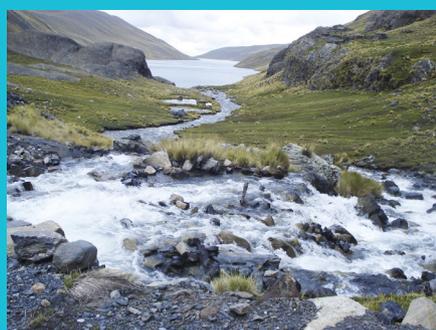


# GUÍA PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

EN CUENCAS DE MONTAÑA, BAJO EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO





# GUÍA PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

EN CUENCAS DE MONTAÑA, BAJO EL EFECTO  
DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**Título:** Guía para la Gestión de Recursos Hídricos  
en Cuencas de Montaña bajo el Efecto del cambio  
Climático

**Editor:** CAF

**Equipo de trabajo CAF:**

Ligia Castro, Directora Ambiente y Cambio Climático  
Edgar Salas, Ejecutivo Principal

**Coordinadora:**

Tatiana Kucharsky

**Equipo de consultores:**

Carlos Olmos  
Edson Ramírez  
Humberto Sainz  
José Teijeiro  
Socorro Peñaloza  
David Rojo  
Claudia Vargas  
Luis Iturry

**Fotografías:**

Tatiana Kucharsky

**Depósito legal:** 4-1-2662-14

**Diseño gráfico:**

Molina&Asociados

Impreso en Bolivia

La versión digital de este libro se encuentra en:  
[www.caf.com/publicaciones](http://www.caf.com/publicaciones)

© 2014 Corporación Andina de Fomento

# CONTENIDO

---

PALABRAS PRELIMINARES	11
1. FASE I. PLANIFICACIÓN	23
2. FASE II. DIAGNÓSTICO	31
2.1. Análisis de la disponibilidad de agua considerando el cambio climático	35
2.1.1. Determinación de la disponibilidad de agua	37
2.1.1.1. Área de trabajo, disponibilidad y conformación de la base de datos	37
2.1.1.2. Determinación del aporte de la cuenca	45
2.1.1.3. Análisis de demandas de agua	52
2.1.1.4. Estimación preliminar de la necesidad de regulación del recurso	55
2.1.2. Análisis y determinación de posibles escenarios de cambio de valor, de variables de las cuales depende la disponