



[Portada](#)



[Indice Manual](#)



[Modelo Ecogeográfico](#)

Red Integral de Monitoreo para la Cuenca del Lago Puelo

Marco General del Problema

Inundaciones

En la región de la cuenca del lago Puelo, y muy especialmente en los valles bajos ocupados por asentamientos poblacionales de los principales tributarios del mencionado lago, a saber los ríos Quemquemtrey/Azul y Epuyén, a cuyas planicies inundables y riberas se asientan las poblaciones urbanas, suburbanas y rurales de El Bolsón, Lago Puelo y El Hoyo respectivamente, existe la periódica amenaza estacional de inundaciones, a causa de crecidas ordinarias y extraordinarias, de recurrencia variable.

Las grandes crecidas con inundaciones son consecuencia de la sumatoria de diversos factores que se detallan a continuación:

- los pulsos climáticos estacionales de invierno, con períodos de gran acumulación nívea en extensas áreas de alta montaña, y veloz derretimiento de esas masas sólidas a causas de repentinas corrientes de vientos y lluvias templadas (crecidas mixtas).
- las altitudes y categoría de pendientes, escarpadas en la alta montaña y progresivamente decrecientes hacia los valles bajos, con breves tiempos acumulación.
- las características geológicas y geomorfológicas de los terrenos, la progresiva destrucción de la cubierta vegetal nativa a causa de los incendios forestales y la tala extractiva, la erosionabilidad de los suelos y pendientes, los volúmenes y categoría de materiales arrastrados,
- la torrencialidad de las corrientes superficiales, y
- la distribución poblacional asentada sobre los valles bajos, riberas y planicies inundables.

Las inundaciones tienen su génesis desde el comienzo de la radicación humana en estos valles fluvio-glaciares de muy baja altitud, con gradiente de inclinación decreciente y rodeados de cordilleras con pendientes escarpadas. Debido a que las crecidas torrenciales extraordinarias tienen una frecuencia de recurrencia promedio aproximada de entre los 15 y 20 años, cuando comenzó la radicación, hacia las décadas de

1920/1930, no hubo fuerte motivo de preocupación por parte de quienes fueron asentándose en sectores próximos a las riberas, al no verificarse crecidas extremas, fuera de aquellas ordinarias estacionales características de los períodos lluviosos. Excepciones contadas y muy definidas de crecidas extraordinarias, fueron progresivamente demostrando y enseñando a la comunidad creciente, el grado de riesgo y peligrosidad de ir sobreocupando las márgenes inundables.

Gran parte de la población inmigrante que se fue asentando en la zona, provenía y proviene de zonas de llanura, con ninguna experiencia de montaña, y menos aún de la amenazante conducta torrencial de estos ríos, cuyas crecidas se manifiestan como un fenómeno enteramente diferente a aquellas que ocurren en los ríos de zonas de llanura.

Esta natural ignorancia y la mencionada distante recurrencia de las crecidas extraordinarias fueron los factores principales que indujeron a la comunidad regional a asentarse con excesiva confianza sobre las riberas de los ríos y planicies inundables, quedando por ello sometida a esos peligrosos e infrecuentes fenómenos estacionales.

Durante las últimas décadas, el ignorante avance de la urbanización sobre las riberas y terrazas de disipación de crecidas de los ríos Quemquemtrey, Azul y Epuyén, ha sido significativo y prosigue avanzando, progresando en barriadas marginales de escasos recursos carentes de servicios sobre las márgenes, limitando y estrechando los cauces naturales con la construcción de elevados terraplenes para proteger los asentamientos.

La sobreelevación de lechos a causa de los intensos acarrees de material sólido ha ido incidiendo en la conducción del agua de los cauces usuales hacia terrazas inundables y cauces alternativos.

