saracho del Departamento de Tarija, Bolivia, diseñó e implementó la Red de Monitoreo de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo.

Esta Red está conformada por 40 puntos de muestreo, de los cuales cuatro están ubicados en tramos binacionales del río, donde se miden sistemáticamente parámetros físicos, químicos y biológicos.

A partir de las campañas realizadas entre los años 2003 y 2009, y del trabajo conjunto de todos los participantes, a través de los diferentes talleres realizados, donde se evaluaron tanto los resultados analíticos, las experiencias de las tomas y el procesamiento de las muestras, como todos aquellos aspectos de logística y organización de las mencionadas campañas, quedó definida la Red de Monitoreo de Calidad de Agua, que forma parte del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo.

La Red de Monitoreo propuesta para el Río Bermejo y sus tributarios se orienta al planteo de estrategias de manejo del recurso hídrico, y sus objetivos son los siguientes:

- adoptar y aplicar criterios y metodologías comunes para la implementación de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua;
- estimar la evolución espacial y temporal de la calidad del agua;
- obtener información para la toma de decisiones y definición de requisitos para diversas funciones y usos del agua;

- predecir la calidad del recurso hídrico y evaluar la adecuación de las medidas de control de la contaminación del agua, etc;
- proponer esquemas de muestreo con propósitos de calibración en modelos de simulación.

Para ello, se tomó en consideración y se acordó la ubicación de los diferentes puntos de muestreo, la frecuencia de muestreo, y la definición y selección de los parámetros de calidad de agua por medir en cada uno de los puntos. Asimismo, se elaboró y aprobó por parte de todos los involucrados, la Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo.



Toma de muestra para análisis de calidad de agua

Localización de las Estaciones de Monitoreo

En las siguientes Figuras se muestra la localización de los puntos de muestreo de calidad de agua de Argentina y Bolivia.



Localización de los puntos de muestreo de Argentina y en los tramos de Río compartido



Localización de los puntos de muestreo de Bolivia y en los tramos de Río compartido

Parámetros a Monitorear

La definición de los parámetros de calidad monitoreados en cada una de las estaciones se realizó considerando aquéllos que actualmente presentan un mayor impacto por las actividades económicas y de servicios desarrolladas en la Cuenca del Río Bermejo.

Frecuencia de muestreo

Se estableció una frecuencia de dos (2) muestreos anuales para la totalidad de las estaciones de muestreo seleccionadas para la componente agua superficial. En este sentido, y a los efectos de que coincidan con las estaciones climáticas, se acordó realizar un (1) muestreo durante la estación seca y un (1) muestreo durante la estación de lluvias.

Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo

La Guía Operativa de la Red contiene los elementos básicos que se deben tener en cuenta para el establecimiento y realización de programas de monitoreo de calidad de agua, en lo concerniente a las actividades de muestreo y análisis de muestras.

Es un instrumento técnico que establece la rutina de muestreo y análisis de las muestras extraídas para su incorporación en la Red, con criterios uniformes para la toma de muestra y análisis *in situ* y en laboratorio, y que provee alternativas técnicas factibles, en especial para el trabajo de los laboratorios regionales y personal de campo.

De esta forma se pretende que los datos obtenidos sean representativos, consistentes y comparables, y que cuenten, además, con un nivel de confianza aceptado *a priori* por los responsables del proyecto de monitoreo de calidad de agua en ejecución, lo cual facilitará una fluida comunicación entre los grupos de tareas.

La adopción y aplicación de la metodología de cadena de custodia de aceptación internacional, desarrollada y aplicada por Organismos nacionales de referencia y adoptada por Comités de Cuenca, garantizarán la trazabilidad y representatividad de los datos que se generarán en las campañas de monitoreo.

También se diseñaron e implementaron las Plantillas de Campo y el Protocolo de Laboratorio comunes, lo que permitió presentar la información en un formato que facilitó la interpretación de la in-



Filtrado de la muestra de agua "in situ"

formación obtenida y evitó, entre otras dificultades, diferencias en las unidades y técnicas analíticas utilizadas.

Asimismo, se diseñó un formato de etiqueta para rotular fácilmente las muestras extraídas, con el fin de evitar confusiones que puedan invalidar resultados.

En el Anexo III, se presentan las características de los puntos de muestreo y el detalle de los parámetros físicos, químicos y biológicos que se determinan en cada punto.

Finalmente, en el Anexo IV se presenta la Guía Operativa de la Red de Monitoreo de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo.

3.7. Directorio de Actores

Este componente reúne datos de los organismos que intervienen, de una u otra manera, en la gestión de la Cuenca del Río Bermejo.

3.8. Centro Documental

El Centro Documental agrupa los documentos relacionados a la temática de la Cuenca, y éstos constan tanto de textos como de fotografías.

4. Lecciones aprendidas, buenas prácticas y replicabilidad

En el marco de la ejecución de las acciones del PEA Bermejo y con vistas a la sostenibilidad de las acciones, se destacan tres conceptos importantes: las Lecciones Aprendidas, las Buenas Prácticas y la Replicabilidad.

El concepto Lecciones Aprendidas hace referencia a los conocimientos adquiridos a partir del diseño e implementación de las acciones, en términos de cómo hacer o no hacer para obtener éxito en la concreción de una necesidad o en respuesta a una demanda.

Por su parte, las Buenas Prácticas son acciones realizadas de modo continuado, que presentan resultados concretos y mensurables, efectivos y sostenibles en términos ambientales y consistentes con la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

Finalmente, la replicación o replicabilidad se de-

fine como el uso de las lecciones y experiencias de un proyecto, en el diseño e implementación de otros proyectos.

En este sentido, el diseño e implementación del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo en general, y de cada uno de los componentes en particular, brindan un rico conjunto de lecciones aprendidas y buenas prácticas, las cuales se plasman en la replicación de las acciones.

A continuación se describen brevemente las principales Lecciones Aprendidas y Buenas Prácticas:

Lecciones Aprendidas

La participación de todos los sectores involucrados desde la etapa de diseño del proyecto facilitó su posterior implementación, ya que se enriquece

con los aportes específicos de cada uno de ellos. En el caso de la Red Hidrometeorológica, esta situación estuvo reflejada en la participación de la COBINABE a nivel binacional, la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina, la COREBE, la OTNPB, los representantes de los organismos competentes de las provincias argentinas de la Cuenca y de la Prefectura de Tarija, Bolivia, así como del Instituto Nacional del Agua (INA) de Argentina.

En este sentido, la participación de los organismos competentes de la Cuenca de ambos países en los procesos de diseño estratégico, elección del equipamiento, confección de los pliegos licitatorios y análisis de ofertas y adjudicación de las obras de la Red garantizó la aceptación de las acciones de su instalación y puesta en marcha, y sentó las bases de los acuerdos institucionales vigentes que dan a la Red sustentabilidad operativa y de mantenimiento.

Resultó de importancia para la sostenibilidad de la Red Hidrometeorológica el acuerdo interinstitucional, previo a la puesta en marcha de la Red, que dio como resultado el compromiso de la Subsecretaría de Recursos Hídricos (SSRH), de Argentina, y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), de Bolivia, para la operación y mantenimiento de las estaciones a través de su incorporación a las redes nacionales.

La generación de una instancia técnica, donde los especialistas temáticos responsables de ejecutar las acciones puedan discutir e intercambiar información y pareceres, es un factor determinante



Inspección de las obras de instalación de las estaciones remotas



Curso de capacitación sobre la operación y mantenimiento de la Red Hidrometeorológica destinado a operadores y principales usuarios

para el logro de los objetivos establecidos. En este sentido, el grupo de expertos conformado por los responsables y técnicos de los laboratorios de calidad de agua se transformó en el núcleo de las acciones de monitoreo de calidad de agua de la Cuenca. El funcionamiento de este grupo, por un lado, facilitó la ejecución de las acciones y la distribución de las responsabilidades, y, por otro, aportó a la sostenibilidad de acciones, a través del fortalecimiento de las capacidades locales y el aumento del compromiso, tanto personal como institucional, de los integrantes.

La planificación y organización de las campañas de monitoreo de calidad del agua constituye un proceso complejo debido a la cantidad de partes intervinientes y a los múltiples aspectos que deben ser considerados (insumos, materiales, movilidad, recursos humanos disponibles, oportunidad, varia-

bles meteorológicas, etc.). En este sentido, la experiencia indica que resulta necesario disponer del tiempo suficiente para dedicarse a estas tareas previo al inicio de las campañas.

Buenas Prácticas

La implementación del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo y de sus componentes permite identificar un conjunto de acciones realizadas de modo continuado, que presentan resultados concretos y mensurables, y que, juntamente con las lecciones aprendidas, resultan fundamentales para el diseño y replicabilidad de las acciones.

Estas buenas prácticas se encuentran en la etapa de diseño, en la puesta en marcha y en la ejecución de las acciones.

El proceso de diseño y puesta en marcha de la Red Hidrometeorológica se considera una buena práctica principalmente por la amplia participación de los actores involucrados (tomadores de decisión, operadores y usuarios) y por los acuerdos interinstitucionales que garantizan su operación y mantenimiento.

Asimismo, la elección del sistema de transmisión por rebote meteorítico resultó en un sistema de comunicación sin costo operativo y con una capacidad de ampliación que da una enorme potencialidad al sistema para la gestión de los recursos hídricos y naturales.

Por otra parte, la implementación de la Red de

Monitoreo de Calidad de Agua resultó exitosa, principalmente, por dos aspectos. El primero, referido al abordaje en el diseño y ejecución de las campañas con la participación de los representantes de los laboratorios, mediante un proceso participativo de talleres, reuniones técnicas y consultas permanentes. El segundo aspecto se refiere al fortalecimiento de las capacidades locales, no sólo a través de la provisión de equipamiento, sino también por el fortalecimiento de las capacidades institucionales y humanas como resultado de asumir las responsabilidades de conducción y ejecución de las campañas de calidad de agua en la Cuenca.

Finalmente, resultó fundamental la capacitación de los actores involucrados (generadores de información, usuarios, operadores, etc.) en la medida que se establecieron nuevos sistemas de manejo, adquisición y procesamiento de información ambiental.

En el caso de la Red Hidrometeorológica, se capacitó a los operadores y principales usuarios, tanto de Argentina como de Bolivia, en la operación y mantenimiento de la Red. Participaron en esta capacitación los representantes de las Direcciones de Defensa Civil de las provincias, con el objeto de familiarizarse con el funcionamiento de la Red para su utilización como parte de un Sistema de Alerta.

En el caso del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo, se capacitó a los representantes de las provincias de Argentina y del Departamento de Tarija, en Bolivia, en la operación, mantenimiento y administración del SIGBermejo.

Curso de Capacitación SIGBermejo

El curso de capacitación para la operación, administración y mantenimiento del SIGBermejo, se desarrolló entre el 27 y el 29 de junio de 2009 en la sede de la Unidad Provincial de Sistemas y Tecnología de Información (UPSTI) de la Provincia de Formosa. Calle Belgrano 878 PB, TE (03717) 429840, Ciudad de Formosa, Argentina.

Dicho curso estuvo destinado a los profesionales pertenecientes a la COBINABE, a la COREBE, a la OTNPB y a los organismos gubernamentales de las provincias de Formosa, Chaco, Jujuy y Salta y del Departamento de Tarija, responsables de la Gestión de los Recursos Hídricos y los Recursos Naturales. Participaron 21 profesionales.

En el desarrollo del curso se abordaron los contenidos de los Manuales Operativos y Técnicos del Sistema de Información. Para ello, se dividió el dictado del curso en una parte teórica y una parte práctica.

En el primer caso los docentes explicaron las características completas de los componentes del Sistema, como así también la estructura de operación del mismo y las configuraciones de las distintas aplicaciones que conforman el sistema en el servidor. En este último sentido, debido a la especificidad del tema, estuvo orientado principalmente a los participantes con experiencia en programación.

En el segundo caso, los participantes trabajaron directamente en una Terminal de PC donde tuvieron la posibilidad de navegar y operar los componentes del sistema de información, tanto en la visualización de los contenidos como en los procesos de carga de nuevos datos.

Esta práctica resultó muy valiosa desde el punto de vista de comprobar la utilidad del sistema y los datos volcados en el mismo. En este sentido, se identificaron aspectos y contenidos que deben ser corregidos y actualizados.

Finalmente, se realizó una reunión de cierre y evaluación del curso donde los participantes expresaron sus comentarios, sugerencias y propuestas para la operación y mantenimiento del Sistema de Información. Los principales aspectos surgidos de esta reunión de cierre fueron:

- Se destacó la existencia de un sitio que integre y presente la información disponible para la Cuenca del Río Bermejo.
- Es importante integrar a los generadores de información en las provincias.
- Establecer un esquema de organización de la operación y administración del Sistema de Información que relacione al Administrador, a los responsables técnicos de los organismos de Cuenca del Bermejo (COREBE y OTNPB), a los especialistas temáticos de las diferentes áreas del Sistema y a los operadores /usuarios del mismo. En este sentido, se propuso la realización de un Taller o reunión en el corto plazo para poder evaluar el funcionamiento y establecer propuestas de organización y acuerdos interinstitucionales con las provincias.
- Se propuso que el actual Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo en el futuro se adecue a una tecnología IDE (Infraestructura de Datos Espaciales).

Asimismo se concluyó que la totalidad de los participantes usa habitualmente en su trabajo base de datos o Sistema de Información Geográfica (GIS) u otros sistemas de información, mientras que más del 90% de aquéllos está familiarizado con el manejo de dichos temas.

En cuanto a los contenidos del sistema con vistas a la gestión de la Cuenca, más del 90% de los participantes los considera entre adecuados y suficientes. En relación con el diseño y operación del sistema, aproximadamente un 70% de los participantes lo considera amigable o sencillo, mientras que un 30% lo considera complicado.

5. Consideraciones finales

La libre disponibilidad y acceso a la información promueve la transparencia institucional, estimula la participación informada en la toma de decisiones de la comunidad y fortalece los procesos de gestión integrada de los recursos hídricos.

Por ello, la elaboración y puesta en marcha del Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo - SIGBermejo resulta un paso fundamental, tendente a disponer de un Sistema Soporte de Decisión para la gestión y manejo sostenible de los recursos de la Cuenca.

Es importante destacar que los avances tecnológicos tanto en materia de hardware como de software imponen un ritmo de actualización que no siempre es posible de ser acompañado por la adecuación y adaptación de las instituciones responsables de operar y mantener el Sistema de Información. Por lo tanto, resulta fundamental dis-

poner de un SIGBermejo adaptable, ampliable y compatible con los diferentes sistemas en uso.

La implementación y puesta en marcha de este tipo de sistemas de información a través de Internet, en el que coexiste una importante cantidad de información proveniente de diferentes fuentes y con múltiples usuarios, es un proceso lento que requerirá una retroalimentación continua entre administradores y usuarios. Este proceso es el que permite identificar fallas de diseño, fallas operativas y consistencia entre la información proporcionada.

