

**MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y  
PLANIFICACION  
Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos  
Naturales y Desarrollo Forestal**

**Programa Nacional de Cambios Climáticos**



**DIAGNOSTICO DE REDES DE OBSERVACION  
SISTEMATICA PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN BOLIVIA**

**2002  
La Paz - Bolivia**

## **INSTITUCIONES INVOLUCRADAS**

### **Consejo Interinstitucional del Cambio Climático**

El Estudio fue aprobada por el CICC, conformado por:

Hernán Cabrera Frnacidakiz (Viceministro de Medio Ambiente Recursos Naturales y Desarrollo Forestal)  
Verónica López (LIDEMA)  
Cecilia Suaznabar (Cámara de Hidrocarburos)  
Ramiro Guillén (Ministerio de Agricultura)  
Eunice Vedia (Ministerio de Relaciones Exteriores)  
Jairo Escobar (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)  
Javier Salinas (Academia de Ciencias de Bolivia)  
Ernesto Mealla (Viceministerio de Energía)

### **COOPERACIÓN INSTITUCIONAL**

Las Instituciones que muy amablemente contribuyeron con información fueron:

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)  
Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (HAZAÑA)  
Servicio de Información sobre Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana (SINSAAT)  
Instituto de Ecología de la UMSA  
Instituto de Investigaciones Físicas – Laboratorio de Física de la Atmósfera UMSA  
Instituto de Hidráulica e Hidrología UMSA  
Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT)  
Programa Suka Kollus  
Programa de Manejo Integrado de Cuencas (PROMIC)  
Cámara Agropecuaria del oriente (CAO)  
Superintendencia Forestal  
Dirección Nacional de Cuencas y Clasificación de Tierras  
Institute pour Recherche in Development (IRD)  
Academia Nacional de Ciencias de Bolivia  
Programa de Estudio del Fenómeno del Niño (UNESCO)  
Organización Meteorológica Mundial – Sistema Mundial de Observación del Clima.  
Unidad de Seguridad Alimentaria de la Comunidad Europea (USACE)  
Programa Nacional de Cambios Climáticos.  
Dirección Nacional de Conservación de la Biodiversidad.

### **EDITORES**

Oscar Paz Rada  
Coordinador General Programa Nacional de Cambios Climáticos

Magali García (Consultor Programa Nacional de Cambios Climáticos)

## TABLA DE CONTENIDOS

I.	DESCRIPCION GENERAL.....	6
1.1.	INTRODUCCION .....	7
1.2.	SITUACION ACTUAL EN BOLIVIA .....	14
1.3.	RESUMEN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS .....	14
1.3.1.	Redes de Observación .....	16
1.3.2.	Otras Redes.....	9
II.	DESCRIPCION INSTITUCIONAL.....	10
2.1.	SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA.....	11
2.1.1.	Aspectos Organizativos.....	11
2.1.1.1.	Departamento de Meteorología.....	11
2.1.1.2.	Departamento de Agrometeorología.....	12
2.1.1.3.	Departamento de Hidrología.....	12
2.1.2.	Componente Institucional.....	13
2.1.3.	Difusión de la información al usuario.....	14
2.1.3.1.	Flujo de Información.....	22
2.1.3.2.	Telecomunicaciones .....	23
2.1.4.	Organización y Personal.....	23
2.1.5.	Equipos y Mantenimiento .....	17
2.1.6.	Aplicaciones informáticas .....	24
2.1.7.	Red hidrometeorológica dependiente del SENAMHI .....	25
2.2.	ADMINISTRACION DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES A LA NAVEGACION AEREA (AASANA).....	24
2.2.1.	Redes de Observación .....	32
2.2.2.	Pronóstico meteorológico .....	32
2.2.3.	Aspectos Organizativos.....	25
2.2.4.	Componente Institucional.....	26
2.2.5.	Teledetección satelital y radares.....	26
2.2.6.	Difusión de la información generada.....	27
2.2.7.	Telecomunicaciones .....	35
2.2.8.	Organización y Personal.....	35
2.2.9.	Equipos y Mantenimiento .....	35
2.3.	SISTEMA DE INFORMACION SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ALERTA TEMPRANA (SINSAAT).....	29
2.3.1.	LA PAZ .....	30
2.3.1.1.	Información Meteorológica Generada.....	30
2.3.1.2.	Información Hidrológica.....	30
2.3.1.3.	Información Agrometeorológica.....	30
2.3.1.4.	Información sobre Desastres Naturales.....	30
2.3.1.5.	Coordinación Interinstitucional.....	31
2.3.1.6.	Difusión de la información .....	39
2.3.2.	ORURO .....	39
2.3.2.1.	Información Meteorológica.....	32

2.3.2.2. Información Agrometeorológica.....	33
2.3.2.3. Información Hidrológica.....	33
2.3.2.4. Información sobre Desastres Naturales.....	33
2.3.2.5. Coordinación Interinstitucional.....	33
2.3.2.6. Difusión de la información .....	41
2.3.3. POTOSI .....	41
2.3.3.1. Información Meteorológica.....	34
2.3.3.2. Productos Obtenidos.....	34
2.3.3.3. Información Agrometeorológica.....	34
2.3.3.3. Información Hidrológica.....	35
2.3.3.4. Información sobre Desastres Naturales.....	35
2.3.3.5. Coordinación Interinstitucional.....	35
2.3.3.6. Difusión de la información .....	35
2.3.4. COCHABAMBA.....	43
2.3.4.1. Información Meteorológica.....	36
2.3.4.2. Información Agrometeorológica .....	43
2.3.4.3. Información Hidrológica.....	36
2.3.4.4. Información sobre Desastres Naturales.....	36
2.3.4.5. Recepción, tratamiento y difusión de la información agrometeorológica.....	43
2.3.4.6. Coordinación interinstitucional .....	44
2.3.4.7. Difusión de la información .....	44
2.3.5. CHUQUISACA.....	44
2.3.5.1. Información Meteorológica.....	37
2.3.5.2. Información Hidrológica.....	37
2.3.5.3. Información sobre Desastres Naturales.....	37
2.3.5.4. Recepción y tratamiento de la información agrometeorológica .....	38
2.3.5.5. Coordinación interinstitucional .....	45
2.3.5.6. Difusión de la información .....	45
2.3.6. TARIJA .....	46
2.3.6.1. Información Meteorológica.....	39
2.3.6.2. Información Hidrológica.....	39
2.3.6.3. Información Agrometeorológica.....	39
2.3.6.4. Información sobre Desastres Naturales.....	39
2.3.6.5. Recepción y tratamiento de la información agrometeorológica .....	39
2.3.6.6. Coordinación Interinstitucional.....	40
2.3.6.7. Difusión de la información .....	40
2.3.7. SANTA CRUZ.....	40
2.3.7.1. Información Meteorológica.....	40
2.3.7.2. Información Hidrológica.....	40
2.3.7.3. Información sobre Desastres Naturales.....	41
2.3.7.4. Coordinación Interinstitucional.....	41
2.3.8. BENI .....	41
2.3.8.1. Información Meteorológica.....	41
2.3.8.2. Productos Obtenidos.....	42
2.3.8.3. Información Hidrológica.....	42
2.3.8.4. Información sobre Desastres Naturales.....	42
2.3.8.5. Coordinación Interinstitucional.....	42
2.4. OTRAS INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA TOMA DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS.....	51

2.4.1. AUTORIDAD BINACIONAL DEL SISTEMA HÍDRICO DEL LAGO TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO, SALAR – ALT .....	51
2.4.1.1. Area de Acción.....	51
2.4.1.2. Antecedentes .....	51
2.4.1.3. Objetivos .....	52
2.4.1.4. Plan Director Global Binacional Sistema TDPS.....	45
2.4.1.5. Aspectos Organizativos .....	53
2.4.1.6. Convenios Interinstitucionales.....	53
2.4.1.7. Red de Información .....	53
2.4.1.8. Información Generada .....	54
2.4.1.9. Trabajos relacionados al Cambio Climático.....	54
2.4.2. PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE SUKA KOLLU – PROSUKO .....	55
2.4.2.1. Objetivo.....	48
2.4.2.2. Acciones.....	48
2.4.2.3. Investigaciones realizadas.....	48
2.4.2.4. Trabajos relacionados al Cambio Climático .....	48
2.4.3. INSTITUTO DE ECOLOGIA .....	56
2.4.3.1. Area de Acción.....	56
2.4.3.2. Antecedentes .....	56
2.4.3.3. Objetivos .....	56
2.4.3.4. Aspectos Organizativos .....	56
2.4.3.5. Fecha de inicio y conclusión.....	56
2.4.3.6. Principales Campos de Investigación .....	56
2.4.3.7. Redes a las que pertenece.....	56
2.4.3.8. Publicaciones.....	57
2.4.3.9. Trabajos relacionados al Cambio Climático.....	50
2.4.4. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FÍSICAS DE LA U.M.S.A. LABORATORIO DE FISICA DE LA ATMOSFERA.....	58
2.4.4.1. Área de Acción.....	58
2.4.4.2. Antecedentes .....	58
2.4.4.3. Objetivos .....	58
2.4.4.4. Aspectos Organizativos .....	58
2.4.4.5. Fecha de inicio y conclusión.....	58
2.4.4.6. Convenios Interinstitucionales.....	59
2.4.4.7. Redes a las que pertenece.....	59
2.4.4.8. Equipos .....	59
2.4.5. INSTITUTO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA (IHH) .....	60
2.4.5.1. Area de Acción.....	60
2.4.5.2. Antecedentes .....	60
2.4.5.3. Objetivos .....	60
2.4.5.4. Logros a nivel nacional e internacional.....	53
2.4.5.5. Aspectos Organizativos .....	60
2.4.5.6. Fecha de inicio y conclusión.....	61
2.4.5.7. Equipamiento .....	61
2.4.5.8. Investigación .....	61
2.4.5.9. Convenios Internacionales .....	63
2.4.5.10. Convenios Nacionales .....	63

2.4.6. INSTITUTE POUR RECHERCHE IN DEVELOPPEMENT (IRD) .....	64
2.4.6.1. Area de Acción.....	64
2.4.6.2. Antecedentes .....	64
III. REDES GLOBALES DE LAS QUE ES PARTE BOLIVIA.....	58
3.1. REDES DE OBSERVACION SISTEMATICA (ROSS, ROAS, VAG).....	59
3.2. REDES DE OBSERVACION TERRESTRE (GTN-P,GTN-G,FLUXNET,GOOS)....	61
3.3. REDES DE OBSERVACION SATELITAL.....	62
3.4. REDES DE OBSERVACION HIDROLOGICA.....	63
3.5. DIFICULTADES PARA EL INTERCAMBIO DE INFORMACION DENTRO Y FUERA DE LAS REDES.....	63
3.6. PLANES Y PROGRAMAS NACIONALES DE FORTALECIMEINTO DE LAS REDES EXISTENTES.....	64
3.7. INVESTIGACION REALIZADA EN LA TEMATICA DEL CAMBIO CLIMATICO.....	65
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67

## PROLOGO

*Bolivia al haber ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha asumido responsabilidades en el ámbito de luchar contra las causas e implicaciones del mismo, por lo que en cumplimiento del artículo 4.1 y 5 de dicha Convención, se establece que los países deben promover y cooperar el fortalecimiento de la observación sistemática en cambio climático e informar sobre sus sistemas existentes y sus necesidades en este ámbito.*

*El presente trabajo muestra la capacidad de Bolivia, en el marco institucional y técnico, para encarar tareas de seguimiento, control y observación del cambio, variabilidad climática y del estado del tiempo, la cual, por el diagnóstico realizado, aún es muy limitada y permite establecer las necesidades que tiene el país de mejorar su infraestructura de observación e investigación de los fenómenos climáticos, por lo que se hace imprescindible un marco de cooperación internacional científico y tecnológico más consistente.*

*El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, como un punto focal de Bolivia ante la Convención del Cambio Climático, pretende a partir de esta publicación establecer un análisis sistemático de esta problemática identificando las debilidades y potencialidades del país para encarar acciones de seguimiento, investigación y predicción en materia de sistemas de observación del clima.*

*Es de relieves la cooperación del Global Environmental Facility (GEF) y del PNUD que apoyó este trabajo, así como a aquellas instituciones que coadyuvaron con la información y al Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, que a través del Programa Nacional de Cambios Climáticos, pudo llevar adelante esta tarea.*

**Lic. Ramiro Cavero Uriona**  
**MINISTRO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACIÓN**

## **PRESENTACIÓN**

*El seguimiento y monitoreo de las condiciones atmosféricas y por tanto del clima, son indispensable para poder encarar con responsabilidad las diversas implicaciones que estos fenómenos estarían provocando sobre los diferentes ecosistemas.*

*La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) refleja en sus artículos 4.1, incisos g y h y en el artículo 5 la obligación de los países de promover y cooperar el fortalecimiento de la observación sistemática y el desarrollo de datos sobre el clima, pero fundamentalmente el apoyo que debe existir a los países en vías de desarrollo, para promover el acceso a datos y el fortalecimiento de sus capacidades nacionales.*

*El presente trabajo pretende, en primer instancia, establecer un diagnóstico del estado de los sistemas de observación del clima en Bolivia, la participación del país en el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y de otras Redes como las de Observación de Superficie, de Observación de Altura y de Vigilancia Atmosférica Global.*

*Este documento no hubiese sido posible sin la cooperación del SENAMHI, AASANA, SINSAAAT y otras instituciones y centros de investigación que permitieron contar con información de sus actividades.*

*El Consejo Interinstitucional del Cambio Climático (CICC) también coopero con el desarrollo del trabajo y recomendó una serie de iniciativas que fueron incluidas en el presente documento.*

*De esta manera Bolivia inicia un proceso de identificación de sus potencialidades y debilidades con relación a los sistemas de observación del clima y pretende, a partir del mismo, conseguir de la comunidad internacional una justa interpretación de las necesidades en este ámbito.*

**Lic. Hernán Cabrera Francidakiz**  
**VICEMINISTRO DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES**  
**Y DESARROLLO FORESTAL**



## RESUMEN EJECUTIVO

Bolivia como todos los países del globo, es parte de redes de observación sistemática a nivel internacional. Estas redes incluyen tanto aquellas que son parte del Programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) como aquellas incluidas dentro del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC). Es interesante apreciar que aunque existen diversas instituciones que trabajan con sus propios observatorios hidrometeorológicos, el SENAMHI es la única institución que posee estaciones que están incluidas dentro de las redes de observación global.

El SENAMHI al ser, por ley, la institución nacional a cargo de la regulación de la observación hidrometeorológica, tiene el reconocimiento y la representación nacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). De esta manera recibe el apoyo de este organismo para su trabajo y la capacitación de su personal y es el único organismo en el país que puede otorgar la certificación y autorización para la instalación de estaciones meteorológicas e hidrológicas.

Se ha establecido que la Red de Observación Sistemática de Superficie (ROSS) del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) ha incluido a Bolivia con 10 estaciones meteorológicas que son parte de la Red Nacional de Estaciones dependientes del SENAMHI y AASANA. Estas 10 estaciones han sido seleccionadas en función de la calidad de la información que generan y de la necesidad de la ROSS, sin embargo se hace necesario garantizar la continuidad del trabajo y del envío de la información.

Desafortunadamente en el último reporte del SMOC, Sudamérica ha sido reportada como la región que en peor estado de flujo de información se encuentra<sup>1</sup>. De hecho se reporta que del total de 120 estaciones existentes en el subcontinente, solamente el 33 % se encuentra en estado de entrega de datos satisfactoria, 16 % de las estaciones entrega la información en forma limitada, 8 % entrega la información de forma insatisfactoria y el 43 % de las estaciones tienen el carácter de "silenciosas", es decir que nunca enviaron información al Centro de Monitoreo de Datos del SMOC.

La selección de las estaciones incluidas en la ROSS, a pesar de haberse llevado adelante en función a la calidad de la información, no refleja la gran heterogeneidad climática boliviana. Bolivia se caracteriza por ser un país influenciado por diversos sistemas climáticos globales como la influencia de los trópicos, la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), el cinturón de alta presión de la latitud 30 y otros; adicionalmente su fisiografía influenciada por la presencia de la Cordillera de los Andes, determina una extrema variación sumada a los factores anteriores. De esta manera para caracterizar el clima nacional las 10 estaciones identificadas están lejos de ser suficientes.

Con relación a la Red Observaciones de Altura del SMOC (ROAS), esta no incluye ninguna estación en Bolivia. Sin embargo, a nivel global dentro de la Red de Observatorios de Altura de la OMM, una estación forma parte de esta red (Alto de La Paz). Actualmente esta estación no se encuentra en funcionamiento y sus equipos son obsoletos, requiriéndose su urgente renovación para luego solicitar ser incluida en la ROAS.

El país no dispone de ninguna estación dentro del programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG). Se espera también que a través de un convenio ya concluido con la NASA, próximamente sean instaladas 3 estaciones dentro de la VAG en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

---

<sup>1</sup> <http://www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html>

Se ha podido apreciar que al presente ninguna de las estaciones seleccionadas por el SMOC para ser parte de la ROSS se encuentra enviando información al Centro de Monitoreo de Datos. Ello se debe, en gran parte, a la inexistencia de recursos y a que no se encuentran en funcionamiento en concordancia con el Apéndice 2 del Formato de Presentación de informes sobre Observación Sistemática del SMOC-UNFCCC.

Bolivia forma parte de la Red Mundial de Glaciares (GTN-G) principalmente llevado por la Universidad Mayor de San Andrés y la Cooperación Francesa (IRD) conjuntamente el SENAMHI. De esta manera 1694 glaciares han sido inventariados y reportados a esta red, de los cuales solamente 2 (Chacaltaya y Huayna Potosi) envían información en forma periódica a la Red Mundial de Glaciares. El hecho de que Bolivia posea gran cantidad de glaciares ya inventariados debería promover a incrementar el número de estaciones que se encuentran dentro de la Red GTN-G para mejorar el nivel de conocimiento nacional de la influencia del Cambio Climático sobre los glaciares.

Debido a su localización en la zona tropical del planeta, Bolivia no se encuentra dentro de la zona de análisis y monitoreo de la Red Permafrost (GTN-P), por lo que no requiere poseer información dentro de esta Red. Por su situación mediterránea el país tampoco es parte de la red oceanográfica (GOOS).

Por otra parte, aunque se han comenzado algunos trabajos de medición de emisión de Gases de Efecto Invernadero a través del Instituto de Investigaciones Físicas, Bolivia como país no tiene ninguna estación reportando a la Red Mundial Terrestre-Carbono (FLUXNET) y a otras redes que vigilan el uso de la tierra, el flujo de CO<sub>2</sub> y el vapor de agua en el planeta (GTOS)<sup>2</sup>. Dentro de la Red FLUXNET, la Red más cercana al territorio nacional es aquella llevada por el INPE del Brasil que posee 3 estaciones de monitoreo en el Amazonas. La inclusión del país dentro de la Red FLUXNET y GTOS sería muy importante especialmente para la planificación del uso de los Recursos Naturales.

De acuerdo a información oficial otorgada por el SENAMHI, Bolivia cuenta al momento con 69 estaciones hidrológicas de escala y 46 estaciones de aforo. También cuenta con 7 estaciones satelitales internacionales en Convenio con el Gobierno Brasileño y 15 estaciones para el control de las inundaciones en la Cuenca Baja Amazónica que fueron implementadas en cooperación con el IRD. Estas estaciones podrían aportar su información a la Red Mundial de Observaciones Hidrológicas (WHYCOS), aunque actualmente lo hacen solo a solicitud específica. Por otra parte dentro de la WHYCOS, Bolivia será parte de la Red Hidrológica Regional Amazónica y la Red Hidrológica Del Plata que pronto se pondrían en funcionamiento.

Existen otras redes de información meteorológica en el país como el SINSAAT y AASANA. Estas otras redes en forma permanente interactúan con el SENAMHI, a través del envío de su información o de convenios interinstitucionales. Además de estas, existen instituciones que trabajan en el área hidrometeorológica que en algunos casos son usuarias de los datos del SENAMHI, AASANA y/o SINSAAT o en otros cuentan con sus propios observatorios los que pueden o no enviar su información al SENAMHI.

A pesar de la existencia de tal cantidad de instituciones recolectando en mayor o menor grado información hidrometeorológica, ninguna de todas las que trabajan en el país realiza un trabajo de análisis climático que es mucho más profundo y requiere de mayor precisión y que sin embargo es de extrema importancia con fines de planificación.

---

<sup>2</sup> GTOS: Red Global de Observación Terrestre

Se ha identificado que estas instituciones relacionadas con la toma de datos hidrometeorológicos a nivel nacional presentan limitaciones inherentes a sus características propias que impiden optimizar la calidad y el acceso a la información hidrometeorológica. AASANA se encuentra atravesando un periodo de crisis por los procesos de capitalización y reducciones presupuestarias, aunque su personal se encuentra muy bien formado y la calidad de la información que genera es buena. Por su parte el Sinsaat se encuentra en una fase inicial de sus actividades habiendo instalado un número limitado de estaciones automáticas aunque se prevé la extensión del programa con un mayor número de estaciones.