La amenaza de crecidas resultante del estrechamiento de los cauces naturales por esa ocupación antrópica, con su consecuente aumento de la velocidad y torrencialidad de las corrientes, fue demandando crecientes tareas correctivas y protectivas aisladas y dehilvanadas, en sectores particularmente amenazados, pero sin un programa con criterio integral que interpretase adecuadamente el fenómeno, resultando tales trabajos en la mayoría de los casos muy contraproducentes, afectando con sus efectos erosivos, las zonas aguas abajo y de menor pendiente, con sobrecolmatación de material sólido de arrastre, producto en gran medida de esa desordenada y progresiva alteración de los cursos fluviales.

Contaminación

Sumado a lo antedicho, esa creciente ocupación de riberas, humedales, terrenos bajos, sectores de cauces alternativos y planicies inundables, va empobreciendo la calidad de suelos y aguas superficiales y subterráneos, con la creciente carga contaminante puntual y no-puntual de residuos sólidos, descarga de efluentes no tratados, escurrimiento y lavado de nutrientes y pesticidas agrícolas, derrame de hidrocarburos lubricantes y combustibles y compuestos tóxicos diversos.

Objetivo General

Establecer una red integral de monitoreo y un sistema de información y evaluaciones hidrometeorológicas con creciente ampliación de espectro y profundidad técnica de mediciones, tendiendo a cubrir los factores naturales y antrópicos y su influencia en los parámetros hidrobiológicos, con sistema de alerta temprana de crecidas, provisto de cantidad definida inicial y progresivamente creciente de estaciones en alta, media y baja cuenca de los tributarios cuyas planicies inundables se encuentran ocupadas con asentamientos urbanos y rurales, generadores de inundaciones y creciente contaminación, potencialmente amenazados por crecidas máximas y extraordinarias.

Red de Instalaciones de Medición

Contará con 27 puestos iniciales proyectados, distribuidos en cuenca alta, confluencias de afluentes en cuenca media y una estación ecológica en las costas del lago Epuyén y una estación ecológica madre en las costas del lago Puelo, donde se recibirán, almacenarán y

Analizarán los datos tanto de transmisión automática como de los arribados desde las estaciones vía oral por VHF.

Se medirán los caudales líquidos y de sólidos, en suspensión, saltación y acarreo, observaciones de niveles de ríos y lagos, las precipitaciones, temperatura, humedad relativa, acumulación nieve, presión atmosférica, temperatura del agua, pH, parámetros químicos y biológicos, análisis de toxicidad.

Existirán subestaciones de recepción de datos que serán retransmitidos a la estación madre.

Estación Ecológica Central en costas del Lago Puelo

Dentro de esta estación que ha sido proyectada para que cuente con un mapa panel de la cuenca, se recibirán los datos de dos transmisiones diarias cada 12 horas, incrementándose a cada seis horas durante los periodos de crecidas.

En el Mapa Panel de la Cuenca se visualizará la información puntual, areal o en series de tiempo de los parámetros mencionados y se volcarán a la base de datos y SIG en tiempo real, sobre la que se realizará el control primario de los datos, evaluando las variantes de rangos tanto para generar pronósticos como para luego incorporarlos a la base de información histórica.

Se tiende a alcanzar realizar proyecciones a 96 horas de la evolución esperable, dependiendo de la meteorología a partir de informaciones directas de satélites geoestacionarios y de órbita polar (GOES y NOAA).

Así, con la elaboración local de pronósticos, se permitirá predecir la ocurrencia de eventos de características extraordinarias, el seguimiento y actualización al día, en función de los datos recibidos.