En el caso particular del SIGBermejo, y como resultado de la interacción entre los desarrolladores y los usuarios, en el marco del curso de capacitación realizado para la operación del sistema, se identificaron, entre otros, los siguientes aspectos que el administrador y responsable del sistema deberán considerar oportunamente:

- desfase entre las capas y la imagen;
- páginas desde las que no se puede volver a la página principal;
- para la lectura directa en pantalla del contenido total de los metadatos falta incorporar una barra de desplazamiento. Actualmente es posible su lectura total bajando el archivo a la PC local;
- es necesario desarrollar un mecanismo para revisar y constatar la vigencia de la información contenida. El autor de cada capa debería revisar la información existente y avisar en caso de errores;
- incorporar en el SIGBermejo la información del Centro de Datos del Departamento de Tarija,

desarrollado en el marco del PEA Bermejo: I) base de la cartografía, mapas temáticos e imágenes satelitales de las diversas zonas del Departamento de Tarija; II) base de datos estadísticos, sociales, económicos, de producción, demográficos, etc.; y III) base bibliográfica que contiene un catálogo de la documentación del Centro.

Actualmente, el Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo se encuentra en esta etapa inicial de operación, en la cual se están identificando y realizando los ajustes necesarios para su correcto funcionamiento.

6. Anexos

Anexo I

MANUAL OPERATIVO SIGBermejo



Figura 1. Página principal del SIGBermejo.

El **SIGBermejo** está implementado sobre una plataforma Web. Para acceder, se debe ingresar en la dirección URL www.cobinabe.org, y seguir el link “SIGBermejo”. En la Figura 1, se observa el aspecto de la página principal Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo que se abre en una nueva ventana del explorador de internet.

El ingreso al sistema permite explorar los contenidos de la página principal, la información descriptiva del **SIGBermejo** y la relacionada con la Cuenca del Río Bermejo. Además, se encuentra disponible un mapa de la Cuenca del Plata, donde se señala la ubicación de la Cuenca del Río Bermejo.

Por otra parte, dispone de las herramientas básicas de navegabilidad de toda página Web como, “Ir a página principal”, “Agregar a favoritos”, “Contactarse”, “Mapa del Sitio” y “Enlaces”,

lo que le confiere un manejo y operación muy amigable.

El acceso a la información es libre y gratuito aunque requiere que el usuario se registre para que pueda usar los datos del Sistema. Al ingresar por primera vez, se debe solicitar un alta. Para ello, se debe completar un formulario con datos personales y una dirección de correo electrónico, a la que será enviada, en forma automática, una clave o contraseña.

Posteriormente, para acceder a los diferentes componentes del Sistema, aparece la página que se presenta en la Figura 2, donde se solicita la autenticación del usuario (Figura 3).

En general, el esquema de tareas propuesto dentro del portal podría sintetizarse como búsqueda de la información de interés, descarga de la información a la PC del usuario, y carga de información nueva.

La página principal presenta siete componentes que aparecen en el margen izquierdo de la pantalla, a saber:

1. Directorio de Actores;
2. Centro Documental;
3. Red Hidrometeorológica;
4. Red Hidrosedimentológica;
5. Cartografía;
6. Normativa Ambiental;
7. Estadística



Figura 2. Formulario de Registro de Nuevo Usuario.



Figura 3. Ingreso de usuario y clave.

Se indica el link para el acceso para solicitud de alta de usuario.

1. Directorio de Actores

El componente “*Directorio de Actores*” reúne datos de los organismos que intervienen, de una u otra manera, en la gestión de la Cuenca del Río Bermejo.

Este componente presenta dos submenús:

- Consulta de Datos
- Carga de Datos.

1.1 Consulta de Datos

Es posible realizar la consulta sobre los datos de



Figura 4. Búsqueda Básica – Directorio de Actores.



Figura 5. Búsqueda Avanzada – Directorio de Actores.



Figura 6. Listado con el resultado de la búsqueda realizada.

actores a través de una “Búsqueda Básica” por “Palabra Clave” (Figura 4) o por “Búsqueda Avanzada”; allí se puede seleccionar “Nivel”, “País” y “Provincia” (Figura 5).

Al especificar los valores de selección, se despliega la tabla con los datos deseados. En la Figura 6, se observa el listado con el resultado logrado.

1.2 Carga de Datos

Al ingresar en la opción “Carga de Datos”, se despliega un formulario que debe completarse. Se recomienda leer detenidamente el documento de Normas de Estandarización Mínimas, donde se explican en detalle los datos solicitados, antes de completar la información requerida. En la Figura 7, se observa el formulario mencionado.

Todos los generadores de información de la Cuenca pueden agregar datos al Sistema. Sin embargo, y a los efectos de preservar la calidad de la



Figura 7. Formulario de Carga de Datos de Directorio de Actores.

información, la base de datos no se actualiza automáticamente con la información ingresada, sino que se graba en tablas auxiliares, y sólo una vez confirmada por el Administrador del Sistema, pasa a formar parte de él.

2. Centro Documental

El “*Centro Documental*” agrupa los documentos relacionados con la temática de la Cuenca, y constan tanto de textos como de fotografías. También presenta dos submenús:

- Consulta de Datos
- Carga de Datos.

2.1 Consulta de Datos

El sistema de consulta es igual que el componente anterior. Presenta una “*Búsqueda Básica*” (Figura 8) y una “*Búsqueda Avanzada*” (Figuras 9, 10 y 11).

Una vez hallados los textos o fotografías de interés, pueden visualizarse junto con sus Metadatos desde el Sistema, o bajarse a la PC local.

3. Red Hidrometeorológica

El **SIGBermejo** está conectado a la base de datos del sistema Poseidón-Scada, que administra la Red Hidrometeorológica para permitir al usuario del **SIGBermejo** el acceso para la consulta de esta información.

El usuario puede elegir la estación, la variable de medición y las fechas deseadas para obtener la serie temporal. Las páginas que contienen las funciones mencionadas se presentan en las Figuras 12, 13 y 14



Figura 8. Búsqueda Básica – Centro Documental. (En la Búsqueda Básica se visualiza el acceso a la Búsqueda Avanzada).



Figura 9. Búsqueda Avanzada – Centro Documental.



Figura 10. Búsqueda Avanzada – Textos.



Figura 11. Búsqueda Avanzada – Fotografías.



Figura 12. Selección de datos de interés
Datos hidrometeorológicos.



Figura 13. Resultado de la selección de datos de interés
Datos hidrometeorológicos.

4. Red Hidrosedimentológica

La información hidrosedimentológica que contiene el **SIGBermejo** cuenta con los siguientes datos:

- precipitación máxima mensual;
- altura de precipitación mensual, para Tarija
- caudal medio diario;
- precipitación media diaria;
- caudal medio mensual;
- niveles horarios;
- caudal sólido histórico;
- aforos, para la Cuenca Argentina.

En forma similar a la consulta de los datos hidrometeorológicos, la búsqueda de información se realiza seleccionando la estación, la variable y las fechas de interés.

En la siguiente Figura se presenta la página de búsqueda.

De este modo, se obtiene el subconjunto de



Figura 14. Selección de datos de interés
Datos hidrosedimentológicos.

La forma de acceder a la información es, al igual que en otros componentes, a través de una “*Búsqueda Básica*” (Figura 21), por palabra clave y otra “*Búsqueda Avanzada*” (Figura 22), por ítems.

5.2 Mapa Interactivo

El acceso al “Mapa Interactivo” es posible desde dos puntos en el portal; uno, a través del ícono de Mapa Interactivo de la página principal (Figuras 23 y 24), y otro a través de este submenú. En ambos casos es necesario registrarse. Presenta tres sectores:

1. Herramientas
2. Visor
3. Selector de capas

5.2.1 Herramientas

El sector de herramientas que permiten interactuar con el servicio de mapas se encuentra en el margen izquierdo de la pantalla. Las herramientas principales de desplazamiento del visor aparecen en la parte superior; el resto son herramientas de consulta y análisis de información.

5.2.2 Visor

El visor de mapas presenta las imágenes en función de las capas seleccionadas.

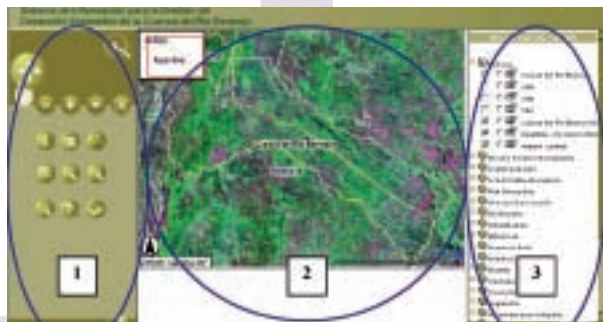


Figura 23. Esquema del Mapa Interactivo.



Figura 21. Búsqueda básica – Mapas Temáticos.



Figura 22. Búsqueda avanzada – Mapas Temáticos.

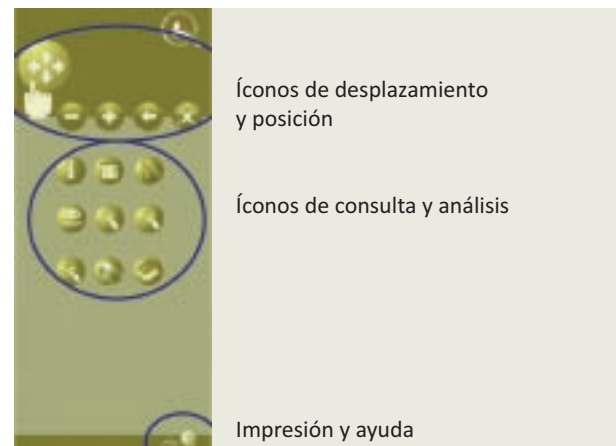


Figura 24. Herramientas del Mapa Interactivo.



Mover. Desplaza el mapa en cualquier sentido (“paneo”). Debe mantenerse presionado el “mouse” sobre el visor y desplazarse hacia la posición deseada. Al hacer “clic” sobre cada una de las flechas se produce un desplazamiento en sentido norte, sur, este y oeste, respectivamente.



Alejar. Activa el “Zoom out” o alejamiento. Tiene dos modos: uno: al hacer un “clic” sobre el mapa, se lo visualiza con menor detalle tomado como centro ese punto; otro: dibujando un rectángulo queda determinada la proporción del alejamiento.



Acercar. Activa el “Zoom in” o acercamiento (se ve con más detalle). Tiene dos modos: uno, en el que al hacer un “clic” sobre el mapa, se visualiza el mapa con mayor detalle tomado como centro ese punto; otro, dibujando un rectángulo queda determinada la zona de visualización. Visualización previa. Vuelva a la escala de visualización última.



Visualización previa. Vuelve a la escala de visualización última.



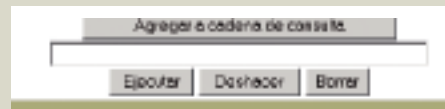
Visualización completa. Activa una visión completa del mapa.



Cambiar vista aérea. Quita o agrega el mapa de referencia sobre el visor.



Identificar. Despliega información sobre la capa activa. Una vez ubicado sobre el botón, debe hacerse “clic” sobre el elemento gráfico de la capa activa sobre la que se desea obtener información de la tabla de atributos.



Consultar. Permite realizar una consulta sobre los datos de la capa activa. Para ello una vez seleccionada la capa activa, debe hacer “clic” sobre el botón y elegir el campo y condición que desea que se cumpla, para luego agregar la expresión. Es posible agregar varias expresiones sobre distintos campos. Cuando las condiciones son satisfactorias, se debe presionar el botón de ejecutar, y todos los elementos gráficos que cumplan las condiciones establecidas quedarán seleccionados y se verán marcados en otro color.



Medir. Mide distancias dentro del mapa (en metros), haciendo “clic” dentro del visor del mapa, va calculando por cada “clic”, la distancia recorrida. Con doble “clic” se cierra el circuito.



Mostrar escala. Permite cambiar la escala de visualización.



Selección con rectángulo. Permite seleccionar elementos gráficos a través de un “clic”, o el trazado de un rectángulo sobre los elementos de interés. En la parte inferior del visor se despliega la tabla de atributos correspondiente a los elementos seleccionados.



Selección con línea o polígonos. Permite seleccionar elementos gráficos, a través del trazado de una línea o un polígono sobre los elementos de interés. En la parte inferior del visor se despliega la tabla de atributos correspondiente a los elementos seleccionados.



Selección por proximidad. Permite seleccionar elementos gráficos de una capa en relación a la cercanía con elementos de otra capa. Primero debe seleccionar los elementos de interés en una capa (debe ser la capa activa), luego se hace “clic” en la herramienta y se selecciona el nombre de la capa de la cual se desea seleccionar elementos y la distancia de búsqueda en metros. Si además se desea ver la tabla de contenidos correspondiente, se debe tildar el casillero.



Si además se desea ver la tabla de contenidos correspondiente, se debe tildar el casillero.



Borrar selección. Borra las selecciones realizadas.



Mostrar leyenda. Muestra la leyenda correspondiente a las capas visibles.



Imprimir. Configura una hoja de impresión A4, que muestra el contenido del visor. Solicita título del mapa.



Ayuda. Muestra una página con la explicación para el uso de cada ícono.

5.2.3 Selector de capas

El selector de capas aparece en el margen derecho de la pantalla y presenta el listado de capas geográficas que contiene el sistema, agrupados por temática.

Al hacer “clic” sobre cada grupo, si éste está precedido por un signo +, se pueden ver las distintas capas que contiene.

Cada capa presenta tres botones: con el (1) se visualiza la capa que automáticamente representará la información en el visor; con el (2) se activa la capa y permite aplicar las funcionalidades provistas por el visor; finalmente, el (3) permite visualizar los metadatos de la capa.

5.3 Catálogo de capas

Este submenú constituye la biblioteca de las capas geográficas. Es posible realizar búsquedas por palabra clave y obtener una descripción del contenido y una previsualización en miniatura de la capa. Además, se dispone de la posibilidad de descargar la capa deseada en formato “shapefile”, en la PC local.

5.4 Carga de Capas

Es posible subir capas nuevas al Sistema. Para ello, debe llenarse el correspondiente formulario y enviarlo al administrador del sistema, quien se hará cargo de ingresar la información.

5.5 Carga de mapas temáticos

Es posible subir nuevas imágenes de mapas al Sistema. Para ello debe llenarse el correspondiente



Figura 25.
Selector de capas del
Mapa Interactivo

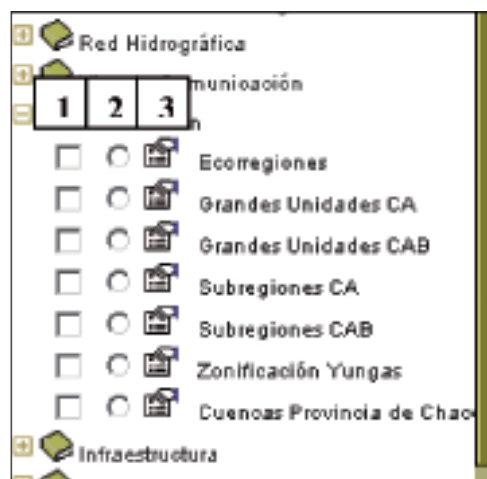


Figura 26. Funcionalidades del Selector de capas.



Figura 27. Búsqueda por palabra clave – Capas geográficas.



Figura 28. Resultado de Búsqueda por palabra clave Capas geográficas.

El catálogo de capas constituye la biblioteca de las capas geográficas. Es posible realizar búsquedas por palabra clave y obtener una descripción del contenido y una previsualización en miniatura de la capa. Además, se dispone de la posibilidad de descargar la capa deseada en formato “shapefile”, en la PC local.