La investigación en el área climática en general y de Cambio Climático en particular tampoco tiene un lugar privilegiado, llegando al extremo de que ninguna institución financiera apoya esta línea de investigación con lo que la generación de diagnósticos, tecnologías y otros productos de suma importancia se ha detenido casi completamente.

Se establece que la participación del país en las redes de observación sistemática a nivel global, especialmente relacionadas con el Cambio Climático, es muy débil lo que condiciona y dificulta su participación como país en muchos trabajos conjuntos que serían de utilidad nacional y que al menos permitirían determinar la verdadera línea base en la que se encuentra Bolivia en el tema climático y meteorológico en general y del Cambio Climático en particular.

## **I. DESCRIPCION GENERAL**

## 1.1. INTRODUCCION

Dentro del tema de Cambio Climático, la necesidad de datos, información y productos meteorológicos e hidrológicos que sirvan de base para llevar adelante estudios serios y consistentes acerca de las influencias positivas o negativas que tendrá el Cambio Climático en el país, determina el requerimiento de contar con un diagnóstico de las redes de observación sistemática existentes en el país para conocer la línea base de equipos, materiales, capacidades y debilidades orientadas al fenómeno del Cambio Climático.

La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, consciente de la necesidad de contar con las adecuadas bases de datos que permitan un análisis científico y serio del problema del Cambio Climático, ha establecido un compromiso importante reflejado en los Artículo 4.1(g) y (h) y 5 de la Convención por los cuales todas las partes se comprometen a promover y cooperar en el fortalecimiento de la observación sistemática y desarrollo de datos y archivos relacionados con el sistema climático.

Llevando a cabo este compromiso las partes han entrado de acuerdo en:

- Apoyar y desarrollar, apropiadamente, a nivel internacional e intergubernamental los programas y redes u organizaciones orientadas a definir, dirigir, evaluar y financiar la investigación, colección de los datos y observación sistemática, tomando en consideración la necesidad de minimizar la duplicación de esfuerzos en estas actividades.
- Apoyar los esfuerzos internacionales e intergubernamentales por fortalecer la observación sistemática particularmente en países en vías de desarrollo, para promover el acceso a, y el intercambio de los datos y análisis obtenidos de áreas más allá de los territorios nacionales
- Tener en cuenta las preocupaciones particulares y necesidades de países en vías de desarrollo y cooperar a ellos mejorando sus capacidades internas para participar de estos esfuerzos.

Un factor clave para la implementación de los Artículos mencionados ha sido y es la cooperación con el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) dependiente de la Organización Meteorológica mundial (OMM) y sus agencias dependientes (ROSS, ROAS, VAG, etc.<sup>3</sup>). Este Sistema (SMOC) fue establecido en 1992 con el fin de asegurar que las observaciones y la información necesaria para analizar los tópicos relacionados con el clima sean obtenidos y hechos disponibles a todos los potenciales usuarios. El objetivo principal del SMOC y de sus agencias y redes es el de convertirse en un sistema de observación de largo plazo capaz de monitorear el sistema climático, detectar el cambio climático, evaluar los impactos de la variabilidad y el cambio climático y de apoyar la investigación orientada a mejorar el entendimiento, modelización y predicción del sistema climático.

El SMOC no realiza directamente observaciones ni genera productos. Solo estimula, favorece y coordina esfuerzos de los miembros para facilitar la toma de datos y observaciones por parte de organizaciones nacionales e internacionales que tengan objetivos comunes. De esta manera el SMOC se construye y trabaja sobre redes ya existentes dependientes de la OMM como la Red de Observación Mundial del Tiempo que trabaja actualmente con las redes de observación sinóptica de la OMM.

---

<sup>3</sup> ROSS: Red de Observaciones de Superficie del SMOC  
ROAS: Red de Observaciones de Altura del SMOC  
VAG: Vigilancia Atmosférica Global

Dentro de este marco, en las Conferencias de las Partes (COP) 3 y 4, se decidió inducir a las partes para que coordinen sus trabajo con redes coordinadas por el SMOC. Además la COP 5 decidió motivar a las Partes a identificar las deficiencias en sus redes de observación climáticas y de proponer propuestas específicas para lograr este objetivo, poniendo como referencia al SMOC. Adicionalmente la COP procedió a elaborar guías de presentación de informes sobre la situación de las redes de observación sistemática para el Cambio Climático para ser presentada por las Partes solicitando a las partes que relacionen sus informes siempre con las redes existentes del SMOC.

La decisión 2/CP.7 de la Séptima Conferencia de las Partes (COP/) realizada en Marrakech en el 2001, establece la urgente necesidad de fomentar las capacidades de los países en vías de desarrollo en materia de Investigación y Observación sistemática para el cambio climático.

## **1.2. SITUACION ACTUAL EN BOLIVIA**

Por la experiencia que existe en el país en lo referente a la ejecución de proyectos medioambientales o de manejo de recursos naturales, puede afirmarse que los sistemas de observación, comunicaciones, procesamiento de datos y generación de productos en el área climática, en general son incompletos, aunque lo que no se conoce con precisión es la magnitud de estas falencias. De esta manera se presume que en Bolivia existen deficiencias operativas que disminuyen la capacidad de las instituciones nacionales para proporcionar datos precisos que ayuden en la planificación de las acciones orientadas a mitigar o aprovechar los efectos del Cambio. Para ello el país debe contar con serios y confiables registros de datos ambientales y climatológicos para la protección del medio ambiente y el estudio de los cambios climáticos, lo cual debe ser parte de una red operativa sólida, completa y fuertemente interrelacionada con otras redes de observación nacional, regional y global.

En función a lo previamente citado, en el presente estudio se ha planteado como objetivos principales:

- Evaluar las redes de observación sistemática climática existentes en Bolivia y su relación con el estudio del Cambio Climático en función a sus características, potencialidades y limitaciones.
- Analizar la dependencia de estas redes en relación al Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) e identificar en que medida el sistema de observación existente en Bolivia es apropiado para caracterizar el clima nacional y monitorear las tendencias o cambios en los parámetros Climáticos.
- Evaluar el estado de la investigación sobre el Cambio Climático en el país.

El desarrollo de estos objetivos ha incluido la realización de un diagnóstico preciso de las instituciones que están relacionadas con el estudio del Cambio Climático ya sea por que llevan adelante redes de observación hidrometeorológica o porque estudian o investigan algunos aspectos relacionados con él. El diagnóstico también ha considerado la determinación de su orientación institucional hacia la observación y la investigación de los fenómenos meteorológicos de importancia. Finalmente se pretende plantear algunas propuestas que lleven al mejoramiento del sistema de observación climática existente en el país.

## **1.3. RESUMEN DEL ESTADO ACTUAL DE LOS SERVICIOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS**

Así como en todo el mundo, las estaciones dependientes del SMOC en Bolivia son estaciones seleccionadas de las ya existentes en la Red Nacional de Observatorios Meteorológicos y serán descritas en los siguientes párrafos. Sin embargo el hecho de que estas estaciones

pertenezcan al SMOC, no garantiza su representatividad como se podrá apreciar posteriormente.

Los organismos del sector hidrometeorológico que operan en Bolivia en escala nacional son tres:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)
- División de Meteorología de la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA)
- Sistema de Información de Seguridad Alimentaria y Alerta Temprana (SINSAAT)

Estos tres sistemas nacionales se encuentran interrelacionados por acuerdos tanto escritos como de palabras aunque el cumplimiento de estos acuerdos es relativo. Por ejemplo, existe un convenio entre el SENAMHI y AASANA suscrito en Octubre de 1997 que tiene por objeto poner en funcionamiento el Sistema Mundial de Pronósticos de Área (WAFS). Por medio de este convenio el SENAMHI entregó a AASANA equipos para que esta administrara el sistema, unificara y confeccionara las predicciones y difundiera los informes meteorológicos aeronáuticos.

Asimismo el SINSAAT y el SENAMHI tienen un acuerdo verbal de compromiso de entrega de información del primero a SENAMHI para la extrapolación de datos a series históricas. Por su parte el SINSAAT utiliza la información de observatorios del SENAMHI para sus propios requerimientos en zonas en las que no tiene instalados sus propios observatorios.

A pesar de que los otros dos servicios tienen alcance nacional, el SENAMHI continúa siendo la principal institución nacional de recolección de datos hidrometeorológicos del país, por su alcance, por la longitud de los datos históricos que este posee y por su representatividad ante organismos internacionales<sup>4</sup>. Por otra parte el SENAMHI es la única institución del país que es parte de Redes de Observación Global incluidas dentro del SMOC, como se describirá más adelante. Desafortunadamente muchos de los datos que posee el SENAMHI, corren el riesgo de perderse por la falta de fortalecimiento al personal que sistematice la información y por falta de mantenimiento de las estaciones.

AASANA posee estaciones meteorológicas sinópticas que además de apoyar a la aeronavegación, sirven para la entrega de información al Sistema Mundial de Vigilancia del Tiempo (WWW por sus siglas en inglés) y dentro de ellas incluye algunas que se incorporan dentro del Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), todo ello a través del SENAMHI. Las estaciones llevadas por AASANA se caracterizan principalmente por la buena calidad de su información que es muy confiable y también por el tipo de instrumentación que poseen estas estaciones que se encuentran en aeropuertos. Esto se debe a que el personal de los aeropuertos está bien entrenado en la recolección y control de calidad de la información y a que los equipos de observación reciben constante mantenimiento y renovación. Lamentablemente estos observatorios solo se encuentran en los aeropuertos del país, por lo que las otras zonas cuentan con estaciones con menor calidad y cantidad de datos. Es importante mencionar que la red de AASANA se encuentra directamente relacionada con la red del SENAMHI haciendo entrega diaria de la información meteorológica. De esta manera los observatorios llevados por AASANA son incluidos dentro de las estadísticas llevadas por el SENAMHI sobre su cobertura nacional y la información proveniente de ellos puede ser obtenida también en las oficinas del SENAMHI.

---

<sup>4</sup> El SENAMHI mantiene la representación en Bolivia de la Organización Meteorológica Mundial de la Organización de las Naciones Unidas

Por su parte el SINSAAT, ha instalado en su primera fase 65 estaciones meteorológicas automáticas en todo el país, con buena calidad de la información pues los equipos son modernos y la información ya no depende del observador. Sin embargo estos datos no pueden ser utilizados para estudios de largo alcance pues las estaciones han sido recientemente instaladas y su distribución dista mucho de ser la óptima requerida por el país; se tiene planificado en una segunda fase instalar otras 90 estaciones distribuidas en el territorio nacional, pero la información proveniente de ellas no será útil para el análisis del clima aunque podrían ser muy útiles para actividades de investigación dentro del proceso de validación y control de calidad de los datos generados por las estaciones convencionales llevadas por el SENAMHI. La información generada por el SINSAAT, puede ser obtenida directamente de las oficinas del SINSAAT en el Ministerio de Agricultura.

Por otra parte el SINSAAT también tiene previsto dentro de sus objetivos el análisis de la producción alimentaria del país como parte de las actividades en Seguridad Alimentaria. Dentro de la segunda fase del proyecto que inicia el presente año se tiene planificado dar mucho énfasis a estas actividades.

### **1.3.1. Redes de Observación**

Las Redes de Observación Meteorológica existentes a nivel nacional solo están llevadas por las instituciones antes mencionadas con la siguiente distribución (considerando estaciones que existen o existieron):

- La Red aeronáutica está bajo la responsabilidad de la Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA) y consta de 40 observatorios ubicados en aeropuertos y registrados como Estaciones de Observación Sinóptica en la OMM, aunque de ellos solamente se encuentran en funcionamiento al momento 34.
- La Red Sinóptica de difusión internacional consta de los 34 observatorios antes mencionados situados en los aeropuertos. Los observatorios gestionados por AASANA no suministran datos de todas las horas sinópticas previstas en el programa de observación. Los datos se envían al Sistema Mundial de Vigilancia del Tiempo, a través de la red Global de Comunicaciones monitoreada por la OMM.
- Red sinóptica de altura: existe únicamente una estación de la Fuerza Aérea incluida en esta red. Lamentablemente esta estación no está operativa y se considera obsoleta por el tipo de instrumental que incluye, aunque se prevé su pronta reincorporación a la red.
- Red agrometeorológica: no se dispone de una como tal, sino de aplicaciones de estaciones de la red climatológica principal y ordinaria. Las funciones de esta red pretenden ser cubiertas por los observatorios automáticos instalados por el SINSAAT.
- Red climatológica principal está formada por 26 observatorios y la ordinaria consta de 85 estaciones. De acuerdo a parámetros de densidad de observatorios de superficie esta cantidad de observatorios es insuficiente para el país, más aún considerando sus características altitudinales y fisiográficas. Esta situación es mas marcada en los departamentos de Pando y Beni.
- Red termoplumiométrica y pluviométrica está formada por 868 postes con una distribución geográfica similar a las anteriores.
- Red de estaciones automáticas que fueron instaladas por la cooperación italiana. Al presente solo se encuentran en funcionamiento 13 estaciones.
- Red de estaciones meteorológicas automáticas coordinada por el SINSAAT, que consta de 65 observatorios donados por la Comunidad Europea a través del Programa de Seguridad Alimentaria (PASA) repartidos por todo el país en coordinación con las prefecturas departamentales. Aunque la calidad de la información de esta red es alta, la longitud de los récords de información es corta con solo 5 a 8 años de información.



- La Red hidrológica que está compuesta por 69 estaciones hidrológicas de escala y 46 estaciones de aforo. También cuenta con 7 estaciones satelitales internacionales en Convenio con el Gobierno Brasileño y 15 estaciones para el control de las inundaciones en la Cuenca Baja Amazónica

Existen otras instituciones que poseen en propiedad estaciones hidrometeorológicas, sin embargo estas no cubren el total del país por lo que no son nombradas.

A excepción de las automáticas, en todas las redes la instrumentación es manual, lo cual crea la carencia de datos en ciertas horas sinópticas. No están definidas las estaciones climatológicas de referencia y el único control de calidad del dato al momento de la recolección es el que realiza el observador. Al presente el SENAMHI se encuentra en un proceso de análisis de la calidad de los datos históricos utilizando el software CLICOM. Por otra parte, como se describe posteriormente, no todas las estaciones arriba citadas se encuentran en actual estado de funcionamiento.

### **1.3.2. Otras Redes**

Dentro de los indicadores del Cambio Climático también se incluyen factores como la desertificación, la reducción forestal, cambio de uso de la tierra y otros, sin embargo ninguno de estos parámetros están siendo analizados a nivel nacional por Redes de Observación Sistemática orientada. En el país actualmente este tipo de análisis está siendo llevado en forma aislada y en algunos casos regionalizada por muchas instituciones pero con muy poco intercambio e integración de la información. Esto está provocando la duplicación de esfuerzos y los trabajos no tienen ninguna dirección específica. Por esta razón estos aspectos no fueron incluidos en el presente trabajo.

Por otra parte existen pequeñas redes hidrometeorológicas llevadas por instituciones aisladas y en forma muy local.

Los mapas 1, 2 y 3 sintetizan las redes de información hidrometeorológica existentes en el país y a las instituciones que representan.

## **II. DESCRIPCION INSTITUCIONAL**

### **2.1. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (SENAMHI)**

## **SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (SENAMHI)**

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología fue creado mediante Decreto Supremo No 8465 del 4 de septiembre de 1968 y cuenta con jurisdicción nacional y autonomía de gestión. Depende en forma directa del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación.

El SENAMHI fue creado para llevar a cabo diferentes funciones:

- Normar y centralizar datos de carácter meteorológico e hidrológico con autoridad nacional.
- Mantener, operar e incrementar la red nacional de estaciones hidrometeorológicas.
- Estudiar de manera general el clima, el tiempo y los recursos hídricos del país.
- Realizar investigaciones específicas en el campo de la hidrometeorología.
- Elaborar y difundir datos hidrometeorológicos en los ambientes nacionales e internacionales.
- Representar al país ante organismos internacionales en el campo de su competencia.

El SENAMHI con su dirección técnica coordina la captación de información meteorológica e hidrológica en sus respectivas oficinas regionales de cada Departamento del país, reservándose copias de los informes que son enviadas a la Oficina Nacional situada en La Paz.

### **2.1.1. Aspectos Organizativos**

El SENAMHI cuenta para el desarrollo de sus funciones con 4 departamentos (Figura 1):

- Departamento de Meteorología (División Sinóptica, División Climatológica, División informática y División de Redes)
- Departamento de Hidrología (Mantenimiento de Estaciones, Hidrometría, Estudios Hidrológicos y División de Informática)
- Departamento de Agrometeorología (División de Estudios agrometeorológicos)
- Departamento Administrativo

Dispone, asimismo, de una estructura periférica formada por 8 Oficinas Regionales ubicadas en los departamentos de Beni, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Santa Cruz, Pando, Tarija y Oruro.

#### **2.1.1.1. Departamento de Meteorología**

Este Departamento consiste en cuatro divisiones: Sinóptica, Climatología y Estudios Especiales, Redes de Observación e Informática. Paralelamente genera 2 boletines periódicos: Un Boletín Diario que contiene las predicciones del tiempo especialmente relacionadas a la Temperaturas y a la Humedad Atmosférica y el Boletín Mensual que contiene estadísticas del mes recién pasado. Estos boletines son distribuidos libremente a quienes lo solicitan.

En el Departamento de Meteorología se reciben y analizan los pronósticos que realiza AASANA. Estos pronósticos son disseminados por el SENAMHI al público en general. Este trabajo se realiza a través de un convenio formal existente entre estas dos instituciones, aunque comandado por AASANA. Actualmente el Departamento de Meteorología, gracias a una computadora habilitada para recepción de información satelital, se encuentra en un periodo de inicio de actividades de pronóstico aunque estas son bastante limitadas todavía.

Es de vital importancia para el SENAMHI contar con un sistema de radares meteorológicos para la predicción de eventos extremos que últimamente han golpeado fuertemente diversas regiones del país.

Aunque el personal del Departamento se encuentra capacitado en su mayoría para llevar adelante estudios climáticos o estadísticos de la base de datos existente, la falta de medios y de tiempo impiden que realice estas actividades lo que se traduce en pocos productos utilizables a nivel nacional (Estudios climáticos, zonificaciones, etc.).

#### **2.1.1.2. Departamento de Agrometeorología**

El Departamento de Agrometeorología fue creado con el fin de servir a la comunidad productora rural del país. Este Departamento es responsable de estaciones climáticas principales a través de las cuales colectan información climática y otros parámetros de interés para la agricultura. Estas estaciones son compartidas con la red climática principal y en algunos casos usan los datos sinópticos recibidos de AASANA para elaborar sus boletines. Sin embargo sus potencialidades no son aprovechadas y diversas instituciones que trabajan en el área rural han establecido pequeñas redes de observación hidrometeorológica y agrometeorológica, demostrando con ello los vacíos de esta red. Entre ellas se encuentran la Cámara Agropecuaria de Oriente (CAO) y el SINSAAT.

En lo que se refiere al Departamento de Agrometeorología, la necesidad de personal es evidente, ya que en el total de las Oficinas Regionales del SENAMHI se cuenta solamente con 3 agrónomos formados en agrometeorología. De hecho en el país como tal, la formación en agrometeorología es mínima y requiere de mucho apoyo.

#### **2.1.1.3. Departamento de Hidrología**

Aunque la institución formalmente establecida para regular la actividad hidrológica del país es el SENAMHI, el vacío legal y operativo de este ente ha provocado que proliferen las instituciones que trabajan en el área hidrológica aunque no a nivel nacional.

En el país en total se han instalado 284 estaciones de lectura de escala de las que actualmente todavía funcionan 69 y 147 estaciones de aforo de las que solo quedan en funcionamiento 46 estaciones al presente. Esta degradación de la red se explica por la reducción presupuestaria cada vez más extrema. El funcionamiento de la red ocurre a través de 9 delegaciones departamentales que deberían encargarse del mantenimiento de la red, la recolección y concentración de datos. Aunque estas delegaciones deberían hacer 4 visitas anuales a las estaciones, estas visitas solo ocurren una vez al año por motivos presupuestarios. En algunos Departamentos prácticamente no existen estaciones hidrológicas o hidrométricas en funcionamiento. Algunas de las estaciones cuentan con limnógrafos y son registradas diariamente, el resto sufre deficiencias de observación.

La información generada se envía a las oficinas regionales donde se realiza un control de calidad que aparentemente se reduce por los bajos salarios y la falta de personal.

En el Departamento de Hidrología se percibe la necesidad de reforzar el área de manejo de recursos hídricos, calidad de aguas y la detección de acuíferos. La presencia de personal especializado en hidrología en las Oficinas Regionales es mínima.