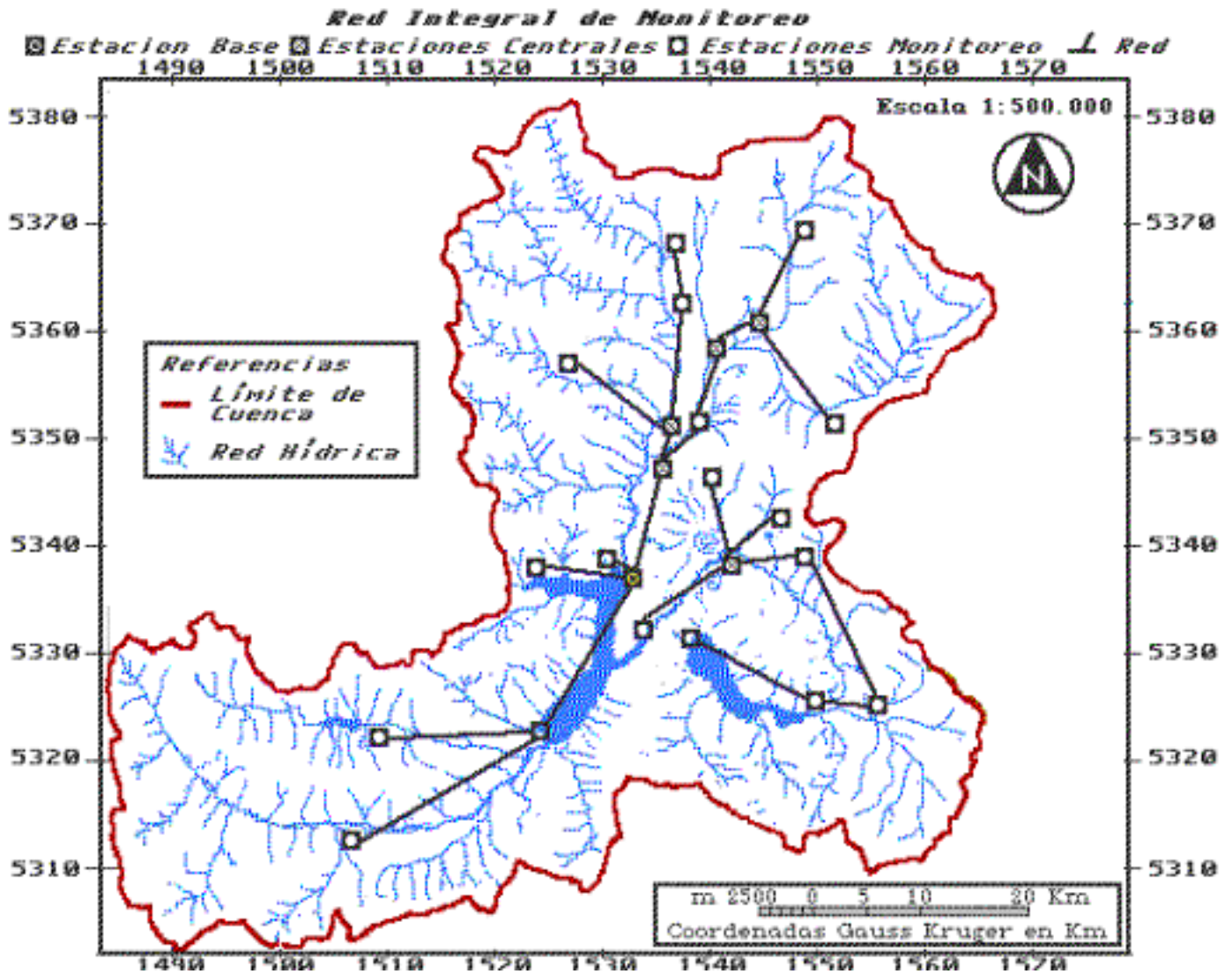
Base de Datos Históricas

Se realizará el almacenamiento y procesamiento de los datos y evaluaciones estadísticas de toda la cuenca, conteniendo toda la información hidrometeorológica e hidrobiológica de la cuenca y la secuencia de modelos de balance hídrico, de masa y de estado trófico que se vayan generando.

Permanente Evolución del Sistema

Tanto en su cobertura geográfica y meteorológica, el sistema mantendrá una permanente evolución, actualizando las bases de datos y proveyendo resultados de creciente precisión tanto de pronósticos, como de conveniencias respecto a áreas a sistematizarse y/o protegerse, sea de factores hidrológicos y de niveles de contaminación.