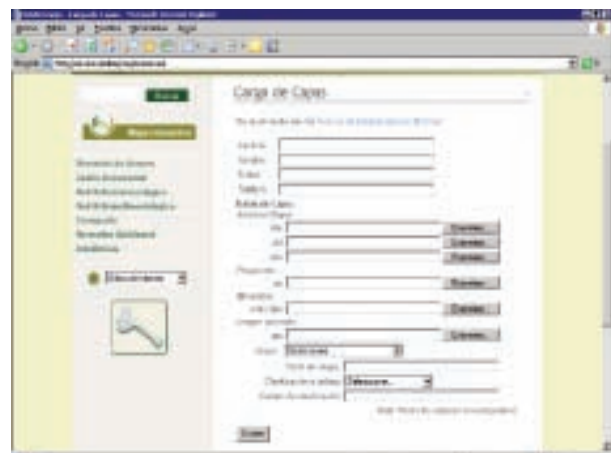


Figura 29. Formulario de carga de datos de capas geográficas.

formulario y enviarlo al administrador, quien se hará cargo de ingresar la información.

6. Normativa Ambiental

Conecta directamente a la página de la COHIFE. Figura 31.

7. Estadística

Este componente contiene los siguientes submenús:

1. Censo de Población y Vivienda
2. Salud
3. Energía eléctrica
4. Censo Agropecuario

7.1 Censo de Población y Vivienda

Presenta la información del Censo de Población, Hogares y Vivienda 2001. Los datos están divididos en dos grupos: Población y Hogares.

La codificación correspondiente a los nombres de campos disponibles puede ser consultada en la misma página de resultados. Luego, el usuario puede seleccionar la información por provincia, departamento, fracción y radio censal.

Una vez que se obtienen los datos de interés, se tiene la posibilidad de guardar los datos en su PC en formato Microsoft Excel.

Además, cada uno de los registros está conectado al radio censal de pertenencia en el “*Mapa Interactivo*”.



Figura 30. Formulario de carga de datos de mapas temáticos.



Figura 31. Enlace directo al portal de la COHIFE.



Figura 32. Selección de tema.

La información referida a Salud es provista por los organismos gubernamentales competentes en la materia y presenta datos desagregados por casos de ocurrencia sobre defunciones y egresos.

7.2 Salud

La información referida a Salud es provista por los organismos gubernamentales competentes en la materia y presenta datos desagregados por casos de ocurrencia sobre defunciones y egresos. En detalle contiene información sobre:

- defunciones de las cuatro provincias para el año 2001;
- defunciones de las cuatro provincias para el año 2006;
- egresos de las cuatro provincias para el año 2000;
- egresos de Jujuy para el año 2005;
- egresos para el resto de las provincias para el año 2006.

Además, incluye un listado de hospitales de las cuatro provincias argentinas.

La consulta presenta dos opciones: consulta de defunciones y de egresos. A partir de ello, el usuario puede seleccionar la información por provincia y departamento de residencia de los casos.

Luego de obtenerse el subconjunto deseado, los datos pueden ser guardados en la PC local.



Figura 33. Consulta de datos del Censo de Población y Vivienda.

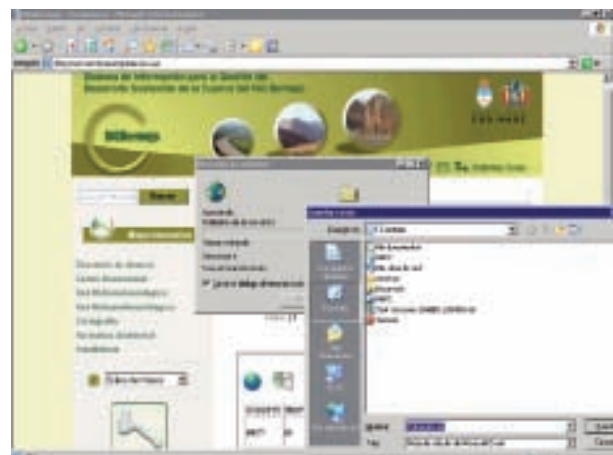


Figura 34. Guarda la tabla seleccionada en formato Excel.

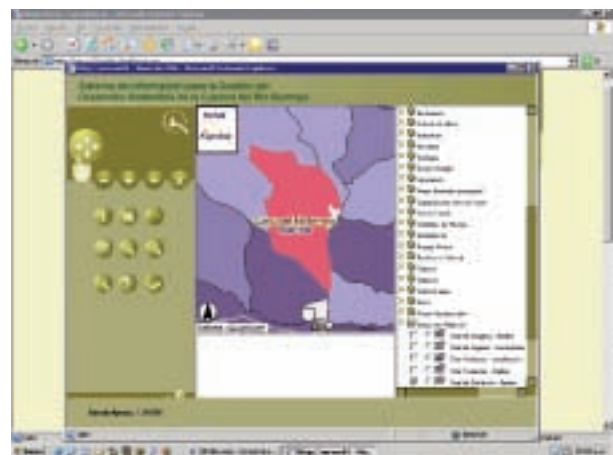


Figura 35. Conexión con el Mapa Interactivo.

Además, cada uno de los registros está conectado al departamento de pertenencia en el “*Mapa Interactivo*”.

7.3 Energía eléctrica

La información, proveniente de los organismos gubernamentales con competencia en el área de energía, se presenta en tres tablas en formato Excel. Una de ellas contiene el consumo de usuarios por localización geográfica, discriminados por uso residencial, comercial, industrial, servicios sanitarios, tracción, cooperativas y oficial autogeneración y otra lo facturado a Grandes Usuarios del MEM y MEMSP (Kwh.).

Los datos se pueden extraer en base a la selección de una serie de variables; y, luego, si se desea, pueden ser almacenados en la PC local.

Además, cada uno de los registros está conectado al departamento de pertenencia en el “*Mapa Interactivo*”.

7.4 Censo Agropecuario

La información disponible, de fuente del INDEC, correspondiente al Censo Agropecuario 2002, cuenta con datos relativos a cultivos, a mano de obra y a tenencia de la tierra de las cuatro provincias argentinas.

Las consultas de la información disponible se pueden realizar seleccionando la provincia, departamento y fracción de interés.

La codificación correspondiente a los nombres



Figura 36. Selección de tema.



Figura 37. Consulta de datos de Salud.



Figura 38.
Selección de tema.



Figura 39. Consulta de datos de Energía Eléctrica.



Figura 40. Selección de tema.



Figura 41. Consulta de datos del Censo Agropecuario 2002.

de campos disponibles puede ser consultada en la misma página de resultados.

Luego de obtener el subconjunto deseado, se pueden almacenar los datos en la PC local o visualizar la fracción seleccionada en el Mapa Interactivo.

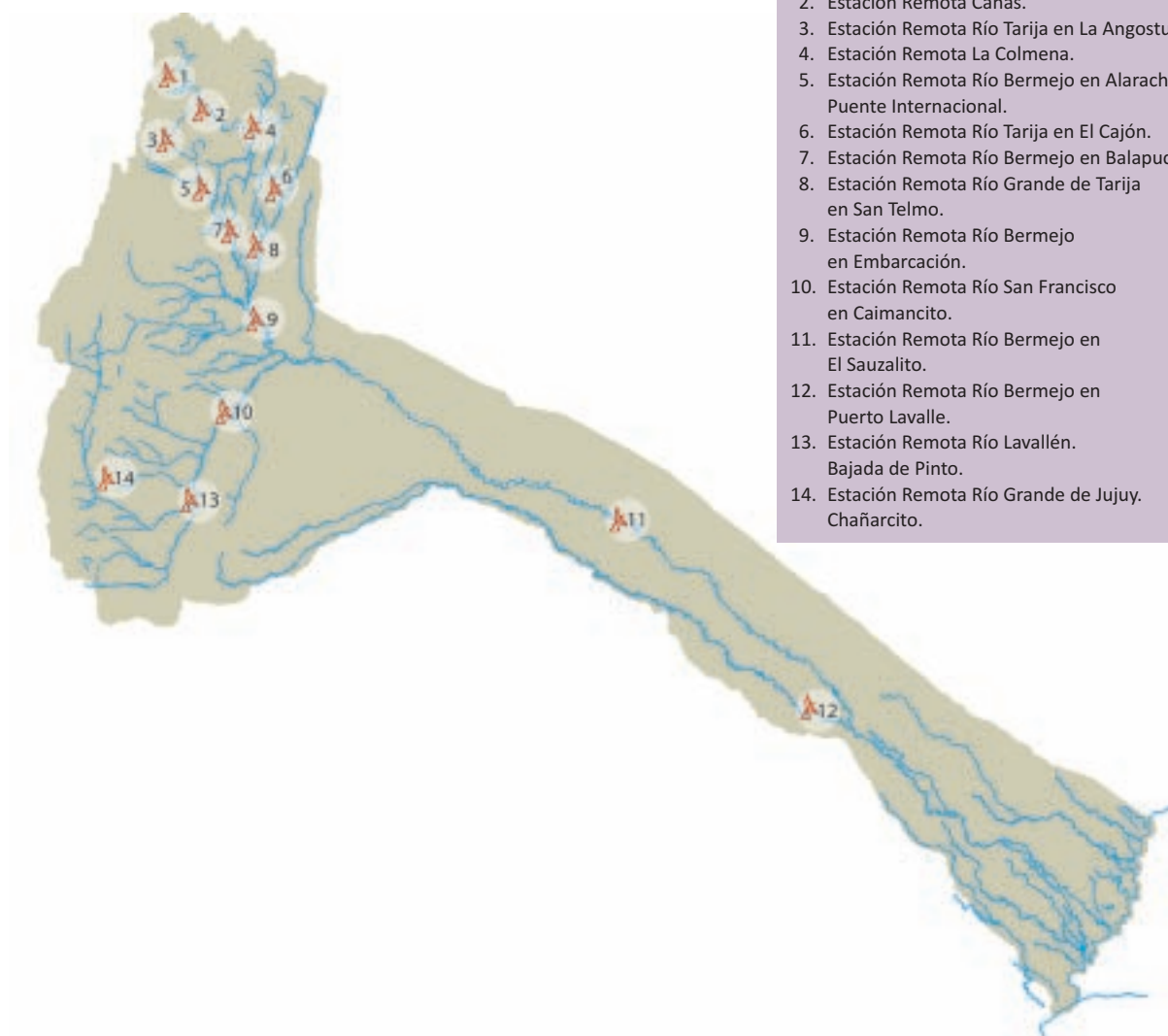
Además, cada uno de los registros está conectado a la fracción de pertenencia en el “Mapa Interactivo”.

Anexo II

RED HIDROMETEOROLÓGICA BINACIONAL

Localización de las Estaciones Remotas

La siguiente Figura muestra la distribución y localización de las 14 Estaciones Remotas que conforman la Red.



Referencias:

1. Estación Remota Tucumilla.
2. Estación Remota Cañas.
3. Estación Remota Río Tarija en La Angostura.
4. Estación Remota La Colmena.
5. Estación Remota Río Bermejo en Alarache, Puente Internacional.
6. Estación Remota Río Tarija en El Cajón.
7. Estación Remota Río Bermejo en Balapuca.
8. Estación Remota Río Grande de Tarija en San Telmo.
9. Estación Remota Río Bermejo en Embarcación.
10. Estación Remota Río San Francisco en Caimancito.
11. Estación Remota Río Bermejo en El Sauzalito.
12. Estación Remota Río Bermejo en Puerto Lavalle.
13. Estación Remota Río Lavallén. Bajada de Pinto.
14. Estación Remota Río Grande de Jujuy. Chañarcito.



Estación Remota Tucumilla, Bolivia



Estación Remota Cañas, Bolivia



Brazo, sensor de radar y escala en la estación remota La Angostura, Bolivia



Cable y vagoneta para medición de aforo en la estación remota La Angostura, Bolivia

1. Estación Remota Tucumilla

Se encuentra ubicada en Bolivia en la provincia de Méndez, Departamento Tarija, en coordenadas 21° 27' 44 Lat. Sur y 64° 49' 48. Long. Oeste y a 2587 m de altitud.

Se instaló una torre de transmisión con un sensor de precipitación a la entrada del pueblo, donde se encuentra un cerco meteorológico de 4 x 4 m con pluviómetro, pluviógrafo y abrigo meteorológico tipo A con dos puertas.

2. Estación Remota Cañas

Se encuentra ubicada en Bolivia en la provincia de A. Arce Ruiz, Departamento Tarija, en coordenadas 21° 53' 44 Lat. Sur y 64° 54' 27 Long. Oeste y a 2215 m de altitud aproximadamente. Está conformada por una torre de transmisión con un sensor de precipitación y un cerco perimetral olímpico.

3. Estación Remota Río Tarija en La Angostura

Está ubicada en Bolivia, provincia de Avilés, Departamento de Tarija, en coordenadas 21° 42' 18 Lat. Sur y 64° 35' 59 Long. Oeste, a una altura aproximada de 1710 m.s.n.m., a una distancia de 26 km de la ciudad de Tarija, y a 500 m aguas abajo del puente de la carretera Tarija-Padcaya. Cuenta con una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río, una estación de aforos de tipo cable y vagoneta, escalas hidrométricas y una vivienda para el aforador.

4. Estación Remota La Colmena

Se encuentra ubicada en Bolivia, en la provincia de O'Connor, Departamento Tarija, en coordenadas

21° 48' Lat. Sur y 64° 15' Long. Oeste; cuenta con una torre de transmisión con un sensor de precipitación.

5. Estación Remota Río Bermejo, en Alarache, Puente Internacional

Se halla ubicada en Bolivia, en la provincia de A. Arce Ruiz, Departamento Tarija, en coordenadas 22° 14' 51 Lat. Sur y 64° 35' 19 Long. Oeste y a 956 m de altitud aproximada, en las cercanías del estribo izquierdo del puente internacional La Marmora-Los Toldos. Cuenta con una torre de transmisión, sensores de precipitación y nivel de río, escalas hidrométricas y un cerco perimetral.

6. Estación Remota Río Tarija en El Cajón

Esta estación está localizada en Bolivia, provincia de O'Connor, Departamento Tarija, en coordenadas 22° 15' 24 Lat. Sur y 64° 10' 10 Long. Oeste. Cuenta con una torre de transmisión con antena, sensores de precipitación y nivel de río, una estación de aforos de tipo cable y vagoneta, y escalas hidrométricas.

7. Estación Remota Río Bermejo en Balapuca

Se encuentra ubicada en la frontera entre Argentina y Bolivia, en coordenadas 22° 29' 31 Lat. Sur y 64° 27' 50 Long. Oeste y a 615 m de altitud, sobre la margen derecha del río Bermejo, en las cercanías de la casa del actual aforador de esta estación.