## 2.1.2. Componente Institucional

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología tiene suscritos convenios y acuerdos con entidades e instituciones tanto nacionales como internacionales, como se describe brevemente a continuación:

En lo que respecta al ámbito internacional mantiene o ha mantenido relaciones de colaboración con:

- Organización Meteorológica Mundial
- Programa Hidrológico para la Cuenca Amazónica Boliviana (PHICAB) para el estudio hidrológico y climatológico de la cuenca amazónica
- Programa AgroClimático del Altiplano (PACAL) destinado a mejorar la producción agrícola tradicional en el Altiplano.
- Proyecto Especial de la Cuenca Andina (PECA), para el estudio de cuencas andinas
- Proyecto Hidrológico de la Amazonía (PHA), para investigación de la hidroquímica de la cuenca amazónica.
- Programa de teledetección con el IRD (Institute pour Recherche in Developpement).
- Proyecto del Balance Hídrico con la UNESCO.
- Convenio con la Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT).
- Gobierno de Italia, en la instalación de estaciones automáticas e hidrométricas.
- Gobierno de Brasil para la formación del personal en instalaciones del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

También el SENAMHI colabora en el ámbito nacional con las siguientes instituciones:

- Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA).
- Fuerza Aérea de Bolivia (FAB).
- Ministerio de Defensa Nacional
- Dirección de Cuencas y Clasificación de Tierras, para intercambio de información.
- Asociación Boliviana de Teledetección para el Medio Ambiente (ABTEMA)
- Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Región Andina (CONDESAN) y el Centro Internacional de la Papa(CIP)
- Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés.
- Diferentes unidades del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
- Prefecturas Departamentales a través de las oficinas regionales.
- Universidades
- Servicio de Hidrografía Naval.
- Defensa Civil.
- Organizaciones No Gubernamentales, instituciones de investigación y empresas privadas.
- Programa de Suka Kollus (PROSUKO)

El trabajo que se realiza con las anteriores instituciones está orientado al desarrollo de diferentes proyectos, generalmente de investigación o planificación estratégica, en base a proyectos y financiamientos específicos; en general el aporte que realiza el SENAMHI en estos proyectos se constituye a través de la entrega de datos hidrometeorológicos y algunos análisis estadísticos. En este sentido, las instituciones y empresas arriba mencionadas, también serían beneficiarias directas e indirectas de la modernización del SENAMHI, cuyos productos son necesarios y en muchos casos imprescindibles para el desarrollo de sus competencias y para la atención a los sectores hacia los que se dirigen. Por otra parte los estudios ambientales requieren de esta información, por ejemplo determinando las condiciones químicas de la atmósfera e incidiendo en estudios e investigaciones sobre el cambio global. Asimismo la mejora en la competencia del SENAMHI permitiría atender a

sectores a los que actualmente no se presta el suficiente apoyo hidrometeorológico (Defensa Civil, agricultura, silvicultura, caza, pesca, industrias manufactureras, etc.).

### **2.1.3. Difusión de información al usuario**

El SENAMHI tiene capacidad limitada en la generación de productos climatológicos y agrometeorológicos a los usuarios. Los recursos existentes podrían ser mejor utilizados, y hay lugar para mejoras significativas. Una muestra de esta carencia es el hecho que otras instituciones del país intentan establecer sus propias redes de observación en diversos sectores y áreas geográficas, lo que apunta a la necesidad de incrementar el nivel de servicio a estos y quizás a otros usuarios.

El SENAMHI genera productos (informes especiales y boletines mensuales, decadiarios y diarios), meteorológicos y agrometeorológicos a un grupo diverso de usuarios, pero principalmente a estudios medio ambientales. Desafortunadamente hasta el momento el SENAMHI no ha efectuado ni publicado ningún estudio climático serio. Es decir que hasta el presente no se tiene un real análisis de la situación climática del país. Esta situación obedece a la falta de personal y de medios para dicha tarea pues la cantidad de empleados es muy baja para la cantidad de requerimientos que existen en el país. De esta manera el personal existente se distribuye en actividades de atención al usuario a través del procesamiento para la venta de datos, generación de información específica solicitada y servicio público de pronósticos pero ninguna actividad orientada al trabajo de caracterización climática. Esta falencia es claramente sentida por los usuarios pues al presente, por ejemplo, no existe una zonificación climática consensuada del país y de esta manera las instituciones utilizan diferentes clasificaciones que llevan a lograr resultados discordantes y poco comparables entre sí. Al presente solo se cuenta con un análisis de escenarios climáticos solicitado y financiado por el PNCC<sup>5</sup> el cual no incluye ninguna caracterización climática general.

De esta manera, a pesar de que el SENAMHI cuenta con una base de datos histórica extensa, el trabajo que realiza es fundamentalmente meteorológico y no climático. A pesar de lo anterior, incluso en el área meteorológica aún se requiere bastante modernización para la generación de pronósticos oportunos de alta calidad y oportunidad que le brinden beneficios tangibles a usuarios comunes. También es necesario mejorar la información de los usuarios comunes para dar una atención creciente a las necesidades meteorológicas de los sectores más productivos.

Por lo mencionado en los anteriores párrafos se puede percibir que el Servicio requiere de actividades de modernización en sus actividades meteorológicas y gran soporte para el aprovechamiento de su potencial para análisis climáticos que sean de amplio uso para los usuarios locales y puedan ser intercambiados con redes regionales o internacionales.

#### **2.1.3.1. Flujo de Información**

El SENAMHI atiende a los usuarios en los servicios centrales y en los departamentales en la doble función de servicio público comercial. Esto significa que existe una tasa diferenciada de precios dependiendo del tipo de usuarios que soliciten la información. Por ejemplo los servicios a Defensa Civil, Cruz Roja, Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación y en general a las instituciones con que tienen convenio con el SENAMHI, son gratuitos, mientras que para usuarios comerciales o de investigación estos deben pagar por la información. En el SENAMHI se atienden a todo tipo de usuarios excepto al sector aeronáutico que cuenta con su propia red (AASANA). La elaboración de productos a la medida tiene un carácter esporádico. Sin embargo de acuerdo a un sondeo de opiniones en otras instituciones usuarias

<sup>5</sup> Programa Nacional de Cambios Climáticos

o potencialmente usuarias de la información que debería ser generada por el SENAMHI, se percibe claramente la necesidad de una modernización en equipos y sistemas.

Como se mencionó, solo en caso de existir convenios el SENAMHI entrega información meteorológica en forma gratuita, pero por supuesto no todos los proyectos de investigación existentes en el país cuentan con un Convenio o Proyecto conjunto con el Servicio. Por otra parte el SENAMHI no cuenta en sus planes con una pronta instalación de una página web, lo que facilitaría el acceso a la información más importante del país.

#### **2.1.3.2. Telecomunicaciones**

El SENAMHI cuenta con capacidad de telecomunicación muy limitada. La única línea internacional con que cuenta Bolivia es el sistema de la GTS monitoreado por la OMM con enlace a Buenos Aires. Los enlaces nacionales con los que cuenta el SENAMHI con sus ocho oficinas regionales son muy limitados. Usan teléfono y fax para transmitir los datos a la Oficina Central, lo cual limita y retrasa la entrega de información en tiempo real a los usuarios.

Los enlaces de AASANA consisten en un enlace directo satelital a Buenos Aires (reciben y transmiten datos cada tres horas) y un enlace vía teléfono entre las estaciones localizadas en aeropuertos secundarios y aeropuertos principales. Estos datos son recibidos por el SENAMHI en papel o disquetes de computadora.

#### **2.1.4. Organización y Personal**

Como antes citado, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) es la máxima autoridad de Bolivia en meteorología e hidrología. Si bien AASANA lleva a cabo la elaboración de los pronósticos y apoyo a la navegación aérea, el SENAMHI continúa siendo el difusor de dicha información. De esta manera el SENAMHI se convierte en un Servicio estratégico de Bolivia cuya información debería servir de base para diferentes planes nacionales.

A pesar de esta circunstancia, el escaso presupuesto, deficiencias en la infraestructura y equipamiento, la escasez de personal cualificado y la falta de procesos de institucionalización del personal jerárquico han llevado a una merma en las funciones que presta el SENAMHI.

Las necesidades de personal son muy evidentes. Para la cooperación técnica con otros países, la relación con otras redes tanto nacionales como internacionales y la plena mejora del servicio, actividades de planificación de proyectos y la formación del personal aparecen como actividades imprescindibles. Sin embargo estas actividades al presente no se llevan a cabo en forma rutinaria y ni siquiera periódica.

Esta situación retrasa muchas actividades y proyectos de mejora del servicio y su atención. Por ejemplo la falta de personal provoca la falta de generación de proyectos los cuales fortalecerían el Servicio. Por otra parte es sorprendente el bajo porcentaje de observatorios que estando instalados aún se encuentran en funcionamiento así como la falta de control de la calidad de la información recibida.

#### **2.1.5. Equipos y Mantenimiento**

Los equipos con que cuenta el SENAMHI en su mayoría son obsoletos o de insuficiente capacidad para llevar adelante las labores que supuestamente están a cargo de la institución. El acceso a equipos de computación ha ocurrido en gran parte gracias a convenios de trabajo,

ayuda bilateral o cooperación con otras instituciones como el IRD, el PNCC, ABTEMA y otros, pero no así gracias al soporte gubernamental.

Actualmente el Departamento de Meteorología cuenta con un solo equipo capaz de recibir información satelitaria del sistema GOES, mientras que sus otros equipos de computación no cuentan con la suficiente capacidad para realizar tal labor.

La insuficiencia de medios es manifiesta. El mantenimiento de equipos meteorológicos e hidrológicos se realiza con medios propios para todos los equipos. Realizan labores de mantenimiento preventiva y correctiva una vez al año. El mantenimiento de los sistemas de cómputo se contrata y se paga por servicio.

En algunos casos, los equipos recibidos como donaciones constituyen un problema porque son obsoletos, no compatibles o no existen repuestos para su mantenimiento y su mal funcionamiento causa un deterioro de la imagen del servicio. Tal fue el caso de una donación italiana de 30 estaciones meteorológicas automáticas hechas en Italia. Debido a que el fabricante no tiene representación en Bolivia, más del 70 % de dichas estaciones no funcionan actualmente por falta de repuestos y mantenimiento.

#### **2.1.6. Aplicaciones informáticas**

El SENAMHI tiene carencias significativas en el área de sistemas de información y en su base de datos. Cuenta con pocos recursos y obsoletos equipos de informática que operan individualmente sin ningún tipo de red. Los Departamentos de Meteorología y Agrometeorología son los puntos más débiles en este aspecto.

Existen dos bases de datos, climatológica e hidrológica. De acuerdo al diagnóstico realizado en 1995, por la Agencia de Cooperación Española, estimativamente solo el 50 % de la base de datos está digitalizada, principalmente la base meteorológica, lo que provoca problemas con la calidad de la información pues esta no está controlada en su calidad ni cantidad, lo que reduce su confiabilidad. En algunos casos, por ejemplo, se cuenta con registros de estaciones que presentan largos lapsos sin observaciones.

La División de Informática del SENAMHI depende del Departamento de Meteorología y es responsable del mantenimiento del Banco Nacional de Datos. Este Banco de Datos consiste en la digitalización de los récords obtenidos manualmente hacia dos bases de datos climáticos:

- Base de Datos Climáticos, que consiste en el manejo del programa CLICOM y otros programas elaborados en Fox Pro para la preparación de reportes, recuperación de datos, evaluación de la calidad de los datos, etc.
- Base de Datos Hidrológicos, que consiste en el manejo del Programa HYDROM.



### **2.1.7. Red hidrometeorológica dependiente del SENAMHI**

En el presente acápite se presenta la Red de observatorios hidrometeorológicos dependientes del SENAMHI. También se realiza una evaluación de la pertinencia y capacidad de esta red con el fin de sugerir modificaciones y mejoras cuando se considere necesario.

El objeto de una red es suministrar una densidad y distribución de estaciones en una región de tal forma que por interpolación entre conjuntos de datos provenientes de distintas estaciones, sea posible determinar con suficiente exactitud, para fines prácticos, las características de los elementos básicos hidrológicos y meteorológicos en cualquier lugar de la región. Es por ello que la densidad de una red y la distribución de estaciones de la misma dependen tanto de la variabilidad espacial y temporal de los fenómenos como de la fisiografía y representatividad de cualquier zona.

En este marco, en el presente acápite, se pretende analizar la oportunidad en tiempo y espacio de la red de estaciones hidrometeorológicas que existe en Bolivia, bajo criterios de distribución espacial por Departamentos, por Cuencas, por tipo de estaciones y por longitud de récord. También se pretende comparar estos criterios con los criterios mínimos de la Organización Meteorológica Mundial para zonas como las que se encuentran en Bolivia.

Es importante mencionar que en el país se diferencian 3 grandes cuencas hidrográficas:

- La cuenca Amazónica que tiene un territorio de 724000 km<sup>2</sup>
- La cuenca Cerrada o Endorreica que incluye el sistema Titicaca, Desaguadero, Poopó y Salares (TDPS) con 145081 km<sup>2</sup>
- La cuenca del Plata con 229.500 km<sup>2</sup>

En base a esta caracterización y a los datos obtenidos se ha pretendido zonificar la existencia de estaciones hidrometeorológicas tanto por Departamento como por Cuenca. Sin embargo es necesario recalcar que existe cierta incertidumbre del total de estaciones pues los datos entregados por el SENAMHI no presentan una total certeza sobre el número de estaciones en funcionamiento del país; también se ha podido apreciar que la información obtenida de otras fuentes no coincide con aquella obtenida de las mismas oficinas del SENAMHI. Por otra parte del total de estaciones presentado, menos del 50 % se encuentran en funcionamiento, es decir que al presente entregan todavía en forma periódica información a la Oficina Nacional.

De acuerdo a la distribución departamental de las estaciones hidrometeorológicas se puede considerar como resumen ejecutivo de toda la base de datos presentada en anexos lo siguiente:

En la Tabla 1. se presenta la distribución de estaciones meteorológicas por departamento en el país que alguna vez estuvieron en funcionamiento. En la Tabla 2. se presenta la misma distribución pero para las Estaciones Hidrológicas. Las Tablas mencionadas también muestran la distribución de estaciones tanto hidrológicas como meteorológicas que se encuentran registradas en la Base Nacional de Datos. Esta Base tiene registradas todas las estaciones que envían o han enviado alguna vez sus datos a la Oficina Central del SENAMHI y cuya información es considerada satisfactoria es decir que han pasado un mínimo control de calidad en lo referente a su continuidad y cantidad de información generada. Finalmente las mismas Tablas presentan las estaciones que al presente se encuentran en funcionamiento, es decir que al presente entregan todavía en forma regular su información en la oficina nacional.

**Tabla 1. Distribución de la Estaciones Meteorológicas que existen o alguna vez existieron en el país de acuerdo al tipo y al Departamento donde se ubican, relación con las registradas en la Base Nacional de Datos y las que se encuentran actualmente en funcionamiento.**

DEPARTAMENTO	TIPO DE ESTACION							REGISTRADAS EN LA BND	ACTUALMENTE FUNCIONANDO
	P	TP	CO	CP	S	A	TOTAL		
La Paz	201	41	22	2	3	--	269	261	89
Oruro	24	28	13	3	3	--	71	31	23
Potosí	72	28	10	7	2	--	119	116	35
Cochabamba	116	38	10	4	1	2	171	148	36
Santa Cruz	76	19	16	--	11	--	122	117	38
Chuquisaca	90	24	6	4	--	4	128	95	87
Tarija	87	20	8	2	2	3	122	94	39
Beni	2	2	--	4	7	3	18	17	14
Pando	--	--	--	--	1	1	2	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>668</b>	<b>200</b>	<b>85</b>	<b>26</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>1022</b>	<b>880</b>	<b>362</b>

- P=pluviométrica, TP=Termopluviométrica, CO=Climatológica Ordinaria, CP=Climatológica Principal, S=Sinóptica
- Fuente : SENAMHI

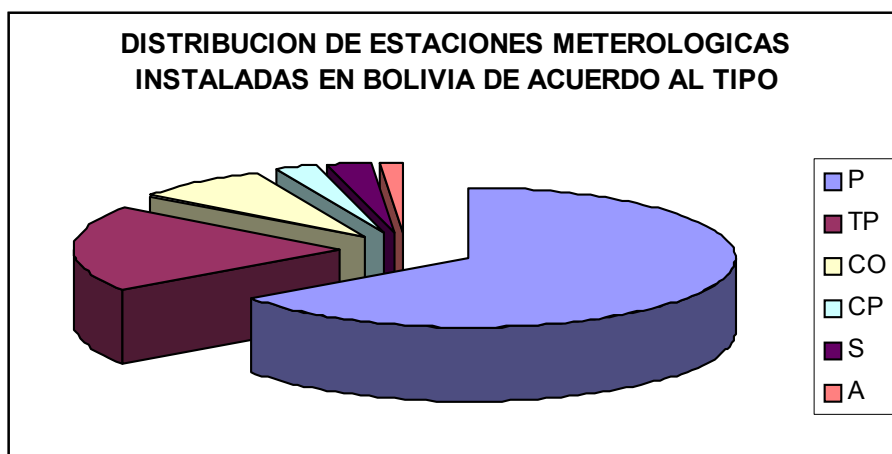
**Tabla 2. Distribución de la Estaciones Hidrológicas e Hidrométricas que existen o alguna vez existieron en el país de acuerdo al tipo y al Departamento donde se ubican, relación con las registradas en la Base Nacional de Datos y las que se encuentran actualmente en funcionamiento.**

DEPTO.	TIPO DE ESTACION			REGISTRADAS EN LA BND			ACTUALMENTE FUNCIONANDO	
	ESCALA	AFORO	Q. MEDIO	ESCALA	AFORO	Q. MEDIO	ESCALA	AFORO
La Paz	101*	49	41	101	49	41	32	19
Oruro	20*	10	3	20	9	3	5	3
Potosí	13	5	2	13	5	2	0	0
Cochabamba	36	28	27	29	28	27	7	1
Santa Cruz	32	10	5	32	10	5	0	0
Chuquisaca	25	10	4	24	10	4	2	2
Tarija	30	11*	--	24	11	--	11	16
Beni	22	18	9	13	15	9	11	4
Pando	5	6	2	5	6	2	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>284</b>	<b>147</b>	<b>93</b>	<b>261</b>	<b>143</b>	<b>93</b>	<b>69</b>	<b>46</b>

Fuente : SENAMHI

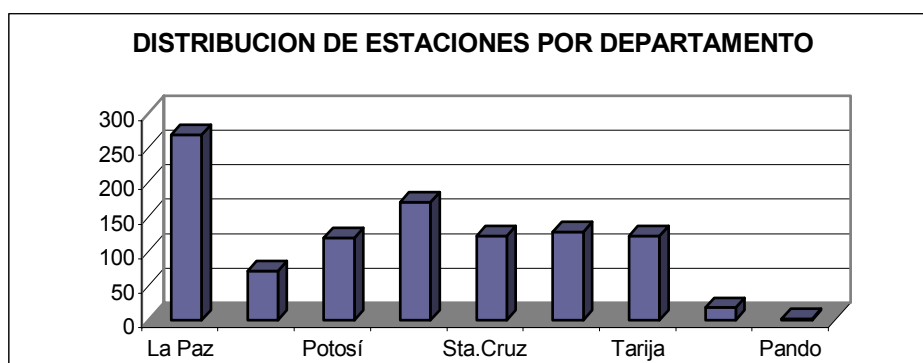
La Figura 2 muestra la distribución de estaciones de acuerdo al tipo de instrumentos que estas contengan. Se aprecia claramente que las estaciones más simples es decir las pluviométricas y las termopluviométricas son las más abundantes, mientras que las estaciones sinópticas y Climatológicas principales cuentan con el menor número.

**Figura 2. Distribución de estaciones por tipo.**



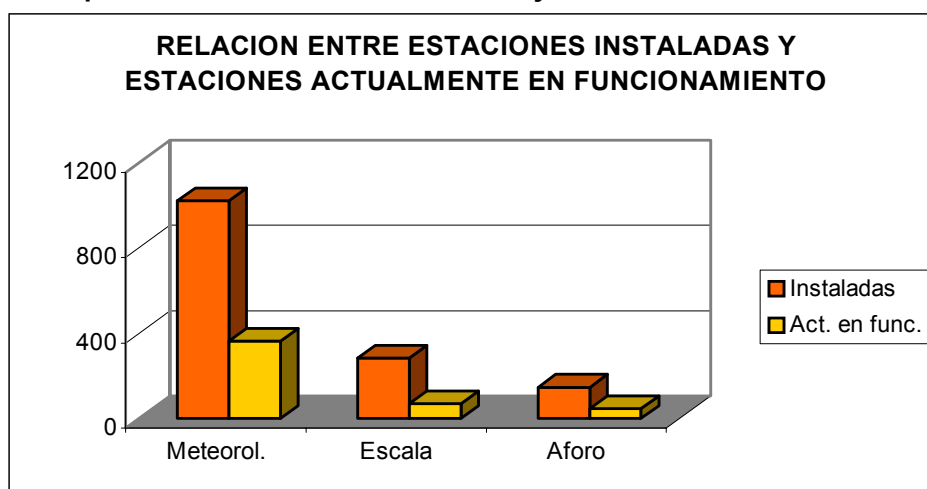
También se puede apreciar en la Figura 3 que la distribución de estas estaciones es muy heterogénea, presentándose diferencias extremas entre Departamentos de extensión similar. Como extremos se pueden citar a La Paz con 269 estaciones meteorológicas registradas en total en comparación con Pando que solo posee 2 estaciones meteorológicas instaladas y Beni con 17 mayormente en aeropuertos. Los mismos extremos se presentan en cuanto a la información hidrológica con el máximo número en La Paz (191) y la mínima cantidad en Pando (13). Esta situación de desbalance ocurre a pesar de la gran importancia hidrológica de las áreas territoriales de los Departamentos del Oriente. Ello también determina que la caracterización climática completa de todo el territorio nacional sea prácticamente imposible de llevar adelante pues en extensas áreas no se tiene un mínimo de estaciones para ello.