Características Generales de la Red



Dadas las características geográficas de la región, el complejo posicionamiento de los cordones montañosos y los cuencos, existen sinnúmero de sectores donde se producen conos de silencio para las comunicaciones VHF.

Considerando estos aspectos fundamentales e identificando dichos puntos, se propone una red de subestaciones con bases intermediarias retransmisoras, estratégicamente situadas que puedan recibir los datos y retransmitirlos a la estacion madre.

Esta red de monitoreo instalará una estación madre, preferentemente en las costas del lago Puelo, donde se recepcionará la información, dentro de frecuencias y horarios establecidos, sean estas diarias o semanales, coordinados con los responsables de los diversos puntos de monitoreo. Esa información recepcionada, pasará a ser procesada dentro de programas de modelado hidrodinámico y ecológico, en base a un cronograma de muestreo de progresiva profundidad, de forma tal de obtener con creciente precisión balances de masa e hídricos, permitiendo predecir y estimar los fenómenos de crecidas extraordinarias

Red de Monitoreo Nivelógico

Aspectos a monitorearse

1. Monitoreo de la cantidad de agua
2. Monitoreo de la calidad del agua
3. Monitoreo biológico; y
4. Monitoreo ambiental.
5. Definición de Pronósticos precisos para la Alerta Temprana de Crecidas y Diagnósticos Precisos

Para lograr un creciente y preciso ordenamiento de datos y modelado hidrodinámico, hidrobiológico y ambiental de la cuenca y sus subcuencas tributarias, las tareas específicas de monitoreo versarán en torno a la toma de los siguientes datos:

a. Meteorológicos:

La estricta dependencia de las crecidas con el clima obliga a la determinación de pronósticos meteorológicos precisos, obtenibles a través de la sostenida medición diaria de factores como:

- la temperatura del aire,
- la presión atmosférica, la acumulación y densidad de nieve en altas cuencas
- isocronía pluvial
- la pluviometría y humedad relativa,
- el tipo de nubosidad ingresante y,
- la velocidad, sentido y categoría de los vientos.

Sumando a estos parámetros resultantes del muestreo, la continua y creciente recepción diaria de cartas geográficas meteorológicas vía sistemas digitales, permite determinar con creciente precisión esos pronósticos adecuados para alertar a la comunidad residente.

Debido a que las crecidas extraordinarias regionales son consecuencia principalmente de la combinación de factores, lo que hemos visto se denomina crecidas mixtas, donde tiene enorme incidencia el volumen y densidad de acumulación de nieve sobre las altas cumbres que rodean los valles, resulta imprescindible comenzar a realizar la sistemática medición y estimación de esos valores, permitiendo determinar con cierta precisión, el grado de acumulación, los posibles volúmenes a derretirse y drenarse aguas abajo.

Para tal fin, resultará necesario aplicar los métodos que resulten más convenientes, sean estos de monitoreo directo de altitud, muestreando el peso específico de la precipitación nieve acumulada sobre las cumbres por parte de personal encargado o concesionarios de refugios, o bien indirectamente a través de imágenes satelitales o fotografías que permitan definir el área cubierta y su posible densidad.

La adecuada ponderación y evaluación de estos registros continuos, permitirá definir pronósticos cada vez más precisos de alerta temprana de crecidas, habilitando orientación oportuna para las estrategias pertinentes a la seguridad, sean éstas tanto de sistematización o protección de sectores débiles, como de evacuación de asentamientos amenazados, bajo la orgánica intervencional con los destacamentos de Defensa Civil, encargados de ordenar aquellas tareas relacionadas con la seguridad de la población.