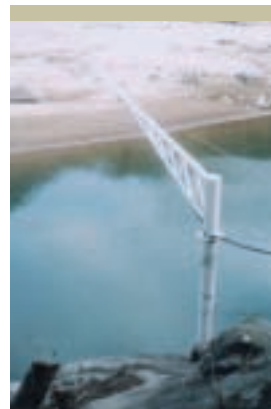
Cuenta con una torre de transmisión con sensores de precipitación y de nivel de río, escalas hidrométricas, y una estación de aforos de tipo cable y



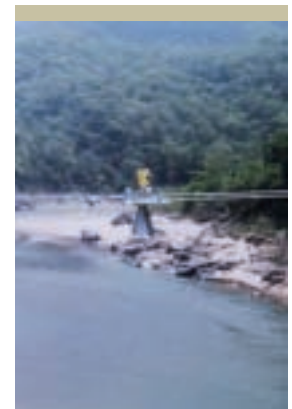
Antena transmisión, cerco perimetral y panel solar de la estación Alarache, Bolivia



Sensor de radar en el puente internacional. Estación Alarache, Bolivia



Brazo y sensor de radar de la estación El Cajón, Bolivia



Detalle del sensor de radar estación Balapuca, Bolivia



Antena de transmisión
estación Balapuca, Bolivia



Brazo y sensor de radar
estación San Telmo, Bolivia



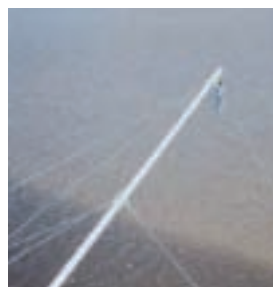
Cerca perimetral, antena,
pluviómetro
y datalogger en
la estación San Telmo, Bolivia



Escala de la estación remota Embarcación, Argentina



Cerca perimetral, antena,
pluviómetro y datalogger en la
estación Caimancito, Argentina



Brazo y sensor de radar
estación Caimancito,
Argentina

vagoneta. El sensor de nivel se encuentra aproximadamente 450 m aguas arriba de este lugar.

8. Estación Remota Río Grande de Tarija en San Telmo

Se encuentra ubicada en Bolivia, Provincia de A. Arce Ruiz, Departamento de Tarija, en coordenadas 22° 34' 18 Lat. Sur y 64° 14' 48 Long. Oeste y a 468 m de altitud aproximada; está instalada sobre la margen derecha del río Grande de Tarija, donde existen barrancas pronunciadas.

Cuenta con una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río, una estación de aforos de tipo cable y vagoneta, escalas hidrométricas y una vivienda para el aforador.

9. Estación Remota Río Bermejo en Embarcación

Se encuentra ubicada en Argentina, provincia de Salta, departamento de Orán, en coordenadas 23° 04' Lat. Sur y 64° 00' Long. Oeste. Está situada sobre la margen izquierda del río Bermejo en la ciudad de Embarcación, en las instalaciones de la toma de agua para la ciudad. Cuenta con una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río, escalas hidrométricas y un cerco.

10. Estación Remota Río San Francisco en Caimancito

Se encuentra ubicada en Argentina, provincia de Jujuy, departamento Ledesma, en coordenadas 23° 34' Lat. Sur y 64° 27' Long. Oeste, en la margen izquierda del río San Francisco, sobre el estribo del viejo puente carretero. Tiene instalada una torre

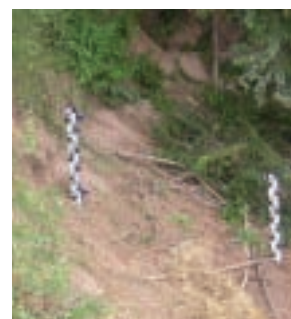
de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río, escalas hidrométricas y un cerco perimetral.

11. Estación Remota Río Bermejo en El Sauzalito

Se halla ubicada en Argentina, provincia del Chaco, coordenadas 24° 25' 58 Lat. Sur y 61° 39' 24. Long. Oeste, sobre la margen derecha del río Bermejo, en las proximidades de la estación automática existente. Cuenta con una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río, escalas hidrométricas y un cerco perimetral.



*Brazo y sensor de radar
estación Sauzalito, Argentina*



*Detalle de las escalas de la
estación Sauzalito, Argentina*

12. Estación Remota Río Bermejo en Puerto Lavalle

Se halla en Argentina, provincia de Chaco, coordenadas 25° 39' 11 Lat. Sur y 60° 07' 33 Long. Oeste, sobre el puente carretero y está conformada por una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río.



*Ubicación del sensor de radar en el Puente de Puerto Lavalle,
Argentina*

13. Estación Remota Río Lavallén. Bajada de Pinto

Se localiza a unos 90 km al Este de S. S. de Jujuy, en Argentina. Está constituida por una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río.

14. Estación Remota Río Grande de Jujuy. Chañarcito

Está ubicada en Argentina, en la provincia de Jujuy, en la margen derecha del río Grande de Jujuy (paraje Chañarcito a unos 70 km al Norte de S. S. de Jujuy). Posee una torre de transmisión con sensores de precipitación y nivel de río.



*Detalle de antena de transmisión y panel solar
en la estación Puerto Lavalle, Argentina*

Software de Gestión del Sistema SGS de la Red

Para el almacenamiento, procesamiento y análisis



Inspección en la estación Bajada de Pinto, Argentina



Configuración del datalogger en la estación Chañarcito, Argentina

sis de la información, se desarrolló un Software de Gestión del Sistema de adquisición de datos y una Base de Datos.

Para ello, se optó por una configuración de servidores basados en el sistema operativo Linux, y como Administrador de la Base de Datos se utiliza PostgreSQL (considerada la base de datos Open Source más avanzada del mundo).

El Software de Gestión engloba y coordina las

actividades de los diversos módulos que lo conforman: un módulo de comunicaciones y un módulo de almacenamiento en base de datos.

La información concerniente a todos los parámetros de configuración es almacenada en una base de datos, lo cual asegura su replicación automática y su disponibilidad para los dos servidores.

La estación principal es la encargada de recibir y realizar las comunicaciones necesarias con las Estaciones Remotas, según una agenda configurable, y de generar eventos y almacenar la información. Toda la información recibida y los eventos se almacenan en una base de datos compatible con ODBC.

La interfase con el usuario permite realizar la gestión de todos los componentes del sistema y garantiza el acceso a la Estación Central de Comunicaciones ECC para su configuración.

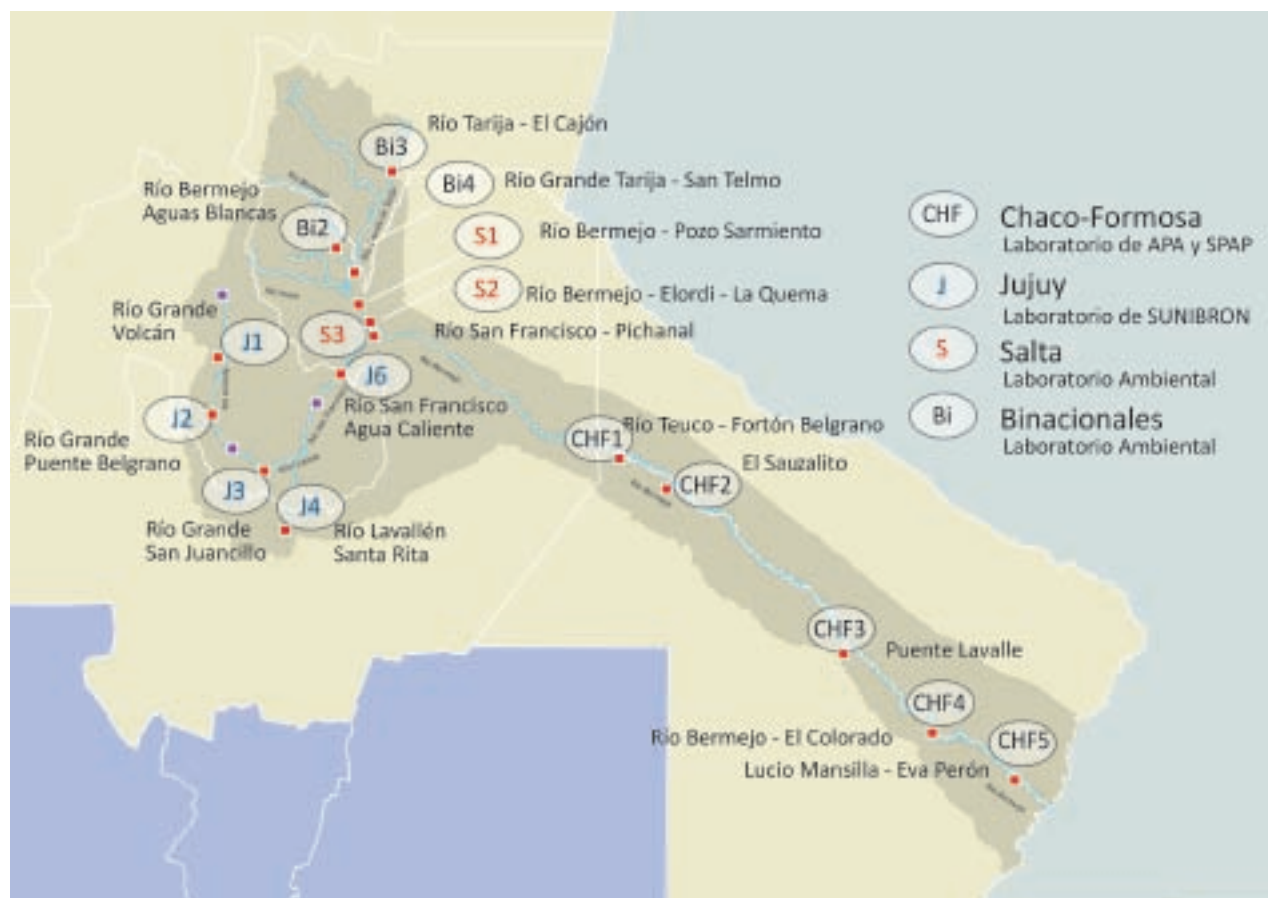
La operatoria se realiza a través de una o varias interfases gráficas, según sean necesarias para cada módulo. Los gráficos se presentan en pantalla y se permite el acceso a sus datos, a través de las tablas de datos. Se dispone, además, de pantallas tipo wizards para la generación y manipulación de los datos, y se cuenta también con la posibilidad de vincular los gráficos a los datos recibidos para mostrar inmediatamente alarmas en éstos con toda la información necesaria.

Anexo III

MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA

Listado y localización de las Estaciones de Monitoreo

Listado de las estaciones de monitoreo localizadas en Argentina			
Código	Localización	Coordenadas	Estación de Monitoreo
J1	Jujuy	A definir en campo	Río Grande – El Volcán
J2	Jujuy	24°09'35.0"S 65°22'20.0"W	Río Grande – Puente Belgrano
J3	Jujuy	24°16'08.2"S 64°33'09.3"W	Río Grande – San Juancito
J4	Jujuy	24°36'10.0"S 54°56'56.7"W	Río Lavallén – Santa Rita
J5	Jujuy	A definir en campo	Río Grande – San Pedro
J6	Jujuy	23°42'44.4"S 64°32'04.7"W	Río San Francisco – Agua Caliente
S1	Salta	23°08'34.4"S 64°11'41.4"W	Río Bermejo – Pozo Sarmiento
S2	Salta	23°14'56.7"S 64°07'51.9"W	Río Bermejo- Elordi- La Quena
S3	Salta	23°21'40.2"S 64°10'40.4"W	San Francisco – Pichanal
Bi1	Binacional	A definir en campo	La Mamora
Bi2	Binacional	22°43'34.6"S 64°21'35.6"W	Río Bermejo – Aguas Blancas
Bi3	Binacional	22°19'40.8"S 64°07'42.6"W	Río Tarija – El Cajón
Bi4	Binacional	22°46'33.1"S 64°09'00.0"W	Río Grande Tarija – San Telmo
Bi5	Binacional	A definir en campo	Quebrada 9
CHF1	Formosa	24°06'40.1"S 62°20'29.6"W	Río Teuco – Fortín Belgrano
CHF2	Chaco	A definir en campo	El Sauzalito
CHF3	Chaco	25°39'19.5"S 60°07'45.7"W	Río Bermejo – Puerto Lavalle
CHF4	Formosa	A definir en campo	Río Bermejo- El Colorado
CHF5	Chaco – Formosa	26°39'47.2"S 58°37'34.8"W	Río Bermejo – Lucio Mansilla – Eva Perón
CHF6	Chaco – Formosa	A definir en campo	Colonia Cano



Localización de los puntos de muestreo de Argentina y en los tramos de Río compartido

Listado de las estaciones de monitoreo localizadas en Bolivia

Código	Localización	Coordenadas	Estación de Monitoreo
PC-1	Bolivia UTM 7636885	20 k 0318545	Río Guadalquivir Normal Canasmoro
PC-2	Bolivia UTM 7629722	20 k 0319378	Río Guadalquivir (aguas abajo población de San Lorenzo)
PC-3	Bolivia UTM 7616932	20 k 0320449	Río Guadalquivir (Puente El peregrino)
PC-4	Bolivia UTM 7611722	20k 0325517	Río Guadalquivir (El Temporal)
PC-5	Bolivia UTM 7599261	20k 0334273	Río Tarija (La Angostura)
PC-6	Bolivia UTM 7618648	20 K 0377545	Río Santa Ana, Camino a Moreta
PC-7	Bolivia UTM 7620126	20 K 378263	Río Pajonal, Camino a Entre Ríos
PC-8	Bolivia UTM 7617849	20 k 0379439	Río Salinas (después de la unión de río Santa Ana y Río Pajonal)
PC-9	Bolivia UTM 7589397	20 k 0371941	Río Salinas (Comunidad de Salinas)
PC-10	Bolivia UTM 7586983	20k 0385175	Río Chiquiacá (antes de la comunidad de Chiquiacá)
PC-11	Bolivia UTM 7580880	20k 0383709	Río Chiquiacá (después de la comunidad de Chiquiacá)
PC-12	Bolivia UTM 7529680	20k 0386882	Río Itaú, cercana al Cajón
PC-13	Bolivia UTM 7488345	20 K 0369353	Quebrada 9 (después del ingenio azucarero del Bermejo)
PC-14	Bolivia UTM 7487680	20 k 036981	Río Grande de Tarija (después de la Unión con la Qda. 9)
PC-15	Bolivia UTM 7576652	20 k 0308147	Río Cañas
PC-16	Bolivia UTM 7577943	20k 0323781	Río Orozas (después de Padcaya)
PC-17	Bolivia UTM 7545080	20 K 0327896	Río Santa Rosa (Frente a La Mamora)
PC-18	Bolivia UTM 7545038	20 k 0329513	Río Condado (La Mamora)
PC-19	Bolivia UTM 7535301	20 k 0342059	Río Bermejo (Emborozú)
PC-20	Bolivia UTM 7515394	20k 0347863	Río Bermejo (Salado)
PC-21	Bolivia UTM 7480474	20k 0363108	Río Bermejo



Localización de los puntos de muestreo de Bolivia y en los tramos de Río compartido

Parámetros a medir en la Red Definitiva de Monitoreo de Calidad de Agua - Lado argentino

	Estación de Monitoreo																			
Laboratorio de Análisis	Jujuy						Salta								Chaco - Formosa					
Parámetro	J1	J2	J3	J4	J5	J6	S1	S2	S3	BI1	BI2	BI3	BI4	BI5	CHF1	CHF2	CHF3	CHF4	CHF5	CHF6
Fósforo total	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrocarburos totales																			X	
Hierro (total y disuelto)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Magnesio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Manganeso (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X				X		X	X
Mercurio (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X				X		X	X
Níquel (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X				X		X	X
Nitrógeno – Nitrato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nitrógeno - Nitrito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oxígeno disuelto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
pH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Plata (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X	X	X				X	X
Plomo (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X	X	X				X	X
Potasio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sodio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sólidos totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sólidos disueltos totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sólidos suspendidos totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sulfato	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Turbidez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Zinc (total y disuelto)		X	X							X	X	X	X	X					X	X
Coliformes totales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Coliformes fecales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fitoplancton:	X							X	X						X	X	X	X	X	
Taxonomía, Cuantificación																				
Pesticidas organoclorados:																				
Aldrin, Clordano, Dieldrin, Endosulfán I, Endosulfan II, Endrin, Endrin aldehyde, Heptacloro, Heptacloro Epóxido, Hexaclorobenceno, Metoxicloro, 4,4' – DDD, 4,4' – DDE, 4,4' – DDT, BHC, BHC – BHC, g - BHC (Lindano)	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pesticidas organofosforados:																				
Clorpirifos, Dimetoatos, Paration, Metilparation, Malatión	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Herbicidas:																				
Glifosato				X					X	X	X	X	X			X		X	X	

Parámetros a medir en la Red Definitiva de Monitoreo de Calidad de Agua - Lado boliviano

[illegible]

Anexo IV

GUÍA OPERATIVA DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO BERMEJO

Introducción

La Guía que se presenta a continuación contiene los elementos básicos que se deben tener en cuenta para el establecimiento y realización de programas de monitoreo de calidad de agua en lo concerniente a las actividades de muestreo y análisis de muestras.