**Figura 3. Estaciones por Departamento**



Por otra parte es preocupante el bajo porcentaje de estaciones que actualmente se encuentran en funcionamiento. La Figura 4 muestra la relación entre las estaciones instaladas y aquellas que al presente todavía se encuentran en funcionamiento.

**Figura 5. Comparación de estaciones instaladas y estaciones en funcionamiento.**



La distribución por Departamentos no es completamente clara si se considera que la división política del país no considera la zonificación ecológica y mucho menos aún aquella basada en las Cuencas hidrográficas de Bolivia. Por esta razón también se ha tratado de zonificar la distribución de estaciones meteorológicas e hidrológicas en función a la Cuenca hidrográfica a la que pertenecen. Como resumen se presenta las Tablas 3 y 4 que presentan la cantidad de estaciones meteorológicas e hidrológicas que existen en el país por cuenca. En estas tablas también se incluyen la cantidad en Km<sup>2</sup> que existen por cada estación no importando el tipo de estación que sea esta. Es importante aclarar que en esta zonificación se incluye Estaciones que al presente no envían información o que se encuentran cerradas. Se considera que a pesar de encontrarse actualmente fuera de funcionamiento, el récord de información existe en archivos y puede utilizarse para diferentes estudios. Sin embargo algunas estaciones no pudieron ser zonificadas por la dificultad de ubicarlas adecuadamente, por lo que el número total de estaciones es menor al total histórico presentado en las Tablas 1 y 2.

**Tabla 7. Distribución de las Estaciones meteorológicas por Macrocuena en Bolivia.**

MACROCUENCA	AREA (Km <sup>2</sup> )	No DE ESTACIONES	Km <sup>2</sup> / ESTACION	AREA EN Km <sup>2</sup> (OMM)	
				Red Mínima Km <sup>2</sup> /Estación	Red en Circunstancias Dificiles Km <sup>2</sup> /Estación
AMAZONAS	724000	467	1550.3	600-900	900/3000*
DEL PLATA	229500	204	1125.0	100-250	250-1000**
CERRADA	145081	114	1272.6	1500***	
				100-250	250-1000**
TOTAL	1.098.581	787	1395.9		

\* Para regiones llanas de zonas templadas o tropicales

\*\* Para regiones montañosas de zonas templadas y tropicales

\*\*\* Para zonas planas áridas

**Tabla 8. Distribución de las Estaciones hidrológicas e hidrométricas por Macrocuenca en Bolivia.**

MACROCUENCA	AREA (Km <sup>2</sup> )	No DE ESTACIONES	Km <sup>2</sup> / ESTACION	AREA EN Km <sup>2</sup> (OMM)	
				Red Mínima Km <sup>2</sup> /Estación	Red en Circunstancias Dificiles Km <sup>2</sup> /Estación
AMAZONAS	724000	122	5934	1000-2500	3000-10000*
DEL PLATA	229500	47	4882	300-100	1000-5000**
CERRADA	145081	39	3720	5000-10000***	
TOTAL	1.098.581	208	5281		

\* Para regiones llanas de zonas templadas o tropicales

\*\* Para regiones montañosas de zonas templadas y tropicales

\*\*\* Para zonas planas áridas

Como puede apreciarse la situación de la distribución de estaciones tanto meteorológicas como hidrológicas en el país es crítica pues la única cuenca que en forma relativa cubre los requerimientos mínimos de información es la Cuenca cerrada, aparentemente por la cercanía a la capital, por la accesibilidad y en ciertos casos por motivos político institucionales. La Cuenca del Amazonas se encuentra cerca de los límites mínimos admisibles en su densidad de estaciones, mientras que la Cuenca del Plata es la que más se aleja en su densidad de estaciones de los límites mínimos recomendados.

**Figura 6.**

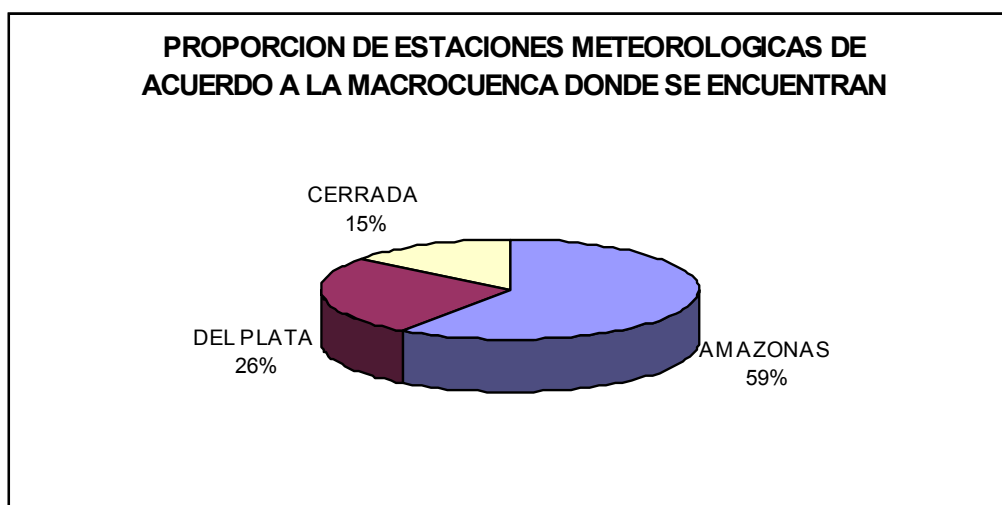
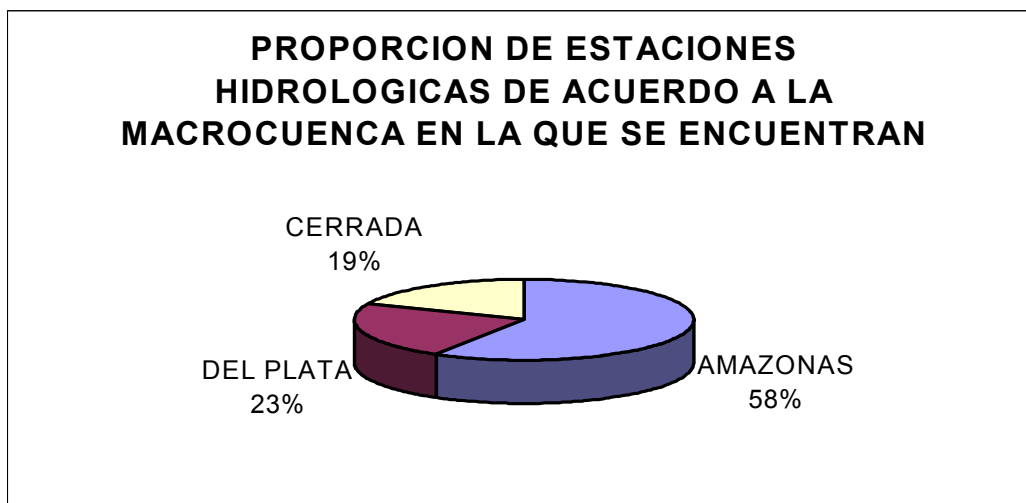


Figura 7.



Las Figuras 6 y 7 muestran claramente que la mayor proporción de las estaciones tanto hidro como meteorológicas se encuentran en la Cuenca Amazónica, lo que sin embargo no cubre sus requerimientos pues la extensión de esta cuenca es mucho mayor que las de las otras 2 Macrocuencas del país. Por otra parte la distribución de las estaciones no es homogénea pues las zonas bajas de la Cuenca cuentan con menor número de estaciones que la parte alta.

También se debe mencionar que a pesar de la elevada cantidad de estaciones reportadas, el total de las Estaciones meteorológicas e hidrológicas nunca funcionaron en forma simultánea y actualmente solo 381 estaciones meteorológicas y 115 estaciones hidrológicas se dedican a la toma de datos, lo cual coloca el proceso de obtención de datos hidrometeorológicos en una situación más crítica (Figura 5). La estación meteorológica más antigua de la red es la de San Calixto que funciona desde 1929 en forma ininterrumpida, sin embargo, en general las estaciones hidrológicas y meteorológicas no tienen un récord continuo de datos desde el momento de su instalación hasta el presente o en su caso hasta la suspensión del envío de datos. Existen muy pocas estaciones cuyo récord es en forma continua superior a los 30 años, por lo que un análisis estadístico confiable es muy difícil y poco confiable.

El SENAMHI durante los últimos cinco años ha participado en la evaluación y predicción del fenómeno "El Niño" (ENSO), sobre la base de la información actualizada que genera en las diferentes estaciones de observación y con la ayuda de su banco nacional de datos, asimismo utilizó la información de intercambio del área III de la OMM que comprende, además, información del Servicio Meteorológico Australiano, sin embargo requiere una mayor apoyo internacional para hacer el seguimiento de estos eventos extremos que se han visto agudizados por el cambio climático.

Un importante desarrollo de investigación ha iniciado el SENAMHI con relación a las corrientes de viento en chorro, para lo cual con auspicios de la OMM y la NOAA se ha desarrollado un seminario internacional en Bolivia en marzo de 2002 que ha analizado las causas de los fuertes vientos en la región de los llanos

**2.2. ADMINISTRACION DE AEROPUERTOS Y SERVICIOS  
AUXILIARES A LA NAVEGACION AEREA  
(AASANA)**

## **Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA)**

La Administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares a la Navegación Aérea (AASANA), fue creada mediante el Decreto Supremo N° 08019 del 21 de Junio de 1967, elevado a rango de Ley el 16 de Octubre de 1968.

Los objetivos institucionales de AASANA son:

- Brindar apoyo a la navegación aérea
- Brindar seguridad y regularidad a los vuelos aéreos
- Elaborar pronósticos meteorológicos
- Mantener y operar la red nacional de estaciones sinópticas.
- Monitorear de manera general el tiempo reinante
- Proporcionar información continua al Sistema Mundial de Pronósticos del Área (WAFS)

### **2.2.1. Redes de Observación**

La Red Meteorológica de Observación Aeronáutica consta de 34 observatorios ubicados en aeropuertos; la misma red se constituye en la Red Sinóptica de difusión internacional con los 34 observatorios. En principio Bolivia contaba con 40 observatorios registrados por la OMM como se aprecia en el mismo Anexo, pero por razones instrumentales y de mantenimiento al presente solo funcionan regularmente los 34 mencionados.

Los observatorios gestionados por AASANA no suministran datos meteorológicos de todas las horas sinópticas previstas en el programa de observación aunque cumplen medianamente con las exigencias del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (WWW por sus siglas en ingles). Los datos se envían al Sistema Mundial de Observación, a través de la red GTS e internamente en el país se transmiten al SENAMHI para su difusión en tiempo real.

### **2.2.2. Pronóstico meteorológico**

AASANA brinda servicios de información operativa e información estadística histórica a nivel nacional. La información operativa esta constituida por los siguientes reportes:

**METAR**, esta información es ordinaria y horaria, este informe puede ser solicitado en cualquier momento y es requerido por las empresas aéreas esta constituido por los siguientes elementos:

- Dirección y velocidad del viento
- Nubosidad
- Tipo de nubes
- Altura de base de nubes
- Dirección de movimiento de las nubes
- Visibilidad Horizontal
- Temperaturas (incluidas extremas)
- Humedad
- Presión Atmosférica
- Características de la presión atmosférica

**PRONOSTICO TERMINAL** esta información es un pronostico del tiempo en 24 horas.



**PRONOSTICO DE AREA** es un pronóstico del tiempo en 24 horas, caracterizándose por ser regional, para altiplano, valles y llanos orientales

Por otra parte, la red de información sinóptica proporciona los siguientes elementos meteorológicos

- Tiempo presente
- Tiempo pasado
- Dirección y velocidad del viento
- Nubosidad
- Tipo de nubes
- Altura de base de nubes
- Dirección de movimiento de las nubes
- Visibilidad Horizontal
- Temperaturas (incluidas extremas)
- Humedad
- Presión Atmosférica
- Características de la presión atmosférica
- Precipitación

La información estadística generada por esta red esta constituida por los siguiente parámetros:

- Velocidad y dirección del viento
- Temperatura media ambiente
- Temperaturas máximas y mínimas
- Punto de Rocío
- Presión Atmosférica
- Humedad Relativa
- Nubosidad

### **2.2.3. Aspectos Organizativos**

La estructura organizativa institucional de AASANA esta constituida por:

- Directorio Nacional
- Dirección Ejecutiva Nacional
- Dirección Técnica Nacional
  - a) Departamento de Ingeniería Electrónica
    - División Electromecánica
    - División Comunicaciones
    - División Radiosondeo
  - b) Departamento de Operaciones
    - División Transito aéreo
    - División Meteorología
  - c) Departamento de Obras Civiles

La División de Meteorología tiene una jefatura Nacional y una estructura periférica formada por 8 oficinas regionales, ubicadas en los departamentos de La Paz, Oruro, Cochabamba, Chuquisaca, Potosí, Santa Cruz, Tarija y Beni. Todo esto se encuentra reflejado en el organigrama presentado en la Figura 8.

#### **2.2.4. Componente Institucional**

En la temática de la investigación meteorológica, AASANA tiene suscritos convenios y acuerdos con entidades e instituciones tanto nacionales como internacionales:

En lo que respecta al ámbito internacional mantiene relaciones de colaboración con:

- Organización Meteorológica Mundial
- NOAA Proyecto PACSSONET, Laboratorio Nacional de tormentas Severas de Oklahoma. El Estudio esta referido a vientos de altura (observaciones de altura con globos piloto, se inicio en enero de 2000 y actualmente se encuentra en pleno proceso de observación y toma de datos.

Brinda servicios a nivel nacional con información operativa METAR, PRONOSTICO TERMINAL y DE AREA a:

- Empresa aeronáuticas comerciales y particulares
- Fuerza Aérea Boliviana
- SENAMHI

Brinda servicios de información estadística y pronósticos a las siguientes instituciones:

- SENAMHI
- Ministerio de Defensa Nacional
- Defensa Civil.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
- Proyecto SINSAAT
- Organizaciones No Gubernamentales, instituciones de investigación y empresas privadas.

Las instituciones y empresas arriba mencionadas, reciben servicios de la información meteorológica generada por está institución. Cabe resaltar que la misma es difundida por el SENAMHI, a nivel pronóstico e información histórica.

Existe un convenio entre el SENAMHI y AASANA suscrito en Octubre de 1997 que tiene por objeto poner en funcionamiento el Sistema Mundial de Pronósticos de Área (WAFS) dentro del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial. Mediante este convenio el SENAMHI cede equipos para la administración del sistema y a su vez AASANA unifica y confecciona las predicciones y difunde los informes meteorológicos aeronáuticos.

#### **2.2.5. Teledetección satelital y radares**

AASANA actualmente trabaja con información satelital proporcionada por una antena NOAA y GOES, pero por falta de recursos económicos esta información no puede ser almacenada, simplemente realizan el pronostico a corto plazo y no pueden realizar estudios multitemporales ni espaciales del comportamiento climático a nivel general, tampoco se hace intercambio de esta información con otros países. De esta manera, la función de este servicio es limitada, pues se pierde información valiosa que podría ser almacenada y difundida a instituciones que requieren este servicio. De esta manera el potencial de información confiable que genera esta institución esta limitado a una función específica de meteorología sinóptica sin ingresar prácticamente al campo de la climatología.

### **2.2.6. Difusión de la información generada**

Como arriba citado, AASANA tiene capacidad limitada en la generación de información climatológica y sinóptica a los usuarios, debido principalmente a su función específica que es brindar apoyo meteorológico a la navegación aérea y elaborar los pronósticos del tiempo. No obstante la información generada es difundida mediante el SENAMHI a otros usuarios, así como también mediante convenios interinstitucionales.

La información generada por AASANA atiende a los usuarios principales que son las empresas aeronáuticas comerciales militares y particulares, además de otras instituciones que trabajan evaluando fenómenos naturales, manejo de recursos naturales y otros.

Aunque la confiabilidad de la información generada por este servicio es alta, la difusión al público esta limitada por los convenios establecidos con el SENAMHI, lo cual encarece esta información y la hace poco accesible para trabajos de investigación o zonificación, aunque a nivel de convenios institucionales la información es proporcionada sin recelo. Una alternativa de reducción de estos factores negativos sería la implementación de una página web de AASANA que al presente no existe, la que al ser de fácil acceso reduciría los problemas de accesibilidad a la información meteorológica.

### **2.2.7. Telecomunicaciones**

Los enlaces de AASANA consisten en un enlace directo satelital a Buenos Aires (reciben y transmiten datos cada hora informe METAR, y la información SINOPTICA cada tres horas) además de un enlace vía teléfono entre las estaciones localizadas en aeropuertos. Estos datos son recibidos por el SENAMHI en papel o disquetes de computadora.

### **2.2.8. Organización y Personal**

Las regionales de AASANA cuentan en líneas generales con un Jefe Regional Meteorólogo Clase II, pronosticadores que son Meteorólogos Clase II y Observadores que son Meteorólogos Clase IV.

Debido a las limitaciones producidas por un proceso de capitalización, esta institución ha sufrido una reducción de su presupuesto y actualmente presenta deficiencias en la infraestructura y equipamiento, y escasez de personal cualificado, la falta de procesos de institucionalización del personal jerárquico y la intromisión de actores políticos ha llevado a una crisis institucional seria.

### **2.2.9. Equipos y Mantenimiento**

Actualmente la División de Meteorología cuenta con un solo equipo capaz de recibir información satelitaria del sistema GOES y NOAA, las cartas meteorológicas todavía son realizadas en papel y los otros equipos de computación no cuentan con la suficiente capacidad para realizar tal labor.

La insuficiencia de medios es manifiesta, en el mantenimiento de equipos meteorológicos, solo disponen de mantenimiento preventivo y correctivo una vez al año, no existen reposiciones de equipos y el mantenimiento de los sistemas de cómputo se contrata y se paga por servicio. En algunos casos, los equipos recibidos como donaciones constituyen un problema porque son obsoletos, no compatibles o no existen repuestos para su mantenimiento y su mal funcionamiento causa un deterioro de la imagen de la institución a nivel internacional.

### **2.3. SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ALERTA TEMPRANA (SINSAAT)**

## **SISTEMA DE INFORMACIÓN SOBRE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ALERTA TEMPRANA (SINSAAT)**

La filosofía de existencia del SINSAAT se orienta principalmente al apoyo a la agricultura por medio de un análisis de los eventos meteorológicos que influyen directamente sobre la producción agrícola. A pesar de ser una red esencialmente agrometeorológica, al tener una cobertura nacional bastante confiable, la información por ellos generada puede ser de utilidad para los estudios que requieran información climática a nivel nacional o regional.

El SINSAAT se constituye en una red alternativa de recolección de información especialmente meteorológica de impacto a nivel nacional. Desafortunadamente, el récord de las estaciones monitoreadas por el SINSAAT es bastante corto ( la mayor parte de ellas desde 1992) debido a que el proyecto de apoyo a la Seguridad Alimentaria de la Comunidad Europea recién comenzó en esa época. Otra limitación de este Servicio es que la extensión de la red es muy pequeña, pues los observatorios no abarcan un mínimo requerimiento de estaciones de la OMM.

Las ventajas manifiestas de esta red se deben a que las estaciones se han instalado en observatorios ya sea de SENAMHI o AASANA, por lo que su información puede ser útil para el control de calidad de las Estaciones del SENAMHI con las que comparten localización. Los observatorios son administrados en algunos casos solo por el SINSAAT y en otros en convenio o cooperación con otras redes. El SINSAAT ha instalado observatorios meteorológicos en todos los departamentos excepto Pando.

Se debe mencionar que a diferencia del caso del SENAMHI, los datos generados por las Estaciones del SINSAAT, son de fácil acceso y su precio es solo simbólico, siendo gratuito en la mayor parte de los casos, razón por la cual su servicio público es mayor.

El procesamiento de la información recolectada en todas las regionales del SINSAAT es realizado con diferentes software como ser el Agromet, CROPWAT, STATGRAF y GROWATER, los cuales permiten generar diversos productos de uso agropecuario. El detalle de las estaciones se aprecian en el mapa No.4

Actualmente el sistema de recepción y recopilación de información no es muy eficiente por falta de medios de comunicación, medios económicos, disponibilidad de vehículos y coordinación. La recepción de información de los observatorios instalados en las estaciones convencionales próximas debería ser recabada en los primeros 7 días de cada mes pero en el caso de las estaciones más alejadas la recepción puede tardar hasta dos meses.