Se proponen como soportes de información meteorológico el enlace con:

- sistemas de información satelital meteorológica y,
- con aeropuertos de territorio chileno.

b. Hidrométricos:

Con creciente determinación de secciones de aforo tanto en tributarios principales como en torrentes menores, se apunta a generar una compilación y ordenamiento de datos hidrométricos que permita generar modelos hidrodinámicos de progresiva precisión, los que definirán la jerarquización racional de sectores a atenderse y las medidas a tomarse para solucionar integralmente sus problemas.

Para tal fin se utilizará, como lo hemos expresado antes, equipamiento tradicional, tal como escalas y limnógrafos.

c. Químicos, bioquímicos e hidrobiológicos:

Tal como se ha expresado, se apunta a la instrucción de personal para que alcance a estar calificado para realización de muestreo y la aplicación de métodos adecuados de extracción de muestras de agua, para análisis de diversa índole.

Los parámetros de calidad del agua que deben ser monitoreados en torrentes, ríos y lagos que requieren manejo son:

Aspectos visibles de los cursos de agua:

Se apunta a realizar una descripción detallada acerca de los aspectos visibles del sector donde se realiza el muestreo, tales como:

- a. Características erosivas de las batientes, embancamientos, cubierta vegetal y tipo de acarreos.
- b. Aspectos generales del agua en el sector, tales como:

Color, olor, turbidez, materias en suspensión, sólidos flotantes, presencia de grasas e hidrocarburos, desprendimiento de gases y formación de espumas .

Parámetros físicos, químicos y biológicos

Los muestreos específicos para la precisa determinación de la calidad del agua son:

- la temperatura del agua
- el pH
- la salinidad iónica
- el Oxígeno Disuelto (OD)
- la Demanda química de Oxígeno (DQO)
- la Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)
- presencia de bacterias coliformes
- concentraciones de Fósforo y Nitrógeno

Parámetros de Toxicidad

Existen otros parámetros básicos que contribuyen a la determinación de elementos, compuestos y agentes tóxicos que pueden ser relevados tales como las concentraciones de sales amoniacales, nitritos y nitratos, concentraciones de cloro, de metales pesados y de cianuros.

Indicadores Hidrobiológicos

En materia de hidrobiología, se apunta progresivamente a ingresar en el muestreo de parámetros indicadores biológicos de costas (perifiton) y fondo de lechos (bentos), los que se aplican con éxito para la determinación del estado ecológico de los ecosistemas abordados en base a la diversidad detectada.

Para tal fin se proponen prospecciones respecto a la presencia de los siguientes productores y consumidores:

- Productores: Algas, macrófitas, epífitas, musgos, simbiosis y malezas
- Consumidores: Fragmentadores, ficófagos, predadores, colectores y peces.

La siguiente figura ilustra una ficha diseñada para la ordenada compilación de los datos del muestreo sugerido:

PROGRAMA DE VIGILANCIA DE CALIDAD DE AGUAS		PEMCLP - DMA/MLP 1997	
RESULTADO DE LOS EXÁMENES		Fecha de recepción en Laboratorio <input type="text"/>	
Laboratorio: <input type="text"/>	Recolectado por: <input type="text"/>	Fecha de Recolección <input type="text"/>	Proyecto <input type="text"/>
Cuenca: <input type="text"/>	Orden Lótico <input type="text"/>	Estación <input type="text"/>	Hora de recolección <input type="text"/>
Sector: <input type="text"/>			
CLIMA		COMPONENTES ABIÓTICOS	
Despejado <input type="checkbox"/>	Nublado <input type="checkbox"/>	pH (unidades) <input type="text"/>	
Precipitación <input type="checkbox"/> pluvial	<input type="checkbox"/> nivea	Salinidad Iónica Local <input type="text"/>	
Porcentaje de Cubierta Nubosa <input type="text"/> %	Temperatura del aire (°C) <input type="text"/>	Cationes	
Porcentaje Humedad relativa <input type="text"/> %		Ca	Mg
		Na	K
		Aniones	
		HCO ₃	SO ₄
		Cl	
		Salinidad Iónica Global <input type="text"/>	
		Temperatura del agua <input type="text"/> °C	
CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS		COMPONENTES BIÓTICOS	
Caudal (m ³ /seg) <input type="text"/>	m ³ /s	DO Oxígeno disuelto <input type="text"/>	mg/l
Pendiente aprox. del lecho <input type="text"/> %		DOB Demanda Biológica de Oxígeno <input type="text"/>	mg/l
Lectura de nivel de altura <input type="text"/> cm		N de días del análisis <input type="text"/>	
		Sulfatos <input type="text"/>	mg/l
		Total Nitrógeno <input type="text"/>	mg/l
		Total Fósforo <input type="text"/>	mg/l
		Bacterias Coliformes <input type="text"/>	n ^o /100ml
CARACTERÍSTICAS EROSIVAS		Productores	
Batiente del muestreo <input type="checkbox"/> erosiva <input type="checkbox"/> acarreo		Algas Clorofíceas <input type="checkbox"/> %	
Tipo de acarreo		Algas Cianofíceas <input type="checkbox"/> %	
<input type="checkbox"/> Pigment <input type="checkbox"/> Coloides <input type="checkbox"/> Arenas <input type="checkbox"/> Gravas <input type="checkbox"/> Rocas <input type="checkbox"/> Otros		Macrófitas <input type="checkbox"/> %	
Formación de bancos <input type="text"/>		Epífitas <input type="checkbox"/> %	
		Musgos <input type="checkbox"/> %	
		Simbiosis <input type="checkbox"/> %	
		Malezas <input type="checkbox"/> %	
ASPECTO DEL CURSO DE AGUA		Consumidores	
Color (cod. e intensidad) <input type="text"/>	Código Intens <input type="text"/>	Fragmentad. <input type="checkbox"/> %	
Olor (cod. e intens.) <input type="text"/>		Ficófagos <input type="checkbox"/> %	
Turbidez (intens.) <input type="text"/>		predadores <input type="checkbox"/> %	
Materias en suspensión <input type="text"/>		colectores <input type="checkbox"/> %	
Sólidos flotantes <input type="text"/>		Peces <input type="checkbox"/> %	
Aceites Grasas Hidrocarburos <input type="text"/>		Ficha N ^o <input type="text"/>	
Desprendimiento de gases <input type="text"/>			
Formación de espuma <input type="text"/>			

Cabe destacar que lo expuesto en la figura supone un objetivo de máxima, al que se pretende llegar progresivamente.

El progresivo avance y profundización de dimensiones y parámetros de monitoreo dependerá estrictamente de la capacitación del personal afectado a tales tareas respecto a la diversidad y complejidad creciente de la toma de muestras y su interpretación técnica.

Metodología y Estrategia Social

Se propone como metodología de trabajo generar e instalar una red de comunicaciones VHF coordinada, donde cada sector de monitoreo cuente con su equipo (handy), formulada sobre una base de extensión educativa y social para los pobladores ribereños, proveyéndoles de los equipos pertinentes, y de la respectiva instrucción en el manejo de los mismos, tanto como de la capacitación técnica creciente respecto de los objetivos y metodologías del muestreo a realizarse. Se procederá a encausar la instrucción comprensiva acerca de los métodos específicos aplicables y recomendables para la obtención de los datos de cada parámetro a medirse, cuya información resultante será volcada en planillas concebidas para tal fin y con una frecuencia y orden a determinarse para cada caso, transmitida vía VHF a un receptor establecido en una estación madre donde se la ingrese dentro de la base de datos del SIGCLP.

Esta metodología tiene como objetivo aprovechar la mano de obra disponible, con experiencia y concernimiento ribereños suficientes, brindándoles un horizonte laboral redituado y un marco de capacitación técnica progresiva, desde una perspectiva comprensiva respecto al espectro de parámetros que permitena la interpretación de la cantidad y calidad de las aguas.