El propósito de esta Guía ha sido el de reunir visiones, experiencias y recomendaciones desarrolladas por diferentes organizaciones nacionales e internacionales, a fin de presentar la información técnica básica que permita discutir los elementos sustanciales de la Guía Operativa para la operación de la Red de Calidad de Agua de la Cuenca del Río Bermejo, mediante el establecimiento de alternativas técnicas factibles, en especial para el trabajo de los laboratorios regionales y personal de campo. Se pretende proceder de manera tal que los datos obtenidos por cada uno de ellos sean representativos, consistentes y comparables, y que cuenten con un nivel de confianza aceptado a priori por los responsables del proyecto de monitoreo de calidad de agua en ejecución. Esto facilitará una fluida comunicación entre los grupos de tareas.

Objetivos

- Constituir esta Guía como un instrumento técnico consensuado que establezca la rutina de muestreo y análisis de las muestras extraídas para su implementación.
- Armonizar las técnicas analíticas a emplear y procedimientos operativos recomendados para garantizar la representatividad, preservación y custodia de las muestras.

Diseño de un Programa de Monitoreo

Propósitos del monitoreo

Las principales razones para el establecimiento de programas de monitoreo de la calidad del agua tienen que ver con la necesidad de verificar si la calidad de este recurso cumple con las condiciones para los usos requeridos, con la determinación de las tendencias de la calidad del ambiente acuático, el establecimiento del grado de afectación debido al vertimiento de contaminantes de naturaleza antrópica y con la estimación de los flujos de contaminantes y nutrientes vertidos a los ríos, aguas subterráneas, lagos, etc., o que ingresan a través de fronteras internacionales

Descripción del área de monitoreo

La descripción del área de monitoreo debería considerar, como mínimo, lo siguiente:

- definición del alcance del área de estudio;
- resumen de las condiciones ambientales y procesos que puedan afectar la calidad del agua, incluidas las actividades antrópicas desarrolladas en ella;
- información meteorológica e hidrológica;
- descripción y clasificación de los cuerpos de agua;
- potenciales y/o actuales usos del agua.

Un programa de monitoreo usualmente cubre la totalidad de una cuenca (por ejemplo, un río principal y sus tributarios, zanjas, canales, etc). Como el sistema en su totalidad es generalmente muy amplio, suele ser conveniente dividir a la cuenca en varias subcuencas para su estudio.

Una descripción del área de la cuenca incluye su tamaño (en km²), su ubicación geográfica y la identificación de cada tributario del sistema.

Selección del sitio de muestreo

El desarrollo de un programa de monitoreo requiere del establecimiento del sitio en el cual se realizará el muestreo, y su selección queda sujeta al objetivo que se persigue a través del programa.

Algunos factores y criterios que pueden considerarse para la ubicación de sitios de muestreo en cuerpos de agua superficial se pueden agrupar en:

- **factores fundamentales o estructurales:** son los que determinan el porqué y el para qué de la localización del sitio, e involucran aspectos tales como condiciones de referencia, principales vuelcos e ingreso de contaminantes, confluencia con ríos principales, políticas relacionadas con el recurso hídrico, zonas de desarrollo industrial y urbano existentes y potenciales, áreas de riego y cría de ganado, entre otros;
- **factores condicionantes:** son los que se refieren a las limitaciones propias de cada localización, que tienen que ver con la dificultad de acceso al sitio seleccionado, seguridad de los equipos y del personal involucrado, infraestructura existente, características hidráulicas de la sección y tramo, cercanía a estaciones hidrológicas existentes y facilidad para la recolección de muestras, entre otros;
- **factores limitantes:** son los que se refieren al presupuesto y al equipo de medición (capacidad, precisión, requerimientos de instalación, operación y mantenimiento), entre otros.

Una vez hecho el análisis de los factores intervinientes y establecido el sitio de muestreo, es necesario determinar su localización exacta; ésta deberá ser lo suficientemente adecuada para permitir mantener una historia, es decir, que con el tiempo las características del sitio se mantengan. En este sentido, resulta de vital importancia la utilización de equipos de posicionamiento (GPS, del inglés *Global Positioning System*) que permitan la georreferenciación de las estaciones.

Los procesos que afectan la calidad de agua y su influencia deberán considerarse como factores clave al momento de seleccionar la ubicación de los sitios.

Se denomina macrolocalización a los tramos o áreas de un río que son representativos del nivel de calidad de toda la cuenca. Es conveniente sistematizar la metodología con que se efectúa la macrolocalización a fin de independizarla de preferencias o sesgos que el grupo de tareas posea sobre la temática por abordar para el caso en cuestión.

El punto exacto del tramo del río en el cual la muestra es tomada se refiere como microlocalización, y será la estación de muestreo que dará un valor representativo del área de monitoreo (por ejemplo, de toda la sección transversal del tramo del río en cuestión o columna de agua en un cuerpo lacustre).

La selección del sitio de muestreo requiere considerar los objetivos de monitoreo y en algún sentido el conocimiento de la geografía del curso de

agua, así como también de los usos previstos y de los aportes contaminantes que ingresan con los tributarios.

La microlocalización de estaciones se halla más vinculada a la selección de un punto de toma de muestra óptimo, donde la mezcla respecto de los contaminantes de interés sea perfecta, es decir, que el tramo sea homogéneo, en función de aspectos hidrológicos y geomorfológicos del cauce. El objetivo que se persigue es el de caracterizar la zona mediante pocas muestras simples.

La última fase consiste en definir exactamente los puntos de toma en la transecta, para que, cuando se opera por ejemplo en ríos, éstos aporten un dato válido para evaluar tanto el nivel de concentración medio, como el flujo másico de los contaminantes de interés.

Las estaciones de muestreo en ríos deberán establecerse por regla general en sitios de buena mezcla. Sin embargo, la mezcla lateral y vertical de una corriente de desechos que ingresa al cuerpo de agua o un tributario que se incorpora al cauce principal puede ser un proceso relativamente lento, en particular si el flujo en el río es laminar y las aguas se encuentran a diferentes temperaturas.

La mezcla completa de un tributario y la corriente principal puede producirse a una distancia considerable, algunas veces en el orden de los kilómetros, aguas abajo de la confluencia.

La zona de mezcla completa puede estimarse de

los valores establecidos en la Tabla N° 1. Sin embargo, el alcance de la zona de mezcla puede chequearse con una estimación simple de temperatura o alguna otra variable característica a diferentes puntos del ancho del río.

Un puente constituye un lugar excelente para el establecimiento de una estación de muestreo, ya que es fácilmente accesible, claramente identificable y puede ser precisamente descripta. En general, un puente permite extraer muestras que representen en forma adecuada las características de toda el agua del río, en el medio de la corriente y en la zona de buena mezcla.

Tabla N° 1. Distancia estimada para la zona de mezcla en corrientes y ríos		
Ancho promedio [m]	Profundidad media [m]	Distancia estimada para mezcla completa [km]
5	1	0.08-0.7
	2	0.05-0.3
	3	0.03-0.2
10	1	0.3-2.7
	2	0.2-1.4
	3	0.1-0.9
	4	0.08-0.7
	5	0.07-0.5
20	1	1.3-11.0
	3	0.4-4.0
	5	0.3-2.0
	7	0.2-1.5
50	2	8.0-70.0
	3	3.0-20.0
	5	2.0-14.0
	10	0.8-7.0
	20	0.4-3.0

Ref: UNEP/WHO (1996b)

Metodología de muestreo

Los resultados analíticos obtenidos en el laboratorio nunca pueden ser más confiables que la muestra sobre la cual se realizan las pruebas. Se puede afirmar con seguridad que la mayoría de los datos erróneos implica problemas atribuibles a un inadecuado muestreo más que a técnicas inadecuadas de laboratorio.

La recolección de muestras de agua puede parecer una tarea relativamente simple; sin embargo, se requiere algo más que la inmersión de un recipiente en el agua para obtener muestras representativas de ésta y su preservación hasta que sean analizadas en el laboratorio.

Se presentan a continuación algunos aspectos útiles para considerar en el establecimiento de la metodología de muestreo:

- disponibilidad de personal idóneo y capacitado en las técnicas de extracción, almacenamiento y preservación correspondientes a los parámetros por determinar; correcta identificación de envases y llenado de las planillas de campo;
- utilización correcta de equipos de campo y calibración de éstos, de acuerdo a las normas de práctica específicas para el parámetro que se debe medir;
- selección apropiada de las estaciones de muestreo y de los puntos de extracción en cada uno de ellas;
- organización respecto de la distribución de actividades de los distintos grupos de trabajo que efectuarán las tareas;

- conveniencia de operar el programa de monitoreo en la red, con la mayor uniformidad posible en cuanto a los criterios técnicos acordados para las tareas de toma de muestra.

Procedimiento para toma de muestras de agua superficial

En general se recomienda seguir las siguientes guías generales para el muestreo de calidad de aguas:

- no recoger partículas grandes y no homogéneas, como por ejemplo, hojas;
- colocar el equipo de muestreo de frente a la corriente para evitar contaminación. En un puente, lo más adecuado es muestrear de frente al sentido de la corriente para observar el acercamiento de objetos flotantes;
- recoger suficiente volumen de muestra para permitir la aplicación de los procedimientos de control de calidad;
- registrar en el cuaderno de campaña posibles fuentes de interferencia, condiciones ambientales y áreas problemáticas.

Métodos de muestreo

Antes de iniciar el muestreo es importante tener claramente definida la forma como serán tomadas las muestras. Se debe revisar detalladamente, entre otros aspectos, el presupuesto, el personal con que se cuenta, su disponibilidad y capacitación, el transporte, los costos de inversión, los costos de operación y mantenimiento, la vida útil de los equipos, los requerimientos y disponibilidad de energía y espacio, al momento de ejecutar la campaña.

Muestreo manual

Las muestras manuales generalmente se toman en un breve período de tiempo y admiten flexibilidad en tiempo y espacio, por la amplia disponibilidad de equipamiento que se adapta a cada condición y necesidad. El equipo debe ser construido en materiales que no afecten la composición de la muestra; deben ser de fácil limpieza y con un diseño que permita una cómoda transferencia del contenido del muestreador al recipiente sin que se pierda materia suspendida por sedimentación en su interior.

El muestreo manual se realiza cuando se tienen sitios de fácil acceso, y ofrece la ventaja de permitir al operador la observación de cambios en las características del agua en cuanto a sustancias flotantes, color, olor, aumento o disminución de caudales, etc.

Muestreo automático

El muestreo automático es aconsejable cuando los sitios son de difícil acceso o cuando se requieren datos continuos en el tiempo de determinados parámetros. Tiene como ventaja una mayor precisión en la toma de muestras, y como desventaja, la complejidad de su montaje y calibración, además de que requiere revisiones continuas para evitar atascamientos u otras fallas. Sin embargo, la aplicación de un muestreo automático requiere instalar una serie de equipos y herramientas que elevan el costo, convirtiéndose en un factor limitante para su implementación.

La obtención de muestras representativas de

agua superficial comúnmente requiere de la preparación cuidadosa del equipamiento que será empleado en campo; en especial, en caso que el sitio de muestreo se encuentre alejado del laboratorio u oficina, lo cual torna difícil el reabastecimiento de provisiones o la recolección de artículos olvidados.

Obtener una muestra representativa significa igualmente la correcta elección del equipo de campo. Si lo que se intenta es evaluar la presencia de metales, no será adecuada la utilización de muestreadores con componentes metálicos, evitándose también el uso de los mismos cuando sus componentes son plásticos, al analizarse componentes orgánicos, ya que este material podría absorber y contaminar las muestras recogidas.

Tipos de muestra

En líneas generales, las muestras pueden ser de tres tipos: puntuales, compuestas o integradas.

Las muestras puntuales son aquellas que se toman aisladamente, en un momento particular en el tiempo, y se analizan por separado. Son esencialmente una guía del aspecto y composición del universo que se está evaluando en el instante de la extracción.

La representatividad de una muestra puntual es de valor limitado, pero puede ser usada en el seguimiento de las características rápidamente cambiantes de la corriente evaluada. Las series de muestras puntuales son útiles para apreciar las variaciones de parámetros tales como temperatura, pH o gases disueltos; en este caso, es esencial el análisis *in situ*.

Las muestras compuestas indican condiciones medias y dan resultados que son útiles para estimar las cantidades de materiales descargados a lo largo de un período prolongado, como por ejemplo 24 horas, o por turno, en el caso de tratarse de una corriente residual generada en un establecimiento. En este caso particular, si el caudal del desagüe es constante, la muestra compuesta estará formada por un número adecuado de porciones uniformes recogidas frecuentemente a intervalos regulares. En cambio, si el caudal varía, resulta aconsejable tomar una muestra compuesta compensada. En este caso, el volumen de cada porción será proporcional al caudal de efluente que circula en el momento de la extracción. Si las muestras son extraídas y compensadas en forma manual, es necesario determinar en forma instantánea el caudal para el momento de la extracción de la muestra.

Por su parte, las muestras integradas son aquellas tomadas a lo largo de una profundidad determinada en la columna de agua y en un lugar y tiempo establecidos. Para aquellas estaciones de muestreo ubicadas en tramos homogéneos del río, puede ser adecuada la toma de una muestra integrada de profundidad. Para caudales pequeños una muestra simple tomada en el centro del cauce es generalmente la adecuada, mientras que para aquellas estaciones localizadas en un tramo no homogéneo del río, será necesario muestrear la sección transversal en un número definido de puntos y profundidades.

En la Tabla N° 2 se presentan guías propuestas por PNUMA para establecer los puntos de muestreo:

Tabla N° 2.

Guías para establecer los puntos de muestreo

Caudal anual promedio (m³/seg.)	Clasificación	Puntos de muestreo transversales	Puestos muestreo verticales
Menor de 5	Arroyo pequeño	2	1
De 5 a 150	Arroyo a río	4	2
De 150 a 1000	Río	6	3
Mayor de 1000	Río grande	Mínimo 6 y agregar más estaciones a medida que el tamaño del Río se duplica	1

Ref: UNEP/WHO (1996b)

Las muestras puntuales son aquellas que se toman aisladamente, en un momento particular en el tiempo, y se analizan por separado.