Para el trabajo de procesamiento y análisis no cuentan con equipos de uso exclusivo, además los técnicos están limitados por la capacidad baja de almacenamiento y tratamiento de la información. Sin embargo hasta el presente se percibe una buena calidad de la información aunque tampoco en este caso se han llevado estudios concretos del análisis de la calidad de su información. Se tiene planificado para este año la instalación oficial y funcional de la página web del servicio para que esta se convierta en una fuente de información para los usuarios.

El SINSAAT tiene un trabajo de carácter regionalizado y descentralizado con regionales independientes que intercambian información pero que llevan adelante iniciativas propias en forma independiente (Figura 9). Estas regionales tienen un trabajo individual que se

caracteriza por tener por ejemplo convenios locales con diversas instituciones o por elaborar productos propios de su región como los boletines mensuales adecuados a su realidad. A continuación se presenta el diagnóstico departamental de la red que describe algunas particularidades de cada división departamental.

### **2.3.1. LA PAZ**

#### **2.3.1.1. Información Meteorológica Generada**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Temperaturas Bulbo Seco
- Temperaturas Bulbo Húmedo
- Precipitación total, precipitación máxima en 24 horas, días con precipitación
- Vientos
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Horas Luz
- Otros meteoros

#### **2.3.1.2. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

#### **2.3.1.3. Información Agrometeorológica**

En base a la información meteorológica se calculan los siguientes índices para periodos de 10 días y mensuales.

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Temperatura medio ambiente, temperatura intemperie
- Unidades calor TB 5, TB 10, TB 15.
- Temperaturas del suelo (5 y 20 cm de prof.)
- Horas Frío
- Precipitación
- Índice de Precipitación
- Vientos dirección y velocidad m/s a 2 m de altura
- Evapotranspiración de Referencia
- Índice de Humedad
- Humedad Relativa
- Radiación Global

Así también cuentan con trabajos probabilísticos tanto de precipitación, heladas y granizo en forma eventual.

#### **2.3.1.4. Información sobre Desastres Naturales**

Se realizan algunos análisis probabilísticos de fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura como:

- Sequías
- Heladas

- Granizo

### **2.3.1.5. Coordinación Interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de La Paz con el Sinsaat- La Paz son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural a través de sus reparticiones.
- Proyecto PASA
- Facultad de Agronomía UMSA

### **2.3.1.6. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto Sinsaat Regional La Paz, se difunde a los Municipios del departamento, ONG's y otros usuarios a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo al siguiente contenido:

- Estado de los cultivos y comportamiento climático
- Evaluación de la gestión agrícola
- Pronóstico de precipitaciones para el mes siguiente
- Frecuencia de ocurrencia de fenómenos meteorológicos
- Agronoticias
- Mapa de isoyetas (Precipitación normal)
- Red de Estaciones de monitoreo agrometeorológico
- Índices de precipitación

La emisión de boletines en la gestión 98 fue eficiente sin embargo en la gestión 99 solo se llevó adelante hasta el primer semestre. A partir del segundo semestre de esta gestión la difusión del Boletín fue dificultosa e irregular debido a la falta de un presupuesto adecuado y oportunos desembolsos. Al presente la publicación de estos boletines está siendo reactivada gracias al inicio de la segunda fase del proyecto.

## **2.3.2. ORURO**

### **2.3.2.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación, Precipitación máxima en 24 horas
- Vientos velocidad y dirección
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Días con helada
- Días con lluvia
- Temperaturas del suelo
- Radiación solar
- Energía solar
- Presión atmosférica
- Precipitación
- Vientos velocidad y dirección
- Evapotranspiración de referencia
- Humedad Relativa

Productos obtenidos de la información meteorológica

- Normales climáticas, de los diferentes elementos
- Climadiagramas
- Pronósticos

#### **2.3.2.2. Información Agrometeorológica**

- Evapotranspiración de referencia
- Unidades calor Temperatura Base 10
- Unidades calor Temperatura Base 5
- Horas Frío
- Normales agroclimáticas
- Climadiagramas

#### **2.3.2.3. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

#### **2.3.2.4. Información sobre Desastres Naturales**

En la gestión agrícola 98 – 99, se analizaron fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura como:

- Sequía
- Heladas
- Granizadas

Según los informes presentados se cuenta con información de las zonas de producción, por provincias y comunidades de la superficie sembrada, superficie afectada y número de familias afectas.

#### **2.3.2.5. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Oruro, y conforman el Sinsaat-Oruro son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI (regional Oruro)
- Prefectura del Departamento con las direcciones de Planificación, FAINDER y SEDAG
- Proyecto de Conservación de Suelos
- Proyecto Todos Santos
- Proyecto PROVEP
- Proyecto de Camélidos de Tika Huto
- Universidad Técnica de Oruro – Facultad de Agronomía
- Subprefecturas
- Programa Nacional de Gobernabilidad



### **2.3.2.6. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto SINSAAT Regional Oruro, se difunde a 34 municipios del departamento, Universidad Técnica de Oruro, Organizaciones Originarias y productores campesinos a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo a los siguientes componentes:

- Resumen del comportamiento climático
- Balance de temperaturas de la red SINSAAT
- Pronósticos climáticos
- Frecuencia y ocurrencia de fenómenos agrometeorológicos
- Seguimiento fenológico
- Agronoticias
- Zonificación Ambiental del departamento de Oruro

### **2.3.3. POTOSI**

De acuerdo al análisis realizado a partir de los informes anuales y la encuesta proporcionada por la regional SINSAAT Potosí, conformada por la coordinación interinstitucional entre el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG) se obtuvo la siguiente relación de información recabada y publicada en los boletines e informes.

#### **2.3.3.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación
- Vientos dirección y velocidad
- Evaporación
- Insolación
- Humedad Relativa
- Presión atmosférica
- Otros meteoros

#### **2.3.3.2. Productos Obtenidos**

- Índices de precipitación
- Probabilidades de lluvias
- Pronóstico basado en datos estadísticos, probabilidad de retorno.
- Base de datos histórica actualizada al 2000

#### **2.3.3.3. Información Agrometeorológica**

- Temperatura del aire a diferentes niveles
- Humedad del aire
- Temperaturas del suelo
- Vientos a 2 m de altura
- Radiación solar
- Insolación
- Evapotranspiración de referencia
- Índices de humedad

#### **2.3.3.4. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

#### **2.3.3.5. Información sobre Desastres Naturales**

Para todos los años se realiza un análisis estadístico de los siguientes fenómenos:

- Tormenta de Granizo, que ocasiono pérdida de cultivos y muerte de ganado.
- Inundaciones
- Mazamorra
- Heladas

#### **2.3.3.6. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Potosí, y conforman el Sinsaat-Potosí son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Prefectura SEDAG
- AASANA
- Convenios de colaboración con diferentes ONG's para la realización de estudios de meteoros adversos a la agricultura.
- Convenio de cooperación mutua entre el SENAMHI y MINK"Á", en las zonas de acción de esta ONG orientada al desarrollo rural, contempla el fortalecimiento de la red hidrometeorológica existente para realizar estudios que permitan minimizar el efecto de meteoros adversos a la agricultura.

Las actividades que se realizan en forma coordinada son:

- Encuestas agropecuarias y de producción
- Pronósticos de siembra y de cosechas
- Evaluación de la gestión agrícola
- Evaluación por daños ocasionados por efecto de fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura.

#### **2.3.3.7. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto Sinsaat Regional Potosí, se difunde a Municipios del departamento de Potosí, a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo a los siguientes componentes:

- Resumen ejecutivo
- Manual de cultivos regionales
- Red de Estaciones
- Reporte Meteorológico
- Frecuencia de Ocurrencia de fenómenos meteorológicos
- Pronostico
- Gestión de riesgos
- Relación de precios de productos agropecuarios a nivel mayorista
- Actividades y coordinación Sinsaat Potosí

## **2.3.4. COCHABAMBA**

### **2.3.4.1. Información Meteorológica**

Información obtenida de estaciones convencionales

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación, Precipitación máxima en 24 horas
- Vientos velocidad y dirección
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Días con helada
- Días con lluvia
- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Temperaturas del suelo
- Radiación solar
- Energía solar
- Presión atmosférica
- Precipitación
- Vientos velocidad y dirección
- Evapotranspiración de referencia
- Humedad Relativa

Productos obtenidos de la información meteorológica

- Normales climáticas, de los diferentes elementos

### **2.3.4.2. Información Agrometeorológica**

- Índices de Humedad
- Índices de Temperatura

### **2.3.4.3. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

### **2.3.4.4. Información sobre Desastres Naturales**

Según los informes presentados se cuenta con información de fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura como:

- Heladas
- Granizada
- Sequía

### **2.3.4.5. Recepción, tratamiento y difusión de la información agrometeorológica**

La recepción y recolección de la información se realiza de forma eficiente en estaciones que se encuentran próximas a la ciudad de Cochabamba, respecto a las mas alejadas se tienen los siguientes problemas

- No se cuenta con medios de comunicación
- No se cuenta con presupuesto para combustible

- Falta de presupuesto para viáticos

Por estas razones la recolección de los datos presentan retrasos de hasta tres meses.

#### **2.3.4.6. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Cochabamba, y conforman el SINSAAT-Cochabamba son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Prefectura del Departamento mediante el Servicio de Agricultura y Ganadería SEDAG

Que llevan adelante la coordinación en la elaboración del Boletín SINSAAT mensual.

#### **2.3.4.7. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto SINSAAT Regional Cochabamba, se difunde a Prefectura del Departamento, Municipios, Ministerio de Agricultura y SINSAAT – La Paz, Oficina Central a través de boletines mensuales. En la Fase I del proyecto SINSAAT esta regional publicó 11 números, en los que se insertaron diferentes acápite relacionados con la producción agropecuaria.

### **2.3.5. CHUQUISACA**

#### **2.3.5.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación
- Vientos
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Horas Luz

#### **2.3.5.2. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

#### **2.3.5.3. Información sobre Desastres Naturales**

Se lleva adelante análisis de fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura como:

- Granizo
- Inundaciones, riadas
- Mazamoras
- Heladas
- Sequía

Con los informes presentados por el SENAMHI-Chuquisaca en coordinación con la Unidad de Agricultura y Ganadería de la Prefectura se elaboran estadísticas y diagnósticos del alcance de los daños, de acuerdo al fenómeno por provincias, comunidades, cultivos afectados, pérdidas en dólares, y número de familias afectadas.

#### **2.3.5.4. Recepción y tratamiento de la información agrometeorológica**

El seguimiento agronómico y meteorológico se realiza por medio de viajes periódicos en coordinación entre el SENAMHI y el Servicio Departamental Agropecuario (SEDAG). Posteriormente se efectúa el tratamiento y análisis de la información para el procesamiento de los boletines mensuales o bimensuales.

La obtención de la información se realiza de acuerdo con los siguientes procedimientos:

- Recojo de registros de los diferentes parámetros
- Supervisión del registro y capacitación en el llenado de formularios
- Mantenimiento del instrumental en las estaciones
- Entrega de bandas y formularios para instrumentos registradores y otros
- Procesamiento de la información diaria a 10 días
- Obtención de índices agrometeorológicos

#### **2.3.5.5. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Chuquisaca, y conforman el SINSAAT- Chuquisaca son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Prefectura del Departamento con la UAG
- Universidad Mayor Pontificia de San Xavier – Facultad de Zootecnia
- Subprefecturas
- Municipios
- CARE
- FAO FERTISUELOS
- PLAFOR
- ONG's

#### **2.3.5.6. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto SINSAAT Regional Chuquisaca, se difunde a los municipios del departamento de Chuquisaca, Universidad Mayor y Pontificia de San Francisco Xavier, ONG's y otros usuarios a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo a los siguientes componentes:

- Estado Agrometeorológico actual
- Evaluación de la gestión agrícola
- Pronostico de precipitaciones para el mes siguiente
- Frecuencia de ocurrencia de fenómenos meteorológicos
- Agronoticias
- Mapa de isoyetas (Precipitación normal)
- Red de Estaciones de monitoreo agrometeorológico
- Índices de precipitación

## **2.3.6. TARIJA**

### **2.3.6.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Temperaturas Bulbo Seco
- Temperaturas Bulbo Húmedo
- Precipitación total, precipitación máxima en 24 horas, días con precipitación
- Vientos
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Horas Luz
- Otros meteoros

### **2.3.6.2. Información Hidrológica**

No cuenta con este tipo de información

### **2.3.6.3. Información Agrometeorológica**

En base a la información meteorológica se calculan los siguientes índices por periodos de 10 días y mensuales:

- Temperaturas: máximas, mínimas, medias y extremas
- Temperatura diurna y nocturna
- Unidades calor Temperatura Base 5°C, Temperatura Base 10.
- Precipitación
- Evapotranspiración de Referencia
- Humedad Relativa
- Días con lluvia
- Amplitud Térmica
- Temperatura diurna y nocturna

### **2.3.6.4. Información sobre Desastres Naturales**

Se cuenta con información detallada, precisa y confiable, por medio de la cual se realiza el seguimiento de cultivos tradicionales por estación.

- Observaciones Fenológicas, de cultivos tradicionales.
- Observaciones Fenológicas, en cultivos afectados, realizando una estimación de pérdidas.

Se registran fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura como:

- Sequías
- Heladas
- Granizo

### **2.3.6.5. Recepción y tratamiento de la información agrometeorológica**

La recepción y/o recolección de la información meteorológica es bastante eficiente. Los observadores en su generalidad realizan la entrega de los formularios hidrometeorológicos mensuales hasta la primera quincena del mes, la otra es recogida cuando se realiza las

inspecciones a las estaciones. En el caso del Chaco tarijeño las inspecciones se realizan cada cuatro meses aproximadamente.

#### **2.3.6.6. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Tarija, y conforman el Sinsaat-Tarija son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Prefectura

La coordinación con la Prefectura esta referida al apoyo logístico que proporciona a la regional SENAMHI en el control y mantenimiento de las estaciones hidrometeorológicas y en la publicación de documentos de socialización de la información hidrometeorológica. También se realizan en forma conjunta, evaluaciones de los daños ocasionados por efecto de fenómenos meteorológicos adversos a la agricultura.

#### **2.3.6.7. Difusión de la información**

La información generada por el proyecto Sinsaat Regional Tarija, se difunde a los Municipios, Prefectura del departamento de Tarija, ONG's, Universidad y otros usuarios a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo al siguiente contenido:

- Comportamiento Meteorológico e Información Climatológica
- Avance para el mes próximo
- Misceláneos agropecuarios
- Informe MAGDR

La información también es proporcionada de acuerdo a los requerimientos de usuarios, como estudiantes, tesistas, profesionales e instituciones que la requieren.

### **2.3.7. SANTA CRUZ**

#### **2.3.7.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación
- Vientos
- Evaporación
- Nubosidad
- Humedad Relativa
- Horas Luz

#### **2.3.7.2. Información Hidrológica**

No se cuenta con este tipo de información

### **2.3.7.3. Información sobre Desastres Naturales**

Se realizan análisis de los desastres naturales

- Sequía
- Inundaciones

Uniendo la información del Sinsaat con los informes presentados por el SENAMHI-Santa Cruz se cuenta con información de las zonas de producción, superficie sembrada, superficie afectada y el porcentaje de daño si existe.

### **2.3.7.4. Coordinación interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento de Santa Cruz, y conforman el Sinsaat-Santa Cruz son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Prefectura del Departamento SEDAG
- Cámara Agropecuaria del Oriente
- Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas ANAPO
- Universidad Autónoma Gabriel René Moreno – Facultad de Agronomía
- AASANA
- SEARPI

La información generada por el proyecto Sinsaat Regional Santa Cruz, se difunde a los Municipios del departamento de Santa Cruz, Universidad Gabriel René Moreno, Cámara Agropecuaria del Oriente y otros usuarios a través de boletines mensuales, en los que se inserta la información de acuerdo al siguientes contenido:

- Comportamiento pluviométrico
  - Zona Norte
  - Zona Este
  - Zona Integrada y Expansión Norte
  - Zona Integrada Centro
  - Zona de Expansión Sur
  - Zona Cordillerana (Chaco)
- Pronósticos
- Producción agrícola de acuerdo a campañas
- El costo de la producción de algodón u otros cultivos regionales
- Agronoticias
- Red de estaciones de monitoreo agrometeorológico
- Índices de Precipitación
- Seguimiento Fenológico
- ANAPO

### **2.3.8. BENI**

#### **2.3.8.1. Información Meteorológica**

- Temperaturas: máximas, mínimas y medias
- Precipitación



- Vientos
- Nubosidad
- Humedad Relativa

#### **2.3.8.2. Productos Obtenidos**

- Pronostico diario del tiempo
- Base de datos histórica actualizada al 2000

#### **2.3.8.3. Información Hidrológica**

Se trabaja con los datos de un total de 4 estaciones hidrológicas pertenecientes a SEMENA y una al Servicio Nacional de Hidrografía Naval. La información recabada es la lectura de escalas, obteniéndose como productos

- Niveles Máximos
- Niveles Mínimos
- Niveles Normales

Elementos indispensables para la alerta temprana de inundaciones.

#### **2.3.8.3. Información sobre Desastres Naturales**

La información obtenida esta referida solo a déficit hídrico e inundaciones, utilizando como indicadores lo niveles de río y otros elementos meteorológicos como el comportamiento normal de la precipitación.

#### **2.3.8.4. Coordinación Interinstitucional**

Las instituciones que coordinan en el departamento del Beni, y conforman el SINSAAT-Beni son:

- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI
- Administración de Aeropuertos y Servicios de la Navegación Aérea AASANA
- Asociación de Ganaderos Provinciales
- SEMENA
- Servicio de Hidrografía Naval

La información se difunde mediante boletines a nivel departamental.

## **2.4. OTRAS INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA TOMA DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS**

## **OTRAS INSTITUCIONES RELACIONADAS CON LA TOMA DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS**

En el país existen otras instituciones que se relacionan de alguna manera con la temática del Cambio Climático. Las actividades por ellos llevadas adelante incluyen trabajos de Consultoría o investigación y muy pocas de ellas poseen en propiedad observatorios hidrometeorológicos. Las más importantes serán brevemente descritas en el presente acápite.

### **2.4.1. AUTORIDAD BINACIONAL DEL SISTEMA HÍDRICO DEL LAGO TITICACA, RIO DESAGUADERO, LAGO POOPO, SALAR – ALT**

#### **2.4.1.1. Area de Acción**

Departamento: La Paz, Oruro (Bolivia) Puno (Perú)  
Provincias del Departamento de La Paz: Tamayo, Saavedra, Camacho, Omasuyos, Los Andes, Murillo, Loayza, Villarroel, Aroma, Ingavi  
Provincias del Departamento de Oruro: San Pedro de Totora, Nor Carangas, Barrón. Cercado, Dalence, Poopó, Saucarí, Carangas, Atahuallpa, Mejillones, Litoral, Sur Carangas, Avaroa, Pagador  
Municipios: La Paz 37, Oruro 32  
Cuencas: Lago Titicaca, Río Desaguadero  
Subcuenca Lago Titicaca: Ramis, llave, Coata, Huancané, Suches  
Subcuenca Río Desaguadero: Alto Desaguadero, Medio Desaguadero y Mauri

Superficie Aproximada: 143.900 Km<sup>2</sup>

#### **2.4.1.2. Antecedentes**

A raíz de las inundaciones ocurridas en las zonas circunlacustres del Lago Titicaca en las riberas del Río desaguadero y en las áreas de la laguna Soledad y el lago Uru Uru, los Gobiernos del Perú y de Bolivia solicitaron la cooperación técnica y financiera de la Comunidad Europea, suscribiéndose los convenios ALA 86/03 ALA 87/23 orientados a solucionar problemas de inundaciones en áreas adyacentes a los ríos y lagos altiplánicos con la ejecución de obras de emergencia y a preparar un Plan de Protección y Prevención de Inundaciones y de aprovechamiento de los Recursos del Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Lago Salar Coipasa (Sistema TDPS),

El convenio para el estudio preliminar de aprovechamiento de las Aguas del Lago Titicaca, es del 19 de febrero de 1957, que afirma el condominio invisible y exclusivo que Bolivia y Perú ejercen sobre las aguas de dicho lago.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) firmó el 22 de abril de 1985, un Convenio de Asistencia Técnica y Financiera, con las Repúblicas de Bolivia y Perú, para efectuar un estudio integral de la cuenca del Lago Titicaca.

Sobre la base de los estudios efectuados con el apoyo de PNUD, Perú y Bolivia, acordaron la ejecución de un Plan Director de Manejo y Uso de los Recursos Hídricos de la cuenca del Lago Titicaca, que comprende el Sistema Titicaca-Desaguadero- Poopó – Salar de Coipasa (Sistema TDPS). Plan que ha sido efectuado por la SUBCOMILAGO a través de los Proyectos: Proyecto Especial Lago Titicaca del Perú y de Bolivia, con apoyo financiero de la Comunidad Económica Europea (C.E.).