Como modelo técnico se propone utilizar instrumental tradicional de medición, preferentemente usado, restaurado, reciclado o reacondicionado para cada tipo de medición. (meteorológico: termómetros, pluviómetros, anemómetros; hidrométrico: escalas y limnigrafos; hidrobiológico: sistemas tradicionales para la obtención de muestras de agua a ser analizadas, etc.).

Se apunta a no distraer inversiones hacia sistemas muy modernos, avanzados y/o automatizados, los que más allá de su costo inicial, requieren de un mantenimiento especializado. Se evitará así la posible destrucción de sistemas costosos y de difícil reposición, que muchas veces ocasionan indolentes visitantes de las riberas. Es usual encontrar instrumental baleado o destruído de puro gusto por desconocidos quienes, seguramente no tienen la más remota idea del inestimable y vital servicio que prestan.

Por otro lado, en caso de alcanzar la asistencia financiera suficiente, se tiende a aplicar esos fondos preferentemente para la formación de un concernido equipo técnico de monitores, cuyos miembros sean capaces de cuidar adecuadamente el instrumental bajo su responsabilidad, instalado en las secciones de aforo definidas.

Integrar una red de comunicaciones entre cantidad creciente de pobladores ribereños responsables de las

estaciones, en las diversas ramificaciones de los tributarios principales, permitirá no sólo el creciente intercambio radial entre sus miembros, sino también lograr una eficiente alerta temprana de crecidas y acarreos, que permita a las autoridades y grupos de seguridad pertinentes, llegado el caso, realizar oportuna y organizadamente las tareas de evacuación de las áreas amenazadas aguas abajo.

Posibles Usuarios de la Información Obtenida

Se apunta a generar un sistema de compilación y ordenamiento de datos que puedan ser utilizados y aplicados en sus tareas específicas, por la mayoría de los organismos técnicos involucrados con el aprovechamiento y protección de los recursos.

A saber, estos organismos son:

- Autoridad de Cuenca del Río Azul (ACRA)
- Departamento Provincial de Aguas de Río Negro (DPA).
- Dirección de Recursos Hídricos de Chubut (Corfo)
- Direcciones Regionales de Defensa Civil,
- INTA
- Servicio Forestal Andino de Río Negro.
- Dirección de Bosques y Parques de Chubut
- SPLIF, PNMF, Bomberos
- Parque Nacional Lago Puelo.
- Municipalidades incluídas dentro del área de la cuenca: El Bolsón, El Hoyo, Lago Puelo y Epuén.
- Establecimientos Educativos, Universidades y Centros de Investigación y Extensión.

Consideraciones Finales

Conveniencia del Modelo Sugerido

En regiones de países en vías de desarrollo, formular e implementar una red de monitoreo integral del estilo de la presente, aprovechando y capacitando progresiva e inteligentemente el recurso humano local, resulta el modelo más adecuado para la formación de concernimiento individual y comunitario, que encause la prevención, protección y saneamiento de los sectores afectados o amenazados, tendientes a la interpretación holística del tema.

Encausar el modelo sugerido permitirá alcanzar los siguientes objetivos:

- Integrar el recurso humano operativo local en torno a un criterio ambiental recomendable para el monitoreo (aforos, toma de muestras, interpretación y procesamiento de datos, manejo de sistemas y códigos de comunicaciones, etc.).
- Esnsanchamiento de la conciencia ambiental regional.
- Aprovechamiento racional de la conciencia histórica del recurso.
- Mejoramiento protectivo de los sectores de ubicación de las estaciones de muestreo.
- Capacitación intelectual y técnica del personal (pobladores ribereños).
- Aproximar la posibilidad de instalación de una Escuela de Cuenca.
- Proporcionar un horizonte de fuentes de trabajo.
- Alcanzar creciente precisión en las conclusiones y el modelado ambiental de la región.
- Editar informes técnicos y educativos con cartografía pertinente.



[Portada](#)



[Indice Manual](#)



[Modelo Ecogeográfico](#)