Son esencialmente una guía del aspecto y composición del universo que se está evaluando en el instante de la extracción.

Las referencias consultadas recomiendan que las muestras subsuperficiales se tomen a 50 cm de la superficie y que las de fondo sean tomadas aproximadamente a 1 m de profundidad del lecho.

El dispositivo de muestreo deberá ser un equipo de material adecuado de acuerdo al parámetro que se analice (PVC o acero inoxidable), tipo Van Dorn de capacidad a definir de acuerdo a las características del sitio a muestrear. Para muestras subsuperficiales se podrá usar un muestreador de frascos múltiples de acero inoxidable, que permita sumergir frascos de diferentes capacidades.

Ubicación de las estaciones de muestreo

Las estaciones de muestreo deberían ser georreferenciadas mediante el empleo de GPS y ubicadas en mapa. Se recomienda emplear una escala de detalle adecuada a las características de la cuenca si estuviera disponible.

Frecuencia de muestreo

La frecuencia de muestreo va a depender del tipo de cuerpo de agua que se pretenda monitorear, así como de los objetivos que se persigan.

Si el objetivo es el seguimiento del recurso y su modelación, es necesario considerar su comportamiento estacional; por lo tanto, se recomienda tomar muestras por lo menos de dos a cuatro veces al año, según el régimen de precipitación.

Se sugiere establecer una frecuencia de muestreo en base anual para la totalidad de las estacio-

nes seleccionadas para la componente agua superficial. Sería adecuado establecer los eventos de muestreos coincidentes con las estaciones climáticas y considerar, asimismo, las características propias de la Cuenca en el caso de que se encuentre bien diferenciada la estación seca de la estación de lluvias.

Extracción de muestras representativas

La condición fundamental para cumplir el requisito de representatividad que exige este tipo de análisis está en coleccionar muestras en zonas homogéneas en cuanto al nivel de concentración de los parámetros de interés para el estudio, es decir, el componente por medir en la sección transversal debe estar completamente mezclado tanto horizontal como verticalmente.

Las muestras integradas en profundidad en una única vertical (columna de agua), ubicadas en tramos homogéneos de un río o arroyo, pueden ser apropiadas para zonas de muestreo de la calidad del agua. En corrientes pequeñas, se pueden tomar muestras aleatorias extraídas del centro del caudal. Para las zonas de muestreo ubicadas en un tramo no homogéneo de un río o arroyo, es necesario extraer muestras de una sección transversal frente al emplazamiento y en una cantidad especificada de puntos y profundidades. La cantidad y el tipo de muestras dependerán del ancho, profundidad, descarga, cantidad transportada de sólidos en suspensión y de la vida acuática existente. Por lo general, mientras mayor sea la cantidad de puntos en la sección transversal de donde se extraen muestras, más representativa será la muestra compuesta. Normalmente con tres a cinco verticales es suficiente;

**A fin de detectar la incidencia sobre
los usos pretendidos del recurso,
será recomendable medir aguas
abajo del ingreso de las principales
descargas puntuales.**

para corrientes angostas y poco profundas se necesitan menos.

A fin de detectar la incidencia sobre los usos pretendidos del recurso, será recomendable medir aguas abajo del ingreso de las principales descargas puntuales. Esta evaluación deberá incluir al menos los efluentes de plantas de tratamiento cloacales de las ciudades, polos industriales y/o servicios, áreas de influencia e incidencia de infraestructura existente sobre el río, zonas utilizadas para la cría de ganado y/o agricultura y zonas de relleno sanitario habilitadas cerca de sus costas, entre otras fuentes. La actualización periódica permitirá evaluar la conveniencia de mantener la red existente, incorporación, modificación o eliminación de aquellos sitios de muestreo que hayan sufrido cambios en relación a los aportes de contaminantes al cuerpo de agua.

Trabajo en campo

Preparativos generales para las visitas a campo

- Obtener instrucciones específicas sobre los procedimientos de muestreo.
- Preparar un itinerario de acuerdo con el programa de muestreo.
- Preparar listas del equipo y materiales requeridos.
- Asegurar que los frascos para muestras se hayan preparado de acuerdo con los procedimientos estándares.
- Confirmar la disponibilidad de los reactivos químicos necesarios para la preservación de las muestras y las normas requeridas para la visita.

- Preparar listas de control para verificar la totalidad de los insumos y elementos necesarios para el muestreo

Lista de control previa a la visita

- Controlar y calibrar los medidores (pH, conductividad específica, oxígeno disuelto) y los termómetros.
- Reabastecer el suministro de reactivos para las determinaciones de oxígeno disuelto, así como de reactivos para la preservación química.
- Obtener soluciones buffer recientemente preparadas; los valores del pH para las soluciones buffer deben ser similares a los valores esperados en el campo.
- Preparar soluciones de KCl (cloruro de potasio) para las sondas detectoras de pH.
- Obtener mapas de rutas y descripciones de estaciones locales que sirvan luego como referencia.
- Disponer de planillas para volcar los resultados de las mediciones realizadas en campo, además de frascos limpios, etiquetas, muestreadores, reactivos para preservación, manuales de los equipos, elementos de vidrio (pipetas, embudos, probetas, vasos de precipitado, tubos de ensayo, etc.).
- Obtener material para escribir, sogas extra y una caja completa de herramientas.
- Disponer de agua destilada.
- Contar con equipo de filtración, especialmente en el caso de muestras que requieran análisis de metales disueltos.
- Obtener recipientes esterilizados y heladeras o conservadoras para el caso de muestreo microbiológico.

Revisión y calibración del equipo de muestreo de campo

Como regla general se aconseja la revisión y calibración de los equipos dentro de las 24 horas anteriores al muestreo, con recalibración de los medidores de pH y oxígeno disuelto en el campo antes de su uso. Del mismo modo, la revisión de todo el equipamiento electrónico y el normal funcionamiento de baterías y pilas.

Acondicionamiento de envases

Por lo general, los frascos para las muestras son provistos por el laboratorio de análisis, y deben ser descontaminados en forma previa a su uso. Los mismos cumplirán con los procedimientos recomendados de limpieza, indicándose en la Tabla N° 3 el procedimiento recomendado por APHA / AWWA / WEF (1999), de acuerdo al parámetro a ser analizado.

Tabla N° 3.

Recomendaciones para el lavado de envases para muestras

Variables a ser analizadas		Recipiente	Procedimiento de lavado
Alcalinidad Calcio Cloruro Fluoruro Magnesio pH	Sodio Sulfato Residuo no filtrable Potasio Arsénico	1000 ml Polietileno	Enjuagar en este orden: 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido crómico 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido nítrico 1:1 3 veces con agua destilada
N-Amoníaco N-Nitrato y nitrito Carbono orgánico total Nitrógeno total Fósforo total		250 ml Polietileno " " " 50 ml vidrio	Enjuagar en este orden: 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido crómico 3 veces con agua corriente 3 veces con agua destilada
Aluminio Cadmio Cromo Cobre Hierro Plomo	Magnesio Níquel Selenio Conc Mercurio	500-1000 ml Polietileno, de acuerdo a la técnica analítica a emplear 100 ml Vidrio	Enjuagar en este orden: 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido crómico 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido nítrico 1:1 3 veces con agua destilada ultrapura
Pesticidas organoclorados y PCBs Pentaclorofenol Compuestos fenólicos Herbicidas fenoxiácidos		Vidrio (ámbar) 1000 ml con tapa de teflón " " "	Enjuagar en este orden: 3 veces con agua corriente 1 vez con ácido crómico 3 veces con agua libre de elementos orgánicos 2 veces con acetona grado p/ análisis 1 vez con acetona grado paglic 2 veces con hexano de grado pesticida y sacar destapado en horno caliente a 360° por una hora

Como regla general se aconseja la revisión y calibración de los equipos dentro de las 24 horas anteriores al muestreo, con recalibración de los medidores de pH y oxígeno disuelto en el campo antes de su uso.

Del mismo modo, la revisión de todo el equipamiento electrónico y el normal funcionamiento de baterías y pilas.

Preservación de muestras

De igual importancia que la extracción de las muestras debe considerarse su conservación desde el momento en que son extraídas hasta el momento de ser analizadas. El carácter heterogéneo de la mayoría de los desagües industriales las transforma en relativamente inestables. Las concentraciones de cianuros, fenoles, sulfuros, oxígeno disuelto y otras especies químicas cambian muy rápidamente. La velocidad de estos cambios se ve afectada por la temperatura, pH, concentración, acción bacteriana y reacciones químicas. De la misma manera, sustancias fácilmente oxidables o reducibles, temperatura y color, son susceptibles de cambiar rápidamente, por lo que las determinaciones de tales elementos deben practicarse *in situ*, ya que es casi inevitable que se produzcan ciertos cambios antes de que la muestra llegue al laboratorio y pueda ser analizada.

La actividad bacteriana puede ser responsable de alteraciones en el balance de nitratos-nitritos-amoníaco, cambios en el contenido de fenoles, variaciones en la DBO_5 y de la modificación de sulfatos o sulfuros. Los sólidos frecuentemente tienden a coagularse y separarse afectando el valor de los sólidos suspendidos. Los problemas de conservación de muestras son complicados por el hecho de que el tratamiento para fijar un componente puede liberar o modificar el contenido de otro. Esto significa que suele ser necesaria la extracción de muestras múltiples en cada estación de muestreo a fin de que puedan ser estabilizadas por métodos diferentes.

En el caso de desagües industriales puede ocurrir

una descomposición rápida de la muestra, de modo que la misma deberá ser mantenida a baja temperatura para inhibir la acción bacteriana y evitar en lo posible el cambio de sus características fisicoquímicas. El control de temperatura a aproximadamente 4° C retarda la acción bacteriana y suprime la volatilización de los gases disueltos. La refrigeración es particularmente importante para la determinación de DBO₅, y en aquellos otros casos en los cuales no pueden realizarse pretratamientos químicos.

La Tabla N° 4 resume las recomendaciones propuestas por APHA / AWWA / WEF (1999), e indica el tipo de frasco y los requerimientos del reactivo utilizado para preservar la muestra según el parámetro a determinar. Asimismo, se indica el tiempo de validez de las muestras con el preservante indicado.

Volumen de muestra

Deberá tenerse en cuenta que el volumen de la muestra extraída sea suficiente para determinar todas las variables que sean necesarias de acuerdo al método analítico a aplicar y al nivel de concentración esperable.

En general, el personal del laboratorio especificará el volumen requerido de la muestra. Esto puede determinarse enumerando todas las variables que se preservan de la misma forma, totalizando el volumen mínimo para el análisis y luego multiplicándolo por dos o por tres para efectuar duplicados o triplicados, respectivamente.

Identificación o rotulado de las muestras

La identificación de la muestra debe estar en un

En general, el personal del laboratorio especificará el volumen requerido de la muestra. Esto puede determinarse enumerando todas las variables que se preservan de la misma forma, totalizando el volumen mínimo para el análisis y luego multiplicándolo por dos o por tres para efectuar duplicados o triplicados, respectivamente.

Tabla N° 4. Reactivos utilizados para la preservación de muestras y plazo máximo de análisis

Parámetro	Envase	Preservante	Volumen mínimo necesario ml	Plazo máximo de análisis
Acidez	P ó V (B)	4º C	100	14 días
Alcalinidad	P ó V	4º C	200	14 días
Amonio	P ó V	SO ₄ H ₂ -pH 2 4º C	1000	28 días
Arsénico	P	NO ₃ H-pH 2	100	6 meses
Boro	P (A) ó V (A)	No Requiere	100	6 meses
Calcio	P (A) ó V (A)	NO ₃ H – pH 2	250	6 meses
Cianuro	P ó V	NaOH-pH 12 4º C	1000	14 días
Cloro residual	V	Oscuridad , 4º C	500	2 horas
Clorofila	P ó V	Oscuridad congelador	500	30 días
Cloruro	P ó V	No Requiere	100	28 días
Coliformes	P (E) ó V (E)	4º C	100	6 horas
Color	P ó V	4º C	500	2 días
Conductividad	P ó V	4º C	250	28 días
Cromo (VI)	P (A) ó (A)	4º C	300	2 días
Cromo total	P (A) ó (A)	4º C	300	6 meses
DBO ₅	P ó V	4º C	1000	2 días
DQO	P ó V	SO ₄ H ₂ -pH 2 4º C	200	28 días
Detergentes	P (A) ó V (A)	4º C	1000	2 días
Dureza	P ó V	NO ₃ H-pH 2	100	6 meses
Fenoles	V	PO ₄ H ₂ pH 2 4º C	1000	28 días
Flúor	P	No Requiere	500	28 días
Fósforo hidrolizable	V	SO ₄ H ₂ pH 1,5 4º C	200	7 días
Fósforo total	V	SO ₄ H ₂ pH 1,5 4º C	200	7 días
Grasas y aceites	V	ClH pH 2 4º C	1000	28 días
Hierro	P (A) ó V (A)	NO ₃ H pH 2	250	6 meses
Magnesio	P (A) ó V (A)	NO ₃ H pH 2	250	6 meses
Hidrocarburos	V (C)	ClH pH 2 4º C	1000	6 meses
Manganeso	P (A) ó V (A)	NO ₃ H pH 2	500	6 meses
Nitrato	P ó V	SO ₄ H ₂ - pH 2 4º C	200	2 días
Nitrito	P ó V	4º C	250	2 días
Nitrógeno Kjeldahl	P ó V	SO ₄ H ₂ pH 2 4º C	800	28 días
Ortofosfato soluble	V (A)	Refrigerar a 4º C	200	2 días
Oxígeno consumido	P ó V			
Oxígeno disuelto	V		300	Inmediato
pH	P ó V	4º C	100	2 horas
Potasio	P	NO ₃ H pH 2	100	6 meses
Residuos	P ó V	4º C	1000	7 días
Sílice	P	4º C	200	28 días
Sodio	P (A) ó V (A)	NO ₃ H pH 2	100	6 meses
Sulfato	P ó V	4º C	500	28 días
Sulfuro	P ó V	(AcO) ₂ Zn - 4º C	250	28 días
Turbidez	P ó V	4º C	100	7 días
Plaguicidas	V (C)		1000	
Parásitos	P	40 ml formalina 10% / L Refrigeración 4°C	4000	

P = Plástico
(tipo polietileno
o similar)

V (A) = Vidrio enjuagado
con Ácido

V = Vidrio

V (S) = Vidrio enjuagado
con Solventes
orgánicos

P (E) = Plástico
Esterilizado

P (S) = Plástico enjuagado
con Solventes
orgánicos

V (E) = Vidrio Esterilizado

V (C) = Vidrio color
Caramelo

P (A) = Plástico
enjuagado
con Ácido

V (B) = Vidrio
Borosilicato

Ref: APHA (1999)

NOTA:

La preservación deberá realizarse inmediatamente después de la colecta de la muestra en campo, para lo cual deberán hacerse los ajustes necesarios (p.ej: pH) y usar el equipamiento que corresponda en condiciones adecuadas de calibración.

rótulo o etiqueta adherido al recipiente, escrito con tinta indeleble, y debe contener al menos la siguiente información:

- identificación del estudio;
- parámetros a analizar;
- identificación del punto de muestreo (número o código de muestra);
- preservante (si corresponde);
- fecha y hora de extracción;
- nombre o firma del operador que extrae la muestra.