La Autoridad Binacional Autónoma del Sistema Hídrico TDPS es una entidad internacional de derecho público y personería jurídica, con plena autonomía de decisión y gestión en el ámbito técnico administrativo- económico y financiero.

### **2.4.1.3. Objetivos**

- Promover y conducir las acciones, programas, proyectos, así como dictar y hacer cumplir las normas de ordenamiento, manejo, control y protección en la gestión del agua del Sistema Hídrico, Lago Titicaca, Río Desaguadero, Lago Poopó y Salar de Coipasa” (TDPS).
- Ejercer la autoridad sobre los recursos hídricos e hidrobiológicos de connotación binacional del sistema hídrico TDPS.
- Promover, supervisar y conducir la ejecución de proyectos y obras binacionales a título de dueño de obra.
- Conducir el mejoramiento y actualización del Plan Director, mediante la priorización planificación y realización de nuevos proyectos, actividades y acciones de nivel binacional o nacional.
- Estudiar y analizar instrumentos de armonización legal y reglamentaría de las normas nacionales en relación a la gestión de recursos hídricos e hidrobiológicos del sistema hídrico TDPS, con las pautas fijadas en el plan director, proponiendo los instrumentos legales y administrativos adecuados.
- Apoyar y promover la preservación, recuperación, protección y conservación de los ecosistemas naturales, de acuerdo al Plan Director, tendiendo a mantener mejorar las sustentabilidad ambiental del sistema hídrico TSPS, Establecer normas de calidad de las aguas.
- Promover tecnologías de uso racional de recursos naturales
- Tutelar que las iniciativas de entes públicos y privados interesados en invertir en el ámbito de Sistema Hídrico TDPS, guarden coherencia con el Plan Director, pudiendo el ALT apoyarlas, si las considera concordantes y beneficiosas.

### **2.4.1.4. Plan Director Global Binacional Sistema TDPS**

El Plan Director del Sistema TDPS es un plan binacional, cuyo objetivo principal es el control, la conservación y uso adecuado de los Recursos Hídricos, sin afectar negativamente la ecología de la región, considerando las posibilidades de utilización conjunta o individual de esos recursos por parte del Perú y Bolivia.

Los estudios específicos desarrollados en el marco del Plan Director han definido la problemática hídrica, razón por la que se ha previsto un conjunto de obras con la finalidad de manejar estas grandes masas de agua en el intento de reducir los efectos negativos inherentes al estado natural sin proyecto. Las obras previstas permitirán regularizar los caudales de salida del lago Titicaca, ya sea durante los años húmedos evitando la superposición del caudal de salida del lago con aquellos de cuenca misma del Desaguadero como durante los períodos secos considerando el lago como embalse cerrado. Otras obras están previstas a lo largo del Desaguadero para regularizar y mantener en vida activa otros puntos receptores, como el Lago Soledad y el Lago Uru Uru.

#### **2.4.1.5. Aspectos Organizativos**

##### **Dependencia Orgánica e Institucional**

##### **Organismo ejecutor:**

- Gobierno de Bolivia
- Gobierno de Perú

##### **Financiado por:**

Fase I: Comunidad Económica Europea

Fase II: Gobierno de Bolivia – Gobierno de Perú

##### **Fecha de inicio y conclusión**

Fase I: Estudios básicos: octubre 1991 – septiembre 1993

PELT Proyecto Especial Lago Titicaca con colaboración de la Unión Europea y en Convenio con AIC Progetti Italia e INTECSA España

Fase II: Creación del ALT e implementación de proyectos a partir de 1996 hasta tiempo indefinido.

#### **2.4.1.6. Convenios Interinstitucionales**

- Comunidad Económica Europea
- Gobiernos de Perú y Bolivia
- SENAMHI – Perú
- SENAMHI - Bolivia
- PROSUKO

#### **2.4.1.7. Red de Información**

El ALT efectúa el seguimiento y la respectiva incorporación a su base de datos de la información meteorológica e hidrométrica que le corresponde. Además recopila información de sus Unidades Operativas a través de la adquisición de datos que registran los SENAMHI's en Perú y Bolivia y a través de sus propias mediciones, que sin embargo no incluyen estaciones meteorológicas instaladas.

Las mediciones realizadas por el ALT son:

Cuatro campañas por año de aforo, dos en avenidas (época lluviosa) y dos en el período de estiaje (época seca) en los principales ríos del Sistema TDPS, especialmente en aquellos donde se carece de la información hidrométrica o es escasa

Para el monitoreo ambiental se efectúan 2 campañas por año de medición de la calidad de cuerpos de agua del Sistema TDPS, en los lugares donde se conozca la existencia de elementos contaminados.

Para la evaluación de la contaminación del lago Titicaca dispone de datos generados en la bahía de Puno a cargo del PELT utilizando los equipos de medición suministrados por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y determinan los contenidos de Sodio, Calcio, Cloro, Potasio, Hierro, Boro, Sulfatos, Fosfatos, Bicarbonatos y características de alcalinidad y dureza total.

Para los análisis y validación de series hidrometeorológicas, la Base de datos contempla información de las estaciones ubicadas a lo largo del sistema TDPS, realizando el seguimiento e interpretación de los factores climáticos en el Océano Pacífico, los eventos ENSO y sus relaciones con el clima del altiplano.

En las secciones Chilahuala y Karasila sobre el río Desaguadero se tiene planificada la instalación de estaciones hidrométricas para la determinación de sus caudales, permitiendo calibrar los resultados de las series sintéticas generadas mediante la aplicación de los modelos matemáticos.

#### **2.4.1.8. Información Generada**

**Publicaciones:** a continuación se detalla el índice de rubros de material bibliográfico:

- Proyectos de Regulación o de aprovechamiento
- Pesca
- Hidrobiología
- Hidroquímica
- Socioeconómica
- Legislación
- Planificación
- Geografía y Recursos Naturales
- Geología
- Hidrogeología
- Estudios Varios
- Estudios Globales
- Hidrometeorología Datos
- Climatología
- Hidrología
- Glaciología
- Sedimentología
- Hidrografía
- Agricultura
- Forestería y Conservación de Suelos
- Ecología

#### **2.4.1.9. Trabajos relacionados al Cambio Climático**

- Análisis y validación de series hidrometeorológicas,
- Seguimiento e interpretación de los factores climáticos en el Océano Pacífico, los eventos ENSO y sus relaciones con el clima del altiplano, cuyos resultados pueden ser encontrados en sus oficinas.

## **2.4.2. PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL DE SUKA KOLLU – PROSUKO**

Es un programa que apoya a las organizaciones campesinas: familias, grupos familiares y comunidades, para la recuperación y construcción de los Suka Kollus y también en pampa para la producción de cultivos, en el Altiplano Norte de La Paz.

### **2.4.2.1. Objetivo**

Su objetivo es conjuncionar esfuerzos y capacidades institucionales para el logro de una propuesta técnico social válida del Agro sistema Suka Kollus, que implique el mejoramiento y la valoración del poblador del Altiplano boliviano.

### **2.4.2.2. Acciones**

En la investigación capacitación y apoyo técnico en:

Habilitación de nuevas áreas para la construcción de Suka Kollus.  
La construcción de Suka Kollus  
Desarrollo Agrícola

### **2.4.2.3. Investigaciones realizadas**

- Biodiversidad:
- Evaluación de la Totora en Bolivia
- Evaluación de la información disponible de Suri, Perdiz y Rana Gigante del Lago

### **2.4.2.4. Trabajos relacionados a cambio Climático**

Análisis y validación de series hidrometeorológicas, seguimiento e interpretación de los factores climáticos en el Océano Pacífico, los eventos ENSO y sus relaciones con el clima del altiplano.

### **2.4.3. INSTITUTO DE ECOLOGIA**

#### **2.4.3.1. Area de Acción**

A nivel nacional

#### **2.4.3.2. Antecedentes**

El Instituto de Ecología es un Centro de Investigaciones Científicas y formación universitaria, dependiente de la Carrera de Biología de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz, creado mediante convenio entre la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) y la Universidad de Gottingen de Alemania, respaldo por la Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

En sus 20 años de existencia ha trabajado en la problemática de manejo sostenible de los recursos naturales y de la gestión ambiental, a través de la investigación, capacitación y asesoría técnica. A nivel nacional e internacional es considerado uno de los centros de investigación y formación más importantes del área andina.

#### **2.4.3.3. Objetivos**

El objetivo central del Instituto de Ecología es aumentar la capacidad científica del país para resolver problemas ecológicos y entrenar la demanda nacional para el manejo y la conservación de los recursos naturales renovables.

#### **2.4.3.4. Aspectos Organizativos**

Dependencia Orgánica e Institucional

Organismo ejecutor: Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Carrera de Biología  
Instituto de Ecología

Financiado por:  
UMSA

#### **2.4.3.5. Fecha de inicio y conclusión**

Fecha de inicio 1980  
Fecha de conclusión indefinida

#### **2.4.3.6. Principales Campos de Investigación**

La investigación básica y aplicada y la difusión de resultados en el campo de la ecología son las actividades centrales del Instituto de Ecología, las cuales se desarrollan a través del Herbario Nacional de Bolivia, zoología con la Colección Boliviana de Fauna, limnología, suelos, fisiografía, Laboratorio de calidad ambiental, Centro de Análisis Espacial, Jardín Botánico y editorial.

#### **2.4.3.7. Redes a las que pertenece**

El Instituto de Ecología es miembro de varios Consejos, Directorios y Comisiones a nivel nacional e internacional. Ha contribuido, junto con instituciones de desarrollo social, privadas y



estatales, al establecimiento del Centro de Información y Documentación en Agroecología (CIDAE), con el objetivo de reunir, sistematizar, intercambiar información y experiencias sobre agroecología.

A nivel internacional ha firmado importantes convenios de cooperación científica con la Universidad de Göttingen de Alemania, Smithsonian Institute de Washington, el Museo de Historia Natural de Karlsruhe, la Organización Mundial y Panamericana de la Salud (OMS/OPS) y UNESCO, entre otras.

#### **2.4.3.8. Publicaciones**

El instituto para la difusión de información científica, cuenta con una editorial, actividad fundamental para el Instituto de Ecología. Desde el año 1982, ha publicado 31 números de la revista "Ecología en Bolivia" y 15 libros que recogen buena parte del trabajo realizado en el país en temas relacionados con clima, suelos, aguas, flora y fauna y el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. El canje con instituciones de todo el mundo permite actualizar en forma permanente la biblioteca "Erika Geyger" del Instituto de Ecología.

#### **2.4.3.9. Publicaciones relacionadas al Cambio Climático**

El Instituto de Ecología ha elaborado y publicado algunos trabajos relacionados con el Cambio Climático, fundamentalmente motivado por un soporte del Programa Nacional de Cambio Climático. Estas investigaciones serán posteriormente detalladas.

## **2.4.4. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FÍSICAS DE LA U.M.S.A. LABORATORIO DE FÍSICA DE LA ATMOSFERA**

### **2.4.4.1. Área de Acción**

A nivel nacional

### **2.4.4.2. Antecedentes**

El año 1994 gracias al apoyo del Fondo de Pequeñas donaciones del PNUD y de LIDEMA, se creó el Laboratorio de Ozono y Radiación Ultravioleta (LORUV) dependiente del Instituto de Investigaciones Físicas de la Universidad Mayor de San Andrés. El LORUV fue concebido para incorporar la física a la investigación del Medio Ambiente y al mismo tiempo para alertar sobre los elevados índices de radiación ultravioleta a los que está expuesta la población de ciudades de altura como La Paz, cuya elevación varía entre los 3100 y 4100 m.s.n.m.

Desde sus inicios el LORUV contó con la cooperación científica del Laboratorio de Ozono del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) del Brasil en el área de ozono y radiación ultravioleta

Actualmente, en vista de la ampliación de las actividades del Laboratorio al estudio y monitoreo de gases de efecto invernadero y a la meteorología, se ha resuelto cambiar el nombre a Laboratorio de Física de la Atmósfera tratando de abarcar mayor cantidad de factores de influencia atmosférica a la vida cotidiana

### **2.4.4.3. Objetivos**

Los objetivos del Laboratorio de Física de la Atmósfera son al mismo tiempo científicos (estudio, monitoreo y modelaje) y sociales (educación, difusión y asesoramiento). A pesar de su corta existencia, el Laboratorio ha publicado un número considerable de trabajos científicos que se encuentran resumidos en sus reportes y en la Revista Boliviana de Física que se publica periódicamente.

### **2.4.4.4. Aspectos Organizativos**

Dependencia Orgánica e Institucional

Organismo ejecutor: Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales

Carrera de Física  
Instituto de Física  
Laboratorio de física de la Atmósfera

Financiado por:  
PNUD  
LIDEMA

### **2.4.4.5. Fecha de inicio y conclusión**

Fecha de inicio 1994  
Fecha de conclusión indefinida

#### **2.4.4.6. Convenios Interinstitucionales**

- PNUD
- LIDEMA
- INPE

#### **2.4.4.7. Redes a las que pertenece**

El Laboratorio de Física de la Atmósfera es parte de la red sudamericana de monitoreo de la capa de ozono liderada por el INPE. Esa cooperación se manifiesta en préstamo de equipos y trabajos conjuntos en las áreas de investigación mencionadas. En los años sucesivos el Laboratorio de Física de la Atmósfera realizó diferentes proyectos en el área de la fotobiología y la física de la atmósfera, mediante convenios de investigación científica con instituciones nacionales e internacionales y con el apoyo de la Cuenta Iniciativa para las Américas (EIA-FONAMA).

#### **2.4.4.8. Equipos**

El Laboratorio de Física de la Atmósfera posee equipos muy sofisticados para el análisis y estudio científico de las áreas de estudio mencionadas. Entre ellos tenemos:

- Biómetro Solar Light 501 para detectar la RUV-B
- Piranómetro Ultravioleta para medir la Radiación solar Global
- Espectrofotómetro Brewer MKIV # 110 para realizar mediciones simultaneas de las columnas totales de O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, y NO<sub>2</sub>, los perfiles verticales del O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> y el espectro de radiación ultravioleta
- Analizado de ozono superficial para lograr medidas absolutas de la concentración existente de ozono en la superficie.
- Monitor fotoacústico de gases, para realizar mediciones muy precisas de la concentración de cualquier gas que absorba luz infrarroja, actualmente se encuentra abocado en la medición de dióxido de carbono y vapor de agua en zonas críticas de emisión tales como las zonas de chequeo.
- Analizador portátil de CO<sub>2</sub>

Por otra parte cuenta con dos estaciones meteorológicas automáticas situadas en la misma localización de los anteriores equipos. Estas estaciones son completas y cuentan con registros meteorológicos de 1997 adelante, estando disponibles para consulta en las instalaciones del Laboratorio. Estos datos no son intercambiados con el SENAMHI.

Las publicaciones de interés realizadas por el IIF son:

- Línea base de dióxido de carbono y las quemadas en Bolivia. Gutiérrez Rene, 2000
- La anomalía del ozono sobre el Altiplano Boliviano. Zaratti Francesco

## **2.4.5. INSTITUTO DE HIDRAULICA E HIDROLOGIA (IHH)**

### **2.4.5.1. Area de Acción**

A nivel nacional

### **2.4.5.2. Antecedentes**

El Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH), es un centro de investigación científica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Mayor de San Andrés, dependiente orgánicamente de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, creado el 20 de marzo de 1972 por Resolución Universitaria UMSA 244/72, a través del convenio de Cooperación Técnica entre la Universidad Técnica de Berlín y la Universidad Mayor de San Andrés, con apoyo de la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).

### **2.4.5.3. Objetivos**

El Instituto de Hidráulica e Hidrología es un centro de investigación que tiene como misión generar, planificar y ejecutar tareas de investigación y desarrollo (I&D) en el ámbito de las ciencias y la ingeniería de recursos hídricos, que cumplan con objetivos de desarrollo nacional y regional, con excelencia en la investigación y docencia, con contenido de interacción social y vocación de servicio para solucionar problemas nacionales, transmisor de tecnología y relacionador eficiente con agentes académicos nacionales e internacionales.

### **2.4.5.4. Logros a Nivel Nacional e Internacional**

- Primer laboratorio de hidráulica e hidrología del país con capacidad de realizar estudios en modelos hidráulicos a escala.
- Institución más importante del país en el campo de pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, según evaluación reciente realizada por el Programa para la Difusión de Energías Renovables (PROPER, actualmente CINDER), por encargo del Banco Mundial.
- Único instituto de investigación en Bolivia que trabaja actualmente en el campo de la Glaciología (Glaciares Tropicales), en cooperación con el IRD de Francia (ex ORSTOM),
- Presidencia y Coordinación del Comité Nacional para el Programa Hidrológico Internacional (CONAPHI-Bolivia) de la UNESCO.
- Institución nacional de referencia en diversas áreas temáticas relacionadas a los recursos hídricos, como legislación de aguas, hidráulica e hidrología ambiental, modelación matemática, etc.

### **2.4.5.5. Aspectos Organizativos**

Dependencia Orgánica e Institucional

Organismo ejecutor:

- Universidad Mayor de San Andrés
- Facultad de Ingeniería
- Carrera de Ingeniería Civil
- Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH)

Financiado por:

Universidad Mayor de San Andrés

Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ).

#### **2.4.5.6. Fecha de inicio y conclusión**

Fecha de inicio: 20 de Marzo de 1972

Fecha de conclusión hasta tiempo indefinido.

#### **2.4.5.7. Equipamiento**

El Instituto cuenta con equipamiento que permite realizar las tareas de investigación.

- Equipos básicos de los talleres de mecánica, herrería, carpintería, materiales plásticos y fotografía.
- Canal inclinable vidriado especialmente para investigar problemas relacionados al transporte de sedimentos. Longitud : 27 m; sección transversal: 0.80 m x 1.00 m, pendientes : 0% - 6%, caudal máximo : 500 l/s. Equipado con sistema de circulación de acarreo (dosificador de material sólido, correa transportadora, elementos electrónico, etc.).
- Grúa con capacidad de 3500 kg.
- Procesador de señal analógica- digital
- Transductores
- Filtros
- Integradores
- Voltímetros digitales
- Registradores de papel
- Graficadores XY
- Amplificadores
- Osciloscopios
- Puentes de corriente alterna

En cuanto al equipo para medición hidráulica, el Instituto cuenta con:

- Escalas de punta
- Diferentes tipos de molinetes
- Manómetros, manómetros diferenciales
- Tubos de Prandtl y Pitot
- Diagramas
- Caudalímetros
- Balanzas de medición
- Equipo fotográfico y equipo del sistema video-recorder

#### **2.4.5.8. Investigación**

Desde su fundación en 1972 el IHH se ha constituido en un centro de investigación líder a nivel regional, nacional e internacional, producto primeramente de la jerarquización ganada a través del intercambio tecnológico con la UT-Berlin, la Universitaet der Bunderweh-Munchen, el Programa Hidrológico Internacional y la Agencia de Cooperación Técnica Francesa ORSTOM, y segundo por el proceso de calificación de sus recursos humanos. En el momento el equipo de investigadores del IHH está conformado por profesionales de alto nivel y experiencia en la investigación en ciencias del agua.

Desde su origen el IHH, mediante la transferencia tecnológica, fue receptora de metodologías y conocimientos modernos en la investigación, los mismos que en una fase de maduración sirven para responder con la demanda proveniente de proyectos nacionales y regionales, de este modo el IHH consolida su rol de servidor de la sociedad.

Las líneas de investigación del IHH pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Hidráulica
- Hidrología y Recursos Hídricos

Desde su creación en 1972 el IHH ha realizado estudios, investigaciones y proyectos en diversos campos relacionados a los recursos hídricos, bajo contrato y/o convenio con diversas instituciones nacionales e internacionales, entre los que cabe destacar:

### **Hidrología y recursos hídricos**

- Estudio hidrológico de la cuenca Laguna Robada, Cochabamba.
- Estudio de crecidas del río Vinto, Cochabamba.
- Estudio hidrológico río Huara Huara, Cochabamba.
- Retención del embalse de la presa Chusequeri.
- Estudio hidrológico de la presa Tacagua.
- Estudio hidrológico integral del Valle Central de Tarija.
- Balance hídrico de la República de Bolivia.
- Hidrología, climatología y sedimentología de la cuenca andina del río Beni.
- Influencia del uso de suelo en el régimen hidrológico de la cuenca del río Pirafí.
- Variabilidad espacial de la precipitación en La Paz.
- Estudio hidrológico y geoquímico de la Amazonía boliviana.
- Hidrología de glaciares tropicales.

### **Clima y medio ambiente**

- Estudio climatológico de la cuenca del Lago Titicaca.
- Evaluación de parámetros microclimáticos e hídricos en el sistema Suka Kollus.
- Estudio del régimen pluviométrico en la cuenca del río La Paz.
- Determinación de la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante un cambio climático, cuenca río La Paz y río Pirafí.
- Modelo de tratamiento anaeróbico de lodos frescos en el Altiplano boliviano.
- Estudio del Fondo Fiduciario Binacional para las áreas protegidas de la cuenca del río Bermejo.
- Estudio de la dinámica de recarga del acuífero del Altiplano Central, a través de la técnica de isótopos ambientales.

### **Hidroenergía**

Se han estudiado, diseñado, equipado y/o construido los siguientes proyectos:

- Central hidroeléctrica del río Maije, Depto de La Paz.
- Central hidroeléctrica de Poroma, Chuquisaca.
- Microcentrales hidroeléctricas Pongo I y II.
- Microcentral hidroeléctrica y centro demostrativo Pongo.
- Modelo hidráulico de cereales e iluminación Tapacari.
- Microcentral hidroeléctrica Qewiña Pampa, Cochabamba.
- Microcentral hidroeléctrica Soracachi-Bellavista.
- Microcentral hidroeléctrica Yanamayú.
- Microcentral hidroeléctrica Colopampa - Santa Rosa.
- Proyecto de microcentral hidroeléctrica Choro.
- Microcentral hidroeléctrica Unduavi.
- Inventariación del potencial microhidroenergético de la Provincia Iturrealde, Depto de La Paz.
- Inventariación del potencial microhidroenergético de la Provincia Nor Yungas, Depto de La Paz.

#### **2.4.5.9. Convenios Internacionales**

El IHH mantiene convenios con las siguientes instituciones internacionales:

- Universidad Técnica de Berlín, Instituto de Hidráulica e Hidrología (IWAWI), Rep. Federal de Alemania.
- IRD (instituto de Investigación para el Desarrollo, ex ORSTOM) de Francia para investigación conjunta en Hidrología y Glaciología.
- Organización Nuova Fronteira de Italia para el Proyecto de Inventario de aprovechamientos energéticos de la Provincia Iturrealde de La Paz e investigación de equipos de hidrogenación.
- Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, para llevar a cabo diversos estudios e investigaciones dentro del ámbito de las ciencias del agua.
- Instituto de Recursos Hídricos de la Universitaet der Bundeswehr de Munich, Rep. Federal de Alemania.
- Instituto de Recursos Hídricos de la Ruhr-Universidad de Bochum, Rep. Federal de Alemania.
- Universidad de Piura, Instituto de Hidráulica, Hidrología e Ingeniería Sanitaria, Perú.

#### **2.4.5.10. Convenios Nacionales**

El IHH mantiene convenios de cooperación técnica con las siguientes instituciones nacionales:

- Asociación Boliviana de Teledetección para el Medio Ambiente (ABTEMA) para estudios en el campo de la teledetección y recursos naturales.
- Honorables Alcaldías de Coroico y Caranavi para los proyectos de inventariación hidroenergética de las Provincia Nor-Yungas y Caranavi del departamento de La Paz.
- Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Ministerio de Desarrollo Sostenible, para llevar a cabo estudios dentro del Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- Fondo de Desarrollo Campesino, para llevar a cabo proyectos de riego, agua potable y aprovechamiento hidroenergético en áreas rurales.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y el Servicio de Hidrografía Naval, para llevar a cabo estudios de climatología, hidrología y riesgos naturales.
- Universidad Autónoma Tomas Frías de Potosí, Carrera de Ingeniería Civil
- Universidad Técnica de Oruro, Facultad de Ingeniería.
- Universidad Católica de La Paz, Carrera de Ingeniería Industrial.

El IHH es parte de la red LACHYSIS de centros de investigación en Hidráulica e Hidrología

## **2.4.6. INSTITUTE POUR RECHERCHE IN DEVELOPPEMENT (IRD)**

### **2.4.6.1. Area de Acción**

A nivel nacional

### **2.4.6.2. Antecedentes**

El Instituto Francés de Investigaciones para el Desarrollo mantiene una línea de investigación en el área de Cambio Climático dentro de su área de Manejo de los Recursos Naturales.

Actualmente el Instituto apoya una red andina de evaluación del Cambio Climático en glaciares fomentando el estudio del cambio de los Glaciares de la Zona Andina a través de diversos estudios regionales.

El IRD (Bolivia) al ser parte de esta red intenta, a través de diferentes investigaciones locales y del intercambio con otros países del área andina, establecer los conocimientos actuales sobre el clima y su evolución en los Andes Tropicales, las Cordilleras y el Altiplano. Al presente el Programa de Investigación sobre Clima y Glaciares Tropicales se encuentra en reestructuración buscando los ejes que orientarán los trabajos futuros. Hasta ahora la investigación se centra en 4 grandes ejes que son los siguientes:

- Clima e Hidrología de los Andes y la Amazonía
- Los recursos hídricos del altiplano
- Los datos climáticos existentes en los Andes Tropicales
- Glaciares Tropicales y variabilidad climática

De esta manera aparte de los diversos trabajos de investigación llevados adelante por esta institución, también dedica esfuerzos a reunir los trabajos en Climatología, Meteorología y Glaciología de la región a través de la realización de Eventos, Seminarios, Talleres, etc.

La principal contraparte investigativa de esta institución en Bolivia es la Universidad Mayor de San Andrés a través de sus Institutos de Investigaciones dependientes de las diferentes Facultades (IHH, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Instituto Boliviano de Biología de la Altura, Instituto de Ecología, etc.).

El IRD, realiza sus investigaciones en gran proporción utilizando los datos hidrometeorológicos del SENAMHI por lo que su disponibilidad de datos propios es muy reducida.



### **III. REDES GLOBALES DE LAS QUE ES PARTE BOLIVIA**

## REDES GLOBALES DE LAS QUE ES PARTE BOLIVIA

Bolivia como todos los países del globo, es parte de redes de observación sistemática a nivel internacional. Estas redes incluyen tanto aquellas que son parte del Programa de Vigilancia Atmosférica Global (WWW) como aquellas incluidas dentro del SMOC. Es interesante apreciar que aunque existen diversas instituciones que trabajan con sus propios observatorios hidrometeorológicos, el SENAMHI es la única institución que posee estaciones que están incluidas dentro de las redes de observación global.

El SENAMHI al ser, por ley, la institución nacional a cargo de la regulación de la observación hidrometeorológica, tiene el reconocimiento y la representación nacional de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). De esta manera recibe el apoyo de este organismo para su trabajo y la capacitación de su personal y es el único organismo en el país que puede otorgar la certificación y autorización para la instalación de estaciones meteorológicas e hidrológicas. Esta reglamentación no se cumple y muchas instituciones tienen instalados observatorios por periodos cortos de tiempo sin siquiera reportar de su existencia al SENAMHI.

Aunque las estaciones meteorológicas dependientes del SENAMHI siguen de alguna manera las normas de instalación de la OMM, como se describe en el Capítulo 2.1.7., el Servicio tiene problemas para mantener estas estaciones operativas, pues el mantenimiento es caro y la venta de datos no genera la suficiente cantidad monetaria para realizarlo. Por ejemplo, del total mostrado, solo 33 que son las sinópticas y mantenidas por AASANA envían sus datos y están dentro del Sistema de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM) dependiente de la OMM. Estas estaciones hacen entrega de información diaria al VMM, mientras que las demás que todavía funcionan envían su información una vez al mes<sup>6</sup>. También Bolivia se encuentra incluida dentro de las Redes de Observación Sistemática incluidas dentro del SMOC como será descrito más adelante. Esta participación en Redes Globales es muy importante para el país pues permite el intercambio y recepción de información que puede ser utilizada para planes nacionales y regionales.

### 3.1. Redes de Observación Sistemática (ROSS, ROAS, VAG)

De acuerdo a sus criterios de selección basados principalmente en la calidad y cantidad de la información, la Red Observación Sistemática del SMOC (ROSS) ha incluido para Bolivia, 10 estaciones meteorológicas que se encuentran detalladas en la Tabla 5 y que son parte de la Red Nacional de Estaciones dependientes del SENAMHI y AASANA. Estas 10 estaciones han sido seleccionadas en función de la calidad de la información que generan y de la necesidad de la ROSS. Estas estaciones debieron ser ratificadas por el SENAMHI luego de su certificación por la ROSS y comenzar con el envío directo de la información a la ROSS a partir de 1997. Esto no se ha producido hasta el presente, de acuerdo a los requerimientos de la ROSS y el país no está efectivamente incluido dentro de esta red. Se espera que la ratificación se produzca próximamente y será necesaria una recomendación a los ejecutivos del SENAMHI para el cumplimiento de estos compromisos<sup>7</sup>.

Desafortunadamente en el último reporte del SMOC, Sudamérica ha sido reportada como la región que en peor estado de flujo de información se encuentra<sup>8</sup>. De hecho se reporta que del total de 120 estaciones existentes en el subcontinente, solamente el 33 % se encuentra en estado de entrega de datos satisfactoria, 16 % de las estaciones entrega la información en forma limitada, 8 % entrega la información de forma insatisfactoria y el 43 % de las estaciones

<sup>6</sup> Información oficial otorgada por el SENAMHI

<sup>7</sup> La información al respecto ha sido enviada por los ejecutivos de la ROSS en Ginebra y se la detalla en la Tabla 1.

<sup>8</sup> <http://www.wmo.ch/web/gcos/gcoshome.html>

tienen el carácter de "silenciosas", es decir que nunca enviaron información al Centro de Monitoreo de Datos del SMOC entre las que se encuentran las estaciones del país.

Como se puede apreciar en el Tabla 5 la selección de las estaciones incluidas en la ROSS, a pesar de haberse llevado adelante en función a la calidad de la información, no refleja la gran heterogeneidad climática boliviana. Bolivia se caracteriza por ser un país influenciado por diversos sistemas climáticos globales como la influencia de los trópicos, la Zona de Convergencia Inter Tropical (ZCIT), el cinturón de alta presión de la latitud 30 y otros; adicionalmente su fisiografía influenciada por la presencia de la Cordillera de los Andes, determina una extrema variación sumada a los factores anteriores. De esta manera para caracterizar el clima nacional las 10 estaciones identificadas están lejos de ser suficientes.

**Tabla 5. Detalle de las Estaciones Meteorológicas que están incluidas en el Programa ROSS.**

<b>CODIGO DE ESTACION*</b>	<b>NOMBRE DE LA ESTACION</b>	<b>LATITUD SUR</b>	<b>LONGITUD OESTE</b>
85041	Cobija	11° 02'	68° 47'
85043	Riberalta	11° 00'	66° 07'
85114	Magdalena	13° 20'	64° 07'
85141	Rurrenabaque	14° 28'	67° 34'
85207	San Ignacio de Velasco	16° 23'	60° 58'
85223	Cochabamba	17° 25'	66° 11'
85230	Charaña	17° 35'	69° 36'
85289	Puerto Suarez	18° 59'	57° 49'
85364	Tarija	21° 33'	64° 42'
85365	Yacuiba	21° 57'	63° 39'

\* Otorgado por la ROSS

Con relación a la Red Observaciones de Altura del SMOC (ROAS), esta no incluye ninguna estación en Bolivia. Sin embargo, a nivel global dentro de la Red de Observatorios de Altura de la OMM, una estación formaba parte de esta red (Alto de La Paz). Actualmente esta estación no se encuentra en funcionamiento y sus equipos son obsoletos, requiriéndose su urgente renovación para luego solicitar ser incluida en la ROAS. Se espera que el mes de Septiembre del presente año esta estación entre en funcionamiento y el país sea nuevamente incluido en esta red (De acuerdo a informes recibidos del SENAMHI)

El país no dispone de ninguna estación dentro del programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG). Se espera también que a través de un convenio ya concluido con la NASA, durante la presente gestión sean instaladas 3 estaciones dentro de la VAG en La Paz, Cochabamba y Santa Cruz (informes recibidos del SENAMHI).

El resumen de la participación del país en las redes de observación sistemática dependientes del SMOC se encuentra reflejado en la Tabla 6. Se puede apreciar por la tabla que al presente ninguna de las estaciones seleccionadas por el SMOC para ser parte de la ROSS se encuentra enviando información al Centro de Monitoreo de Datos. Por otra parte, también de acuerdo a la información proporcionada por el SENAMHI ninguna de las estaciones mencionadas en la Tabla 5, ni tampoco las otras estaciones pertenecientes a la Red Meteorológica Nacional, reciben un mantenimiento adecuado y no se encuentran en funcionamiento en concordancia con el Apéndice 2 del Formato de Presentación de informes sobre Observación Sistemática del SMOC-UNFCCC.

**Tabla 6. Resumen de la Participación de Bolivia en los Sistemas Mundiales de Observación Atmosférica**

	<b>ROSS</b>	<b>ROAS</b>	<b>VAG</b>
Cuántas estaciones tiene a cargo Bolivia?	10	0	0
Cuántas de estas estaciones están actualmente en funcionamiento?	10	0	0
Cuántas de estas estaciones funcionan de conformidad con el SMOC?	0	0	0
Cuántas se prevé que estarán en funcionamiento el 2005?	10	0	3*
Cuántas estaciones facilitan datos a centros internacionales de datos en la actualidad?	0	0	0

\* De acuerdo a información enviada por el SENAMHI, este año serán instaladas 3 estaciones para ser incluidas en esta red.

### **3.2. Redes de Observación Terrestre (GTN-P, GTN-G, FLUXNET, GOOS<sup>9</sup>)**

Bolivia forma parte de la Red Mundial de Glaciares (GTN-G) principalmente llevado por la Universidad Mayor de San Andrés y la Cooperación Francesa (IRD) conjuntamente el SENAMHI. De esta manera 1694 glaciares han sido inventariados y reportados a esta red, de los cuales solamente 2 (Tabla 7) envían información en forma periódica a la Red Mundial de Glaciares. El hecho de que Bolivia posea la gran cantidad de glaciares ya inventariados debería promover a incrementar el número de estaciones que se encuentran dentro de la Red GTN-G para mejorar el nivel de conocimiento nacional de la influencia del Cambio Climático sobre los glaciares. Esta investigación en algunos casos está siendo llevada por científicos de otros países que no siempre entregan su información a estas redes. Por ejemplo en este tópico, científicos de la Universidad de Ohio, han instalado 2 estaciones meteorológicas automáticas monitoreadas por satélite en los Nevados Sajama (Elevación 6,542 m a 18°06' S y 68°53' O) e Illimani (6,265 m elevación a 16°39' S y 67°47' O)<sup>10</sup> con el objeto de analizar el efecto del Cambio Climático en estos glaciares. Sin embargo estos observatorios no dependen de ninguna entidad nacional y hasta donde se ha reportado no entregan información a la GTN-G.

**Tabla 7. Detalle de las Estaciones de Estudio de Glaciares que están incluidas en el Programa GTN-G.**

<b>NOMBRE DE LA ESTACION</b>	<b>LATITUD SUR</b>	<b>LONGITUD OESTE</b>
Chacaltaya	16° 21'	68° 07'
Huayna Potosí	16° 15'	68° 10'

Debido a su localización en la zona tropical del planeta, Bolivia no se encuentra dentro de la zona de análisis y monitoreo de la Red Permafrost (GTN-P), por lo que no requiere poseer información dentro de esta Red. Por su situación mediterránea el país tampoco es parte de la red oceanográfica (GOOS).

<sup>9</sup> GTN-P: Red Terrestre Global de observación del Permafrost  
 GTN-G: Red Terrestre Global de observación de los Glaciares  
 GOOS: Sistema Global de Observación de los Océanos  
 FLUXNET: Red de Observación del Flujo de Dióxido de Carbono

<sup>10</sup> <http://www.geo.umass.edu/climate/bolivia/science.html>

Por otra parte, aunque se han comenzado algunos trabajos de medición de emisión de Gases de Efecto Invernadero a través del Instituto de Investigaciones Físicas, Bolivia como país no tiene ninguna estación reportando a la Red Mundial Terrestre-Carbono (FLUXNET) y a otras redes que vigilan el uso de la tierra, el flujo de CO<sub>2</sub> y el vapor de agua en el planeta (GTOS)<sup>11</sup>. Dentro de la Red FLUXNET, la Red más cercana al territorio nacional es aquella llevada por el INPE del Brasil que posee 3 estaciones de monitoreo en el Amazonas. La inclusión del país dentro de la Red FLUXNET y GTOS sería muy importante especialmente para la planificación del uso de los Recursos Naturales y para la evaluación de su capacidad de convertirse en parte activa del Programa del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

De acuerdo a las notas suplementarias para la Presentación de Informes del SMOC, dentro de las observaciones requeridas por la Red GTOS, pueden incluirse algunos parámetros como ser de observaciones fenológicas, temperatura de suelo, evapotranspiración de referencia y otros que actualmente son periódicamente recolectados por el SINSAAT. Sin embargo, el SINSAAT no se encuentra oficialmente incluido en ninguna de estas Redes. Sería importante para el país demostrar la capacidad de observación que tiene actualmente para, por medio de programas internacionales, fortalecerla adecuadamente.

El resumen de la participación de Bolivia en las Redes GTN-G, GTN-P y FLUXNET, se encuentra detallado en la Tabla 8.

**Tabla 8. Resumen de la Participación de Bolivia en los Sistemas Mundiales de Observación Terrestre**

	GTN-P	GTN-G	FLUXNET
Cuántas estaciones tiene a cargo Bolivia?	0	2	0
Cuántas de estas estaciones están actualmente en funcionamiento?	0	2	0
Cuántas se prevé que estarán en funcionamiento el 2005?	0	2	0
Cuántas estaciones facilitan datos a centros internacionales de datos en la actualidad?	0	2	0

### 3.3. Redes de Observación Satelital

Bolivia como todos los países del Globo, tiene capacidad sustantiva de uso y manejo de la información en el área de Teledetección satelital. A pesar de ello no existe en el país una organización matriz que regule estas actividades. Hasta hacen 4 años, bajo un acuerdo de investigación del medio ambiente con IRD (Francia) y la Asociación Boliviana de Teledetección y Medio Ambiente (ABTEMA), el SENAMHI realizaba esporádicamente trabajos conjuntos de análisis climáticos y calibración, recibiendo imágenes satelitales del NOAA. Sin embargo como esta capacidad de Teledetección esta sujeta a los acuerdos de cooperación técnica, la sostenibilidad a largo plazo de esta temática para Bolivia no está garantizada. Esto se complica aún más cuando se trata de estudios sobre o relacionados con Cambio Climático.

En Bolivia existen algunos centros especializados en la recepción y manejo de imágenes satelitales como el Centro de Estudios en Teledetección (CLAS) dependiente de la Universidad Mayor de San Simón o el Instituto de Ecología de la UMSA, sin embargo estos centros realizan trabajos específicos a requerimiento y no están dedicados al intercambio de información a las redes mencionadas.

<sup>11</sup> GTOS: Red Global de Observación Terrestre

### **3.4. Redes de Observación Hidrológica**

De acuerdo a información oficial otorgada por el SENAMHI, Bolivia cuenta al momento con 69 estaciones hidrológicas de escala y 46 estaciones de aforo. También cuenta con 7 estaciones satelitales internacionales en Convenio con el Gobierno Brasileño y 15 estaciones para el control de las inundaciones en la Cuenca Baja Amazónica que fueron implementadas en cooperación con el IRD. Estas estaciones podrían aportar su información a la Red Mundial de Observaciones Hidrológicas (WHYCOS), aunque actualmente lo hacen solo a solicitud específica. Por otra parte dentro de la WHYCOS, Bolivia será parte de la Red Hidrológica Regional Amazónica y la Red Hidrológica Del Plata que pronto se pondrían en funcionamiento. Como todavía estas redes no se encuentran en funcionamiento efectivo, no se tienen definidas las estaciones hidrológicas que serán parte de estas redes.

El envío e intercambio de información por parte de las estaciones hidrológicas del país no es permanente ni periódico, sino que ocurre solamente cuando algún otro miembro solicita el envío de esta información.

### **3.5. Dificultades para el intercambio de la información dentro y fuera de las redes**

Como se ha detallado en acápite previos, la participación del país en las redes de observación sistemática a nivel global, especialmente relacionadas con el Cambio Climático, es muy débil lo que condiciona y dificulta su participación como país en muchos trabajos conjuntos que serían de utilidad nacional y que al menos permitirían determinar la verdadera línea base en la que se encuentra Bolivia en el tema climático y meteorológico en general y del Cambio Climático en particular.

El SENAMHI es una institución que depende estrictamente del Presupuesto del Estado y que desde su creación no ha pasado por un proceso de institucionalización. Estos dos factores reducen la capacidad del organismo para mejorar el estado de su red nacional y esto significa poca capacidad de intercambio de información con otros países a excepción de proyectos específicos (e.g. ALT) y convenios como el llevado con el INPE. A parte de estos, Bolivia no intercambia su información hidrometeorológica en forma periódica y sistemática ni a nivel nacional ni a nivel internacional lo cual disminuye su capacidad de formular y ser parte de planes regionales de manejo de recursos naturales basados en la información hidrometeorológica y menos aún de estudios regionales o globales sobre el Cambio Climático. Al presente desafortunadamente no existe un Plan Rector Nacional destinado a fomentar este intercambio y llenar este vacío de manera que no se vislumbra soluciones concretas a futuro.