El etiquetado se realizará en forma previa a la extracción de las muestras o bien a medida que se vayan llenando los frascos, a fin de disminuir las posibilidades de confusión. La etiqueta debe estar adherida al recipiente antes de que éste sea retirado del punto de extracción de muestras.

Transporte y almacenamiento de muestras

Las muestras deben ser enviadas al laboratorio en forma inmediata, idealmente dentro de las 24 horas posteriores a la toma, correctamente identificadas y acompañadas por la planilla de custodia de las muestras. Resulta imprescindible garantizar el correcto embalaje de los recipientes; de este modo se asegura su integridad en el trayecto hasta el laboratorio, de tal manera que no se produzcan derrames ni daños en aquéllos; tampoco debe descuidarse la conservación de la temperatura y mantenimiento de la cadena de frío.

Descontaminación del equipo de muestreo

La descontaminación del equipo resulta indispensable antes de su uso; una vez descontaminado,

Resulta imprescindible garantizar el correcto embalaje de los recipientes, de este modo se asegura su integridad en el trayecto hasta el laboratorio

se recomienda envolver el equipo limpio inorgánico en celofán y el equipo limpio orgánico en papel aluminio para el transporte al sitio.

Esta fase operativa es relevante, en especial cuando se manejan sustancias tóxicas, además de los contaminantes convencionales, y tiene por objetivo prevenir o minimizar el efecto de la contaminación cruzada y asegurar la obtención de resultados confiables.

Los procedimientos de descontaminación constan, en general, de una etapa inicial para la remoción de impurezas, seguidos de una etapa de limpieza profunda que puede incluir lavado con soluciones de detergentes inertes, un enjuague final con solventes apropiados, tales como alcoholes, acetona o hexano para orgánicos; ácido nítrico para inorgánicos, y una serie de enjuagues con agua desionizada.

Los procedimientos para la descontaminación de los elementos de muestreo eliminan la transferencia de tóxicos hacia áreas limpias y dan mayor seguridad al personal operador, que debe portar, como norma, todos los elementos de protección requeridos asociados al riesgo de las tareas que realiza habitualmente.

Cumplimiento de las Guías de Salud y Seguridad durante el trabajo en campo

Antes de comenzar con las actividades de recolección de muestras, el operador tiene que estar familiarizado con los procedimientos de seguridad asociados a la tarea. Debido a que la colecta de muestras podría realizarse eventualmente en sitios

contaminados o en lugares remotos lejos de atención médica inmediata, es importante tener en cuenta algunas recomendaciones:

- recibir entrenamiento de seguridad personal a un nivel apropiado para los tipos de sustancias químicas que se pueden encontrar;
- nunca salir solo al campo;
- determinar la ubicación del hospital, clínica o médico más cercanos;
- recibir vacunas como forma de prevención. Se recomiendan vacunas de tétano, hepatitis B y fiebre tifoidea si se estará cerca de aguas contaminadas;
- notificar a otras personas acerca del itinerario y ubicaciones de los sitios de visita previstos;
- tomar precauciones contra animales o insectos que puedan atentar contra la salud del operador y tener sumo cuidado con condiciones climáticas adversas (inundaciones repentinas, elevadas temperaturas, etc.);
- llevar identificación, teléfono celular o radio de comunicación;
- conocer las reglas de la seguridad en puentes;
- usar guantes de protección y antiparras cuando se manejan soluciones preservantes, tales como ácido o álcalis concentrados.

Muestreo para caracterización bacteriológica / microbiológica de agua superficial **Asepsia**

Es importante mantener las condiciones de asepsia durante la extracción, preservación y traslado al laboratorio, para que el dato a reportar refleje las condiciones reales del agua en la estación en el momento de la toma.

Envases a utilizar

Conviene emplear frascos descartables o de vidrio de boca ancha (esterilizados) de un volumen de 200 o 500 ml, con tapas especiales de vidrio, corcho o plástico a rosca, que son luego recubiertas con papel de aluminio u otro equivalente; asegurar el cierre del envase con elásticos o hilos de algodón.

Preservación de la muestra

Lo óptimo es un análisis inmediato, pero si esto no fuera factible, las muestras deben conservarse en frío en la oscuridad para inhibir los problemas asociados a la multiplicación y la muerte de los organismos por un tiempo (no más de 30 horas).

Las muestras no deben congelarse ni conservarse en *freezer*.

Metodología de muestreo

Una vez que se llega al punto de extracción de la muestra, debe tomarse un envase, sacar el papel protector colocándolo en un lugar seguro y limpio, y no enjuagar el frasco con el agua de la estación. Si la muestra va a ser colectada a mano, hay que tomar el frasco desde la base y sumergir el cuello del recipiente dirigiéndolo hacia abajo hasta alcanzar una profundidad de 25 a 40 cm; orientar luego el frasco de manera que el cuello se dirija hacia arriba, en lo posible en dirección contraria a la corriente allí imperante y lejos de la influencia de las manos y brazos del operador para evitar la contaminación indirecta, que puede acontecer durante el llenado.

Existen equipos mecánicos especialmente diseñados para la colecta de bacterias; si se los posee, se

deben seguir las instrucciones respectivas para el llenado. Completada esta operación, debe volcarse algo del contenido de los frascos a fin de dejar un espacio de 3 a 4 cm entre el nivel del agua y la tapa.

Colocar nuevamente la tapa asegurándola con el papel y atando con las cuerdas o elásticos que tenía el frasco, que debe estar bien identificado (marcadores indelebles) antes de colocarlo en las conservadoras con hielo. Es importante conocer los datos ambientales, en especial temperatura (ambiente y del agua), profundidad de extracción en la estación.

Medición de parámetros en campo

La medición de parámetros en campo (pH, OD, Conductividad, Turbidez y Temperatura) se realiza generalmente mediante equipos portátiles, tales como sondas multiparamétricas, pHmetros y conductímetros.

Los parámetros *in situ* deberán ser tomados de las muestras puntuales, dado que la representatividad de éstos se pierde si se toman de muestras compuestas o integradas.

En aguas superficiales, el equipo se puede sumergir directamente en la mitad de la sección transversal, a una profundidad de entre 20 y 30 cm de la superficie, en una zona de poca turbulencia, procediéndose a la lectura. Si esto no fuera posible, ya sea por la turbulencia o por la longitud del cable, se purga el muestreador, se toma una muestra, que se transfiere a un balde plástico evitando la agitación, e inmediatamente se procede a la medición.

Tabla N° 5. Parámetros asociados a la calidad de agua

Compuestos Químicos	Compuestos Físicos	Compuestos Biológicos
pH Oxígeno disuelto Conductividad específica Sólidos (totales, disueltos, suspendidos totales) Materia Orgánica y demanda de OD Fosfatos Compuestos nitrogenados Alcalinidad Sílice Metales pesados Pesticidas	Color Turbidez Temperatura Profundidad Composición del sedimento Velocidad de la corriente	Peces Microinvertebrados en el bentos Fitoplancton Zooplancton Macrófitas Algas Bacterias

Ref: PRODIA (1998)

Selección de parámetros a analizar

La selección de los parámetros a analizar depende de una serie de factores, algunos ya mencionados, tales como la afectación de un uso, la determinación del estado actual del recurso, la identificación de tendencias, etc.

La Tabla N° 5 presenta algunos de los parámetros regularmente considerados en el diseño y operación de una red de monitoreo, sin embargo, si bien este listado podría ser considerado como referencia, deberá evaluarse la posibilidad de incorporación de otros parámetros específicos, de acuerdo a las características particulares de la Cuenca.

En lo que respecta a métodos de análisis “estandarizados”, existen varios conjuntos de técnicas pertenecientes a entidades nacionales e internacionales, y los más ampliamente utilizados son los recomendados por la APHA. Otros métodos de referencia son los sugeridos por la USEPA para el análisis químico de agua y residuos.

Metodología de análisis de muestras

Técnicas analíticas aplicables al relevamiento de los parámetros de calidad de agua

Se presenta en las Tablas N° 6 y 7 las técnicas de campo y laboratorio recomendadas.

Tabla N° 6. Determinaciones “in situ”

PARÁMETRO	UNIDAD	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PROPUESTA
Ph	UpH	SM 20 th Ed. Método 4500 H ⁺ B
Conductividad	μS/cm	SM 20 th Ed. Método 2510 B - Conductimetría
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /l	SM 20 th Ed. Método 4500 O G - Electrodo de membrana
Turbidez	NTU	SM 20 th Ed. Método 2130 B – Método Nefelométrico
Temperatura	°C	SM 20 th Ed. Método 2550 B

Tabla Nº 7. Determinaciones en Laboratorio

PARÁMETRO	UNIDAD	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PROPUESTA
pH	UpH	SM 20 th Ed. Método 4500 H ⁺ B
Conductividad	μS/cm	SM 20 th Ed. Método 2510 B - Conductimetría
Oxígeno disuelto	mg O ₂ /l	SM 20 th Ed. Método 4500 O G - Electrodo de membrana
Temperatura	°C	SM 20 th Ed. Método 2550 B
Turbidez	NTU	SM 20 th Ed. Método 2130 B – Método Nefelométrico
Acidez	mg CaCO ₃ /l	SM 20 th Ed. Método 2310 B - Método titulométrico
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /l	SM 20 th Ed. Método 2320 B - Método titulométrico
Arsénico (total y disuelto)	μg As/l	SM 20 th Ed. Método 3125 Mg - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Boro (total y disuelto)	μg B/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo – Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Cadmio (total y disuelto)	μg Cd/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Calcio	mg Ca/l	SM 20 th Ed. Método 3111B - Abs Atómica Asp directa / Aire-acetileno
Cloruro	mg Cl/l	SM 20 th Ed. Método 4500 Cl – B - Método Argentimétrico
Cobre (total y disuelto)	μg Cu/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Coliformes totales	NMP/100 ml	SM 20 th Ed. Método 9221 E - Técnicas de fermentación en tubos múltiples.
Coliformes fecales	NMP/100 ml	SM 20 th Ed. Método 9221 B - Técnicas de fermentación en tubos múltiples
Color	U. de color	SM 20 th Ed. Método 2120B - Comparación Visual
Cromo total (total y disuelto)	μg Cr/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
DBO ₅	mg O ₂ /L	SM 20 th Ed. Método 5210 A y B
Detergentes (SAAM)	mg SAAM/l	SM 20 th Ed. Método 5540 C - Sustancias Activas al azul de metileno
DQO	mg O ₂ /L	SM 20 th Ed. Método 5220 D - Método colorimétrico
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	SM 20 th Ed. Método 2340 C - Titulación con EDTA
Escherichia Coli	Pres-Aus./100 ml	SM 20 th Ed. Método 9221 - Técnicas de fermentación en tubos múltiples
Fósforo Total	mg P/l	SM 20 th Ed. Método 4500-P C - Método del ácido vanadomolibdo fosfórico
Hidrocarburos totales	μg/l	EPA Método 418.1 (modificado a CCl ₄)
Hierro (total y disuelto)	μg Fe/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Magnesio	mg Mg/l	SM 20 th Ed. Método 3125 Mg - Plasma de acoplamiento inductivo – Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Manganeso (total y disuelto)	μg Mn/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Mercurio total (total y disuelto)	μg Hg/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Níquel (total y disuelto)	μg Ni/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Nitrógeno - Amoníaco	mg N-NH ₃ /l	SM 20 th Ed. Método 4500-NH ₃ C - Colorimetría Nesslerización
Nitrógeno - Nitrito	mg N-NO ₂ /l	SM 20 th Ed. Método 4500 NO ₂ ⁻ B - Método Colorimétrico
Nitrógeno - Nitrato	mg N-NO ₃ /l	SM 20 th Ed. Método 4500 NO ₃ ⁻ B - Método Espectrofotométrico Ultravioleta selectivo
Plata (total y disuelto)	μg Ag/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Plomo (total y disuelto)	μg Pb/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Potasio	mg K/l	SM 20 th Ed. Método 3111- K

PARÁMETRO	UNIDAD	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PROPUESTA
Sodio	mg Na/l	SM 20 th Ed. Método 3111 B - Abs Atómica Asp directa / Aire-acetileno
Sólidos Suspendidos		
Totales Volátiles y Fijos	mg/l	SM 20 th Ed. Método 2540 – E
Sólidos Totales		
Volátiles y Fijos	mg/l	SM 20 th Ed. Método 2540
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	SM 20 th Ed. Método 2540 C
Sulfato	mg SO ₄ /l	SM 20 th Ed. Método 4500-SO ₄ ⁻ E - Método Turbidimétrico
Sulfuros totales	mg S/l	SM 20 th Ed. Método 4500 S ²⁻ D - Método del Azul de Metileno
Zinc (total y disuelto)	µg Zn/l	SM 20 th Ed. Método 3125 - Plasma de acoplamiento inductivo Espectrometría de Masa (ICP-MS)
Heptacloro	µg/L	USEPA SW 846 3rd. Edition - Method 3510 C:
Heptacloro Epóxido	µg/L	Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction (Rev. 3, Dec. 1996) - Method 8081 B:
Aldrin	µg/L	Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography (Rev. 2, Nov. 2000)
Endosulfán I	µg/L	
Endosulfan II	µg/L	
Dieldrin	µg/L	
Endrin	µg/L	
Endrin aldehyde	µg/L	
Metoxicloro	µg/L	
Hexaclorobenceno	µg/L	
Clordano	µg/L	
4,4' -DDE	µg/L	
4,4' -DDD	µg/L	
4,4' -DDT	µg/L	
☒ – BHC	µg/L	
☒ – BHC	µg/L	
g – BHC	µg/L	
Clorofila "A"	µg/L	SM 20 th Ed. Método 10200 H - Determinación espectrofotométrica o fluorométrica
Clorofila "B"	µg/l	USEPA SW 846 3rd. Edition - Method 3510 C:
Clorpirifos	µg/L	Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction (Rev. 3, Dec. 1996) - Method 8141 B:
Dimetoato	µg/L	Organophosphorus Compounds by Gas Chromatography (Rev. 2, Feb. 2007)
Paration	µg/L	
Metilparation	µg/L	
Malatión	µg/L	
Glifosato	µg/l	USEPA SW 846 3rd. Edition - Method 3510 C: Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction (Rev. 3, Dec. 1996) Methods for the Determination of Organic Compounds in Drinking Water - Method 547: Determination of Glyphosate in Drinking Water by Direct-Aqueous-Injection HPLC, Post Column Derivatization, and Fluorescence Detection (Supplement I, EPA/600/4-90/020, July 1990)
Análisis cuali y cuantitativo de fitoplancton		Tinción de estructuras celulares, observación de características morfológicas; Sedimentación/centrifugación. Recuento en Cámara Sedwick-Rafter. Recuento de Nanoplancton por método de Lackey

Nota: Los valores definitivos de LD y LC deberán ser informados por cada institución que entregue información.

Se considera de importancia el determinar metales disueltos en forma paralela a la determinación de metales totales para su empleo en la determinación de la biodisponibilidad de los mismos.

Metodología de control de calidad

Procedimiento de Cadena de Custodia de las Muestras Ambientales

Uno de los aspectos más importantes del programa de Control de Calidad vinculado a la obtención de la muestra es la Cadena de Custodia. El propósito del protocolo de Custodia de la Muestra es asegurar la trazabilidad en el acarreo y posesión de todas las muestras. El Laboratorio es responsable por la totalidad del proceso de la cadena de custodia, pero cada persona que mueve, transporta o analiza las muestras es responsable por el mantenimiento de la integridad del proceso.

Si bien el procedimiento de custodia de la muestra adquiere relevancia cuando la información obtenida debe ser presentada ante un requerimiento legal, consideramos importante su implementación rutinaria debido a que la información generada es de mayor confiabilidad y permite además establecer una uniformidad de criterios en los diferentes programas de monitoreo de calidad ambiental.

Requerimientos de custodia de las muestras ambientales

Se considera que una muestra se encuentra bajo custodia si la misma:

- está bajo la posesión de un responsable;
- está a la vista del responsable, después de haber estado en su posesión;
- estaba en posesión del responsable hasta que la colocó en un lugar bajo llave para evitar su manipuleo, o bien
- se encuentra en un “área segura designada”.

El laboratorio es responsable por la totalidad del proceso de la cadena de custodia, pero cada persona que mueve, transporta o analiza las muestras es responsable por el mantenimiento de la integridad del proceso.

El procedimiento de Cadena de Custodia de muestras ambientales debe asegurar que se verifiquen una o más de estas cuatro instancias desde la limpieza de los envases de la muestra, su distribución, su utilización en campo hasta que la muestra es desechada por el laboratorio una vez completado el análisis correspondiente.

Procedimiento de Cadena de Custodia

1. El Laboratorio entregará al Custodio de las Muestras los envases requeridos

El laboratorio es responsable por la preparación de los envases de muestra adecuadamente limpios. Los envases son prelavados en el laboratorio de acuerdo a los procedimientos adecuados de lavado según el tipo de parámetro a analizar. El volumen de los envases y el tipo estarán conforme a lo recomendado por las técnicas analíticas. El laboratorio se encargará de proveer los envases adecuados, blancos de traslado, preservadores, formularios

para la cadena de custodia, conservadoras y material refrigerante.

2. En el Laboratorio se prepararán y rotularán (a excepción de la fecha y la hora) los conjuntos de envases que conformarán cada muestra. Estos envases serán colocados en conservadoras, que deberán ser precintadas y rotuladas con el código del punto de muestreo correspondiente. Los envases y las conservadoras se trasladarán en un vehículo, en adecuadas condiciones de limpieza hasta la zona de trabajo. Esta tarea podrá ser realizada por cualquier miembro del personal técnico autorizado, pero deberá ser supervisada por el Custodio de las Muestras.

3. El Custodio de las Muestras entregará las conservadoras juntamente con las Planillas de Campo y todo otro elemento que hubiese requerido el Responsable del Muestreo necesario para la ejecución del mismo.

El Responsable del Muestreo hará las verificaciones correspondientes y dará comienzo a la operativa de muestreo.

La persona a cargo del muestreo es responsable por el llenado de las etiquetas de los envases de muestra y debe completar una Planilla de Campo que contiene la siguiente información:

- firma del responsable de muestreo;
- código de estación, coordenadas de localización, fecha y hora de muestreo, y análisis solicitado;
- reporte de incidentes, acciones correctivas y toda otra información que se considere importante.

Todos los envases que integran una muestra serán colocados en una conservadora que deberá ser sellada con cinta adhesiva de la Cadena de Custodia. El responsable de muestreo debe completar una Planilla de la Cadena de Custodia que contiene la siguiente información:

- firma del responsable de muestreo;
- código de estación, ubicación, fecha y hora de muestreo, y análisis solicitado, número de precinto, y toda otra información que se considere importante.

4. Terminada la operación de muestreo, la Custodia de las Muestras será transferida del Responsable de Muestreo al Responsable de Custodia, quien a partir de ese momento se hará cargo hasta que deba ser entregada al laboratorio.

La Custodia de las Muestras será transferida firmando la Planilla de Cadena de Custodia en la sección transferencias, como sigue:

1. Entrega: si la muestra es transferida a otra persona.
2. Recepción: si la muestra es recibida de otra persona.

La Planilla de Cadena de Custodia será transportada con las muestras hasta que sean recibidas por el laboratorio.

El encargado de custodia del laboratorio examinará y registrará la condición de las muestras y la conservadora en la cual fueron enviadas. Un Registro de Recepción de Muestra será completado para

documentar la condición de recepción y entrega de muestras.

Cualquier daño, rotura, filtración, u otra irregularidad será anotada en la planilla de Cadena de Custodia. La Cadena de Custodia debe ser una parte permanente de la recepción de muestras y el reporte de información. Puede ser que sea solicitada información adicional del traslado y recepción de muestras para casos específicos.

5. Luego de su recepción, el responsable del laboratorio registra la misma en otra planilla, la planilla Recepción de Muestras- Laboratorio, en la cual el laboratorio asigna a la muestra un número de identificación propio. Inmediatamente después de recibidas, deben ser almacenadas o sometidas al procedimiento de análisis de acuerdo a la metodología aprobada.

Aquellas muestras que requieran refrigeración serán colocadas en refrigeradores o freezers en el laboratorio. La temperatura de estos debe ser registrada cada día. Las heladeras deben mantenerse a 4 °C y los *freezers* a < 10 °C.

Durante el período de “estadía” de la muestra en el laboratorio todos sus movimientos deberán ser registrados, mediante la planilla Cadena de Custodia del Laboratorio.

Las heladeras o *freezers* deben estar cerrados o en lugar seguro hasta la disposición final de las muestras. Se debe mantener un registro interno para verificar la transferencia de la muestra desde

una heladera o *freezer* por parte del personal de análisis y cuando se retorna al lugar original.

La disposición final de la muestra será la responsabilidad del gerente de proyecto y debe ser registrada en la Cadena de Custodia.

Controles de calidad

El programa de garantía de calidad es un proceso sistemático que, junto con los programas de calidad de laboratorio y manejo de datos, garantiza un cierto grado de confianza en la información recolectada.

A los efectos de mantener un control de calidad en todo el programa de muestreo, además de cumplir con los procedimientos estándares, se requiere presentar blancos para constatar posible contaminación durante el proceso de muestreo. De esta manera, podrán detectarse errores sistemáticos o casuales que se produzcan desde el momento en que se toma la muestra hasta el análisis. Se tomará una serie de blancos cada diez muestras. En síntesis, el control de calidad de las operaciones de muestreo constará de los siguientes elementos:

- **blancos de frasco:** utilizado para detectar cualquier contaminación del envase. Antes de realizar el muestreo, se toma al azar uno de cada quince recipientes de los que se usarán en el muestreo, se lo llena con agua ultrapura, se lo preserva de igual forma que las muestras de campo y se lo envía para su análisis;
- **blancos de muestreador:** una de cada quince muestras se debe preparar y analizar como

El programa de garantía de calidad es un proceso sistemático que, junto con los programas de calidad de laboratorio y manejo de datos, garantiza un cierto grado de confianza en la información recolectada.

blanco de muestreador. A tal fin deberán llenarse frascos limpios con agua de calidad ultrapura producto del último enjuague del muestreador;

- **blanco de transporte y acarreo:** utilizados para comprobar contaminación atribuible al transporte y procedimientos de almacenamiento en campo de compuestos orgánicos volátiles. Los frascos se llenan en el laboratorio con agua ultrapura, enviados al lugar de muestreo y retornados al laboratorio para su análisis. Estos frascos no son abiertos en ningún momento;
- **blancos de campo:** una de cada quince muestras se prepara llenando los recipientes de muestras con agua ultrapura y agregando el preservante correspondiente. Los frascos son cerrados herméticamente y transportados al laboratorio con el mismo procedimiento que el correspondiente a las muestras de agua;
- **muestras duplicadas:** se realiza este procedimiento a fin de obtener la magnitud de los errores provocados por contaminación, errores

casuales y sistemáticos, y cualquier otra variación que se haya producido desde el momento en que se toma la muestra hasta que llega al laboratorio. Los duplicados se obtienen dividiendo una muestra en dos o más submuestras idénticas;

- **duplicados de campo:** utilizados para verificar la variación en las muestras incluyendo además el posible error debido a la operatoria de muestreo. Cada quince muestras se debe tomar un duplicado de campo, extrayendo dos muestras de aguas del mismo lugar y en el mismo tiempo.

Control de Calidad de Laboratorio

Elementos del Control de Calidad Intralaboratorio

El programa de control de calidad de muestras de laboratorio incluye entre sus operaciones el análisis de diferentes tipos de muestras control.

- **muestra estándar:** un patrón de un valor conocido que se encuentra en el medio de la curva de calibración y que no debe diferir del valor esperado en $\pm 15\%$. Se realiza el análisis de un patrón al inicio de una jornada de trabajo;
- **blanco de laboratorio:** agua destilada de la calidad requerida para el análisis a la que se somete a todos los pasos de la determinación analítica;
- **blanco adicionado:** blanco de laboratorio al que se le ha adicionado una cantidad de analito conocida;
- **muestra duplicada de laboratorio:** dos submuestras tomadas de un mismo frasco que se someten a la misma determinación. Sirve para determinar la repetibilidad del análisis;
- **muestra duplicada adicionada:** es una muestra

duplicada; a una se le adiciona una cantidad conocida del analito a determinar y a la otra no. Sirve para determinar la recuperación del método.

Procedimientos de Aseguramiento de Calidad

Objetivos de Aseguramiento de Calidad

Son declaraciones o metas cuantitativas y cualitativas que describen la calidad de datos necesaria para los proyectos de monitoreo medioambientales. Los objetivos de calidad de datos cualitativo y cuantitativo pueden describirse por:

- **límite de detección del método (LDM):** es la mínima concentración que puede medirse con 99% de confianza de que la verdadera concentración es superior a cero;
- **precisión:** es el acuerdo entre un conjunto de medidas independiente del conocimiento del verdadero valor. Medida de la variabilidad en mediciones repetidas de la muestra comparadas al valor medio. La valoración de la precisión debe representar la variabilidad de la toma de la muestra, el manejo de la misma, preservación y almacenamiento hasta la obtención de los datos de muestras medioambientales;

- **exactitud:** Medida de la proximidad de una medida individual o un promedio de varias medidas al verdadero valor. El resumen estadístico del porcentaje de recuperación de una muestra con su matriz adicionada puede usarse como un indicador de calidad de datos de exactitud.

Validación de Datos

Es el procedimiento sistemático de revisión de datos a través de un conjunto de criterios con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los datos que serán usados en forma adecuada. La validación de datos consiste en su revisión y el chequeo del control de calidad y datos de análisis de las muestras con límites de aceptabilidad para verificar que los sistemas analíticos estuvieron bajo control y los métodos fueron apropiadamente empleados.

Control Interlaboratorio

La realización de ejercicios de control de calidad interlaboratorios es el complemento necesario para asegurar la trazabilidad de los resultados obtenidos, de forma tal de permitir el empleo de la información con la mayor certeza posible.

Siglas y Abreviaturas

COBINABE	Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija
COHIFE	Consejo Hídrico Federal de Argentina
COREBE	Comisión Regional del Río Bermejo
COO	Centro Operativo Orán - Salta - Argentina
COT	Centro Operativo Tarija - Bolivia
DAT	Diagnóstico Ambiental Transfronterizo
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
ECC	Estación Central de Comunicaciones
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GEF	Global Environment Facility
GIS o SIG	Sistema de Información Geográfica
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista
MEMSP	Mercado Eléctrico Mayorista del Sistema Patagónico
OEA	Organización de los Estados Americanos
OTAS	Oficina Técnica de Apoyo - Salta - Argentina
OTNPB	Oficina Técnica Nacional de los Ríos Pilcomayo y Bermejo
PEA	Programa Estratégico de Acción para la Cuenca Binacional del Río Bermejo
pH	Potencial de Hidrógeno
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
RTU	Unidades Terminales Remotas
SENAMIH	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia
SGS	Software de Gestión del Sistema
SIGBermejo	Sistema de Información para la Gestión de la Cuenca del Río Bermejo
SSRH	Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina

Documentos de uso común

Se utilizarán los siguientes Documentos de Uso Común para todos los laboratorios afectados a las actividades desarrolladas en el Programa de Calidad de Agua del Río Bermejo

- Planilla de Cálculo de Costos
- Planillas de Medición en Campo
- Protocolo de análisis
- Etiqueta

Referencias

American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF) (1999). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - 20th Edition.

CIC (2005). Guía Metodológica para la Operación y Evaluación de la Red sobre Calidad de las Aguas en La Cuenca del Plata. Propuesta de actualizaciones. Segunda versión.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2003). Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas.

Lobos J., Rodríguez Speroni M.A. (2005). Diseño de una Red de Monitoreo de Calidad de Agua. 1er. Curso Regional sobre Evaluación y Reducción de la Contaminación en Ambientes Acuáticos. Instituto Nacional del Agua (INA) - Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Lopolito M.F. (2005) Metodología de muestreo de aguas residuales. 1er. Curso Regional sobre Evaluación y Reducción de la Contaminación en Ambientes Acuáticos. Instituto Nacional del Agua (INA) - Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).

Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente - Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Programa Desarrollo Institucional Ambiental Control de Contaminación Industrial (1998) Metodologías: Diseño de redes de monitoreo, estadísticas, precisión de las determinaciones analíticas, control de calidad.

Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente - Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. Programa Desarrollo Institucional Ambiental Control de Contaminación Industrial (1998)

Metodologías: Monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y de suelos afectados por contaminantes de origen industrial.

OPS, CEPIS (2002) Guías para elaborar Normas de Calidad del Agua de Bebida en los Países en Desarrollo

Rodríguez Speroni M.A. (2005). Enfoque Multidisciplinario de la Planificación, Extracción, Usos y Gestión del Recurso Aguas Subterráneas. Curso de Capacitación para la Cámara Argentina de Empresas Perforadoras para Aguas Subterráneas (CAPAS) United Nations Global Environment Monitoring System (GEMS) / Water Programme (1994) Operational Guide v. 3.1

UNESCO, WHO/UNEP (1996) Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Second edition

UNEP/WHO (1996b) Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes

USEPA (1983) Methods for Chemical Analysis of Water and Wastewater, Manual 600/4-79-020 Method 420.1: Phenolic Total recoverable (Rev. 1)

USEPA (1996) "SW 846 Test Methods for Evaluating Solid Waste" 3rd. Ed. - Method 3510 C: Separatory Funnel Liquid-Liquid Extraction (Rev. 3)

USEPA (2000) "SW 846 Test Methods for Evaluating Solid Waste" 3rd. Ed. - Method 8081 B: Organochlorine Pesticides by Gas Chromatography (Rev. 2)

Este libro se terminó de imprimir en Buenos Aires,
en los talleres de Artes Gráficas PAPIROS,
en mayo de 2010.



PEA BERMEJO
PROGRAMA ESTRATÉGICO
DE ACCIÓN PARA LA CUENCA
BINACIONAL DEL RÍO BERMEJO



ARGENTINA



BOLIVIA

COMISIÓN BINACIONAL PARA EL
DESARROLLO DE LA ALTA CUENCA DEL RÍO
BERMEJO Y EL RÍO GRANDE DE TARIJA
COBINABE



FMAM - GEF
FONDO PARA
EL MEDIO AMBIENTE
MUNDIAL



PNUMA - UNEP
PROGRAMA DE LAS
NACIONES UNIDAS PARA
EL MEDIO AMBIENTE



OEA - OAS
ORGANIZACIÓN
DE LOS ESTADOS
AMERICANOS