A nivel nacional el intercambio de la información tampoco es ágil pues la información sistematizada (copia electrónica) o no (copia dura) es poco accesible para el usuario común, debiéndose pagar por ella, lo cual convierte el acceso a la información hidrometeorológica en un lujo que pocas instituciones pueden pagar. Por esta razón pocas instituciones de investigación trabajan con buena calidad de datos hidrometeorológicos, llegando a extrapolar o a usar datos de otras investigaciones, para sus trabajos.

Dentro de las limitaciones que van siendo identificadas, también se puede mencionar la carencia del intercambio de información existente con otras instituciones que trabajan en el ramo. Como se mencionó previamente el SENAMHI otorga la información generada por ellos previo pago, lo que provoca que las instituciones que generan información tampoco estén dispuestas a compartir sus resultados. De esta manera la utilidad de la información generada aún bajo las condiciones previamente mencionadas se reduce sustancialmente, pues los actores de la investigación en el país no pueden utilizar esta información.

Lo anteriormente expuesto no se encuentra referido a los usos comerciales de la información meteorológica que definitivamente debe tener un costo pues el país no puede subvencionar usos particulares de la información, pero sí tiene un alto impacto en la calidad de la investigación y de las decisiones estratégicas del país.

Por otra parte, de acuerdo a una pequeña encuesta realizada a las oficinas regionales del SENAMHI se han podido evidenciar permanentes quejas de los técnicos encargados acerca de la poca disponibilidad de equipos, baja remuneración, poca retroalimentación de la información y otros problemas de logística que impiden un eficiente trabajo de las regionales.

Este último problema tiende a buscar una solución a través de la descentralización de las regionales de manera que pasen a depender de las Prefecturas. Sin embargo esta solución, si no pasa por una adecuada planificación podría convertirse en un problema adicional, pues el problema permanente de las Prefecturas es la poca continuidad del personal por problemas políticos. Bajo estas condiciones podría ocurrir que las regionales se transformen en islas con poco intercambio de información y con ningún control central que controle y regule las actividades. Esto sería sumamente peligroso para un Servicio tan estratégico, incluso a nivel de relaciones internacionales, como lo es el SENAMHI.

### **3.6. Planes y programas nacionales de fortalecimiento de las redes existentes**

El SENAMHI se encuentra en una etapa de búsqueda de financiamiento para el fortalecimiento de sus redes de observación tanto meteorológica como hidrológica. Gestiones del PNCC han permitido que Bolivia haya ratificado el Convenio del IAI (Instituto Interamericano para el estudio del Cambio Global), por lo que el SENAMHI y otras instituciones podrán trabajar en la investigación del Cambio Climático conjuntamente con instituciones de otros países de la región. Una situación diferente se presenta con el Proyecto ARAM (Acuerdo de la Red Amazónica) que está orientado al estudio de la hidrología de la Cuenca del Amazonas y que por no haber sido ratificado convierte a las instituciones bolivianas en incalificables a postular a cualquier tipo de financiamiento.

Actualmente se encuentra en pleno trámite, una solicitud de financiamiento del Programa Hidrológico Internacional para el equipamiento de observatorios hidrológicos automáticos en las Cuencas del Amazonas y del Plata, pero aún este debe seguir un trámite bastante largo de tal manera que este financiamiento no está asegurado. Por otra parte recientemente ha sido desestimada una solicitud al BID que estaba orientada al equipamiento de las oficinas regionales del SENAMHI.

Por lo mencionado, al presente se hace necesaria la elaboración de un Plan Nacional llevado adelante por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, que es la cabeza de sector del cual depende el SENAMHI, para fortalecerlo tanto logística como profesionalmente y cuya base se espera que sea el presente documento. Sin la existencia de este Plan, los otros actores de la investigación en Cambio Climático o en cualquier temática relacionada, se encuentran desorientados de las propias acciones a tomar y en muchos casos ya han decidido formar o fortalecer sus propias redes. Por ejemplo se menciona al Ministerio de Agricultura que está implementando su propia red de observación agrometeorológica a través del SINSAAAT la cual ya fue descrita. Otras instituciones han decidido asumir la responsabilidad de la toma de datos y las estaciones ya dependen de ellos aunque la información es constantemente enviada todavía al SENAMHI (e.g. Programa de Manejo Integrado de Cuencas PROMIC). Otras instituciones finalmente han establecido su propia red interna la cual no tiene ningún tipo de intercambio con el SENAMHI y que no garantiza su sostenibilidad pues tan pronto como el proyecto es cerrado, las estaciones quedan sin seguimiento o almacenadas constituyéndose en un ineficiente uso de los recursos que llegan al país

(Proyecto de Manejo Integrado de la Cuenca del Yapacaní MACUZY, Cámara Agropecuaria del Oriente CAO, etc.).

### **3.7. Investigación realizada en la temática del Cambio Climático**

La investigación relacionada con la temática del Cambio Climático es muy reducida en Bolivia, pues esta no está priorizada dentro de las políticas de investigación del país, a pesar de que en las últimas dos décadas este se encuentra azotado por diferentes eventos extremos meteorológicos que hacen presumir la presencia del Cambio en mayor o menor grado.

La escasa investigación sobre la temática ha sido fomentada por el Programa Nacional de Cambios Climáticos a través de convenios bilaterales. Otras agencias de financiamiento desestiman este tipo de investigación por diversas razones que sin embargo concluyen en el mismo resultado es decir poco análisis y trabajo concreto en el área climática. Este factor negativo está influenciando fuertemente por ejemplo la orientación de las Tesis de Grado en las Universidades que son una muy importante fuente de investigación en el país. Dado que no existen líneas de financiamiento en el área del Cambio Climático y que es tan difícil y tan cara la obtención de la información para ello, las Tesis en el área prácticamente no existen si no es a través del Programa Nacional de Cambios Climáticos que no tiene capacidad logística ni económica para hacerlo en gran escala.

Como referencia se citan los trabajos realizados sobre aspectos concretos de Cambio Climático por el Programa Nacional de Cambios Climáticos:

- 1997. Vulnerabilidad y adaptación de los ecosistemas al posible Cambio Climático y Análisis de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero.
- 1997. Inventario de Gases de Efecto Invernadero Bolivia – 1990.
- 1999. Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático.
- 2000. Escenarios Climáticos, Estudio de Impactos y Opciones de Adaptación al Cambio Climático.
- 2000. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia del año 1994.
- 2000. Primera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático.
- 2000. Análisis de Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
- 2000. Estrategia Nacional de Implementación de la Comunicación Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- 2000. Vulnerabilidad y Adaptación de la Salud Humana Ante los efecto del Cambio Climático en Bolivia.



## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

El presente trabajo ha permitido identificar un fuerte vacío y falta de apoyo y soporte a la observación sistemática hidrometeorológica en Bolivia, tanto de instituciones estatales como privadas.

En primer lugar se puede concluir de los resultados del trabajo que la principal institución funcionando relacionada con la generación de información hidrometeorológica es el SENAMHI, a pesar de la existencia de otras redes nacionales. Estas otras redes (AASANA, SINSAAAT) en forma permanente interactúan con el SENAMHI, a través del envío de su información o de convenios interinstitucionales. Además de estas, existen instituciones que trabajan en el área hidrometeorológica que en algunos casos son usuarias de los datos del SENAMHI, AASANA y/o SINSAAAT o en otros cuentan con sus propios observatorios los que pueden o no enviar su información al SENAMHI.

A pesar de la existencia de tal cantidad de instituciones recolectando en mayor o menor grado información hidrometeorológica, ninguna de todas las que trabajan en el país realiza un trabajo de análisis climático que es mucho más profundo y requiere de mayor precisión y que sin embargo es de extrema importancia con fines de planificación.

Paralelamente, a pesar de existir numerosas instituciones trabajando en el área hidrometeorológica, el SENAMHI es la única institución nacional que oficialmente se encuentra enlazada a las redes de Vigilancia Meteorológica Mundial (VMM), Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC), Red de Observación de Superficie del SMOC (ROSS), y otras redes globales de observación climática y/o meteorológica, por lo que la importancia de este Servicio se incrementa aún más dentro de las estrategias globales del país. También desde el punto de vista del trabajo sobre tópicos relacionados con el Cambio Climático, el SENAMHI es una institución determinante para cualquier tipo de trabajos relacionados con la investigación en el área. Finalmente desde una visión estratégica, el SENAMHI también se constituye en un Servicio sumamente importante del país pues bajo las actuales consideraciones de la competencia por el uso de Recursos Naturales especialmente el agua, es imprescindible contar con información clara y confiable sobre cualquier decisión política y de gestión de este recurso.

A pesar de todo lo mencionado, el SENAMHI no recibe el apoyo suficiente del gobierno para su fortalecimiento y/o reestructuración ni tampoco internamente lleva adelante un verdadero esfuerzo por salir de la crisis institucional en la que se encuentra. El SENAMHI ha perdido confiabilidad de parte de los usuarios o potenciales usuarios quienes prefieren esquivar el uso de la información hidrometeorológica o la reemplazan por estimaciones o finalmente utilizan otros medios para obtener la información necesaria. Se ha podido evidenciar que menos del 50 % de las estaciones hidrológicas y meteorológicas alguna vez instaladas en el país se encuentran funcionando al presente, quedando en incógnita el estado de las restantes y el destino de los equipos que en ellas se encontraban. Por otra parte menos del 5 % del total de estaciones tiene los registros completos desde el momento de su instalación hasta el presente o hasta su cese de actividades y en muy pocas se hace un real análisis de calidad de información a excepción de aquellas llevadas por AASANA.

Por otra parte la distribución de las estaciones dista mucho de ser la ideal sugerida por la OMM, peor aún considerando que solo la mitad se encuentran en funcionamiento. Solo las áreas altas y planas del país (Altiplano) cumplen aproximadamente los requerimientos de densidad de estaciones y esto empeora considerando que no todas las estaciones funcionan actualmente. Esto contribuye a que no se puedan generar informes confiables de isoyetas, climadiagramas y otros productos tan necesarios en el país. Al presente no existe ningún

trabajo confiable llevado adelante ya sea por el SENAMHI, por una de las otras redes existentes o por otra institución adicional acerca de la caracterización climática del país, lo cual demuestra en pocas líneas las limitaciones existentes a pesar de que la información generada por el SENAMHI debería ser esencialmente climática pues el análisis sinóptico meteorológico se lo realiza en AASANA con algunos intentos recientes del Departamento de Meteorología de realizar pronósticos. En conclusión se puede decir que el país al presente no cuenta con una red Hidrometeorológica confiable que pueda caracterizar y describir el clima a nivel nacional ni mucho menos llevar adelante análisis de tendencias, cambios u otras variaciones climáticas que deberían ser percibidas. Por ello tampoco se pueden realizar análisis probabilísticos de la ocurrencia de desastres naturales ni eventos extremos para enfatizar en planes y políticas a largo plazo ya sea de infraestructura, salud, educación y otros.

Desde el sector estatal, se puede detectar una falta de apoyo gubernamental para llevar adelante el mejoramiento institucional del SENAMHI, pues no se cubre con las cuotas de los Organismos que podrían ayudar a mejorar la situación ni tampoco se lleva adelante ningún plan de institucionalización y fortalecimiento. Los niveles salariales se encuentran entre los más bajos de la administración pública por lo que los profesionales con elevada formación académica no expresan interés en ser parte de la institución. De esta manera el problema se encuentra en círculos pues no existen programas agresivos de fortalecimiento ni quien los realice y por ello no se presentan ni elaboran dichos programas.

Desde el punto de vista de las Redes Internacionales del Sistema Mundial de Observación del Clima a las que pertenece Bolivia, la única en la que la inclusión es un hecho es la Red de Observaciones de Superficie del SMOC (ROSS) que incluye estaciones a cargo de AASANA y cuya información es recibida y administrada por el SENAMHI, sin embargo las estaciones en ella incluidas no envían información a la ROSS desde su formación. Las estaciones tampoco han sido ratificadas por el SENAMHI y el número y localización de estas estaciones dista mucho de ser suficiente para la caracterización del clima nacional. El mantenimiento de las estaciones, por otra parte, no sigue de ninguna manera las líneas y recomendaciones establecidas en el Apéndice 2 de los Principios de Vigilancia del Clima del SMOC principalmente por falta de recursos y de organización interna del SENAMHI.

Dentro de las Redes de Observación Terrestre, el país está incluido en la Red Mundial de Glaciares a través del Instituto de Hidráulica e Hidrología que garantiza su sostenibilidad, pero el número de glaciares incluidos es muy reducido pues de un total de 1694 glaciares inventariados en Bolivia solo se envía información de 2 al Centro de Datos. La Red GTOS podría cubrir parte de sus requerimientos de toma de datos con observaciones llevadas por el SINSAAAT, pero este no se encuentra incluido en estas redes. El país no cuenta con ninguna estación incluida en la Red FLUXNET ni está activamente incluido en la Red WHYCOS pues solo intercambia información a solicitud expresa de algún organismo internacional.

Las otras instituciones relacionadas con la toma de datos hidrometeorológicos a nivel nacional presentan limitaciones inherentes a sus características propias que impiden optimizar la calidad y el acceso a la información hidrometeorológica. AASANA se encuentra atravesando un periodo de crisis por los procesos de capitalización y reducciones presupuestarias, aunque su personal se encuentra muy bien formado y la calidad de la información que genera es buena. Por su parte el SINSAAAT se encuentra en una fase inicial de sus actividades habiendo instalado un número limitado de estaciones automáticas aunque se prevé la extensión del programa con un mayor número de estaciones. La calidad de la información por ellos generada es buena o muy buena pues no depende del factor humano y desaparece cualquier subjetividad. Sin embargo la recolección de la información no siempre es oportuna y en muchos casos se la realiza luego de largos periodos por lo que muchas veces pierde su oportunidad. Se están trabajando planes para solucionar estos aspectos junto con las

Prefecturas pero la sostenibilidad no está garantizada. La información generada es gratuita y de amplia distribución, especialmente en el ámbito rural, pero sus récords son cortos y poco útiles para análisis estadísticos profundos orientados al análisis climático.

También se pudo apreciar que en forma aislada diversas instituciones llevan adelante sus propios programas de observación hidrometeorológica, sin intercambio con el SENAMHI ni de información básica ni de productos, lo cual es lamentable para el país pues información muy valiosa y estratégica se encuentra distribuida y no existe ninguna institución que la reúna. Diversas instituciones realizan investigación hidrometeorológica sin seguir ninguna línea ni dirección concreta ni informar al respecto a ninguna entidad rectora nacional. Estas instituciones demuestran su capacidad investigativa a través de los proyectos y publicaciones por ellas realizadas, pero sus esfuerzos muchas veces se diluyen por la falta de orientación hacia los requerimientos específicos del país.

En todos los casos el acceso a la información hidrometeorológica generada es muy difícil y complicado pues se ha creado un ámbito de recelo para el intercambio de información. Esta actitud perjudica al país pues al no haber un ambiente de flujo informativo amplio, mucha investigación se está perdiendo en los estantes de las instituciones que las generan corriéndose el riesgo de que se repitan trabajos y esfuerzos, lo cual debería ser inadmisibles en un país en desarrollo que debe ahorrarlos como Bolivia.

La investigación en el área climática en general y de Cambio Climático en particular tampoco tiene un lugar privilegiado, llegando al extremo de que ninguna institución financiera apoya esta línea de investigación con lo que la generación de diagnósticos, tecnologías y otros productos de suma importancia se ha detenido casi completamente. En el área de Cambio Climático solo se han realizado investigaciones liderizadas por el PNCC pero su escala es muy pequeña lo que disminuye su alcance y efectividad.

## RECOMENDACIONES

Dada la difícil y complicada situación de los sistemas de observación hidrometeorológica es urgente la acción de llevar adelante un Plan que incluya un Programa de actividades orientadas a regular y ordenar la actividad de generación de información hidrometeorológica en Bolivia. Este Plan debe responder a las necesidades nacionales de información confiable que sirva de base para contar con estudios básicos sobre la caracterización climática e hidrológica del país así como también debe responder a la solicitud de la comunidad internacional de contar con información confiable de Bolivia sobre el estado del sistema climático en el territorio nacional y su relación con la región y el planeta. Para ello se debe buscar opciones para facilitar el flujo de información hidrometeorológica dentro y fuera del país, pues la principal limitante encontrada para cualquier acción en el campo hidrometeorológico es la dificultad de contar con información adecuada para ello.

En esta tónica, al presente es imprescindible y urgente llevar adelante un Plan y Programa de fortalecimiento del SENAMHI, orientado desde la institucionalización hasta la reestructuración del Servicio. Se requiere un fuerte impulso hacia el Servicio que sea llevado por instituciones nacionales y con la cooperación de agencias internacionales que de alguna manera se ven forzadas a apoyar estas actividades para cumplir con las necesidades globales de información hidrometeorológica confiable.

Es también importante promover en el país la incorporación en Redes Internacionales a las cuales no pertenece como la ROAS, la GTOS, FLUXNET y otros si no es posible como aportantes de datos, en calidad de receptores de información, pues la falta de información precisa y oportuna impide la formulación de políticas coherentes.

Dentro de la ROSS, se debe intentar incluir otras estaciones que realmente reflejen la variación del clima a nivel nacional, considerando toda la variación espacial y fisiográfica que existe en Bolivia. Las estaciones ya incluidas así como las que sería incluidas deben ser garantizadas en su funcionamiento con permanente mantenimiento de manera de que el país se convierta en fuente de aporte de información precisa y confiable. También es necesario estimular a la planta ejecutiva del SENAMHI para que proceda a la ratificación de las estaciones incluidas en la ROSS y que se intente comenzar con el envío de información a esta Red.

Para todo lo mencionado la principal limitante es el vacío institucional que demuestra la actividad hidrometeorológica en el país. Por ello una decisión gubernamental muy útil y práctica sería la creación de una institución supraministerial que sea la encargada de regular toda la actividad investigativa y estratégica en el campo hidrometeorológico. Se podría sugerir la formación de un Centro Superior de Investigación Climática, similar a los existentes en otros países y que regulan toda la actividad en esta área temática. También se puede sugerir el apoyo decidido a programas de sistematización de la información existente en el país tanto en el SENAMHI como en otras instituciones y que por lo menos los datos generales se encuentren a la disposición de los usuarios a través de medios de difusión amplia como páginas Web o CD's interactivos como aquellos publicados por el IGM. Esta sistematización de la información, sin embargo, debe pasar por un estricto control de calidad de la información generada lo cual podría ser llevado adelante con ayuda de las Estaciones Automáticas del SINSAAAT para el control paralelo y la comparación por pares de los datos registrados.

Paralelamente se debería hacer un seguimiento a la situación de los instrumentos del más del 50 % de las estaciones que actualmente no funcionan, para considerar la posibilidad de rehabilitar estas estaciones o en su caso de instalar otras nuevas. La instalación de nuevas estaciones, por otra parte debe seguir un plan nacional de acuerdo a los requerimientos del

país, pues lamentablemente continúan y continuarán existiendo financiamientos dedicados al equipamiento y compra de estaciones hidrometeorológicas no solo al SENAMHI sino también a otras instituciones, que a veces refuerzan áreas que ya tienen el número suficiente de estaciones, mientras que aquellas que requieren de estaciones no se benefician con este tipo de cooperación. Esto sería solucionado a través de un ente rector de toda la actividad hidrometeorológica en el país pues esta es una actividad estratégica nacional.

Debe también prepararse un programa periódico de revisión de la calidad de la información recibida pues de otra manera se continuará con información de mala calidad. Para ello se requiere analizar en forma profunda la información existente, tal vez por medio de una Consultoría Externa que vaya más allá de los alcances del presente trabajo y no solo revise el número o tipo de estaciones sino también el contenido de la información que ha sido generada por estas estaciones.

Al presente se nota claramente la importancia de llevar adelante una Evaluación más profunda del trabajo realizado por el SENAMHI con respecto a los convenios que lleva o ha llevado adelante y analizar la pertinencia y oportunidad para plantear nuevos Planes y Programas de fortalecimiento que permanentemente se han realizado pero que no parecen tener resultados en cuanto a la mejora concreta de servicios ofertados.

Finalmente sería oportuno llevar adelante un programa de capacitación sobre el Cambio Climático y los requerimientos investigativos sobre el tema pues se ha podido percibir mucho desconocimiento de los conceptos básicos y procesos de investigación mal orientados dentro de la temática. Como referencia se tiene que la poca investigación concreta llevada en el tema ha sido guiada por el Programa Nacional de Cambios Climáticos.

### **OBSERVACIONES FINALES**

La información utilizada en el presente documento ha sido obtenida de diferentes fuentes que en muchos casos a pesar de ser oficiales presentan contradicciones entre sí lo cual demuestra que el país tiene su información hidrometeorológica dispersa y contradictoria. Esto llama a una reflexión profunda acerca de la necesidad de un trabajo intenso de revisión y control de esta información el cual debería ser llevado prontamente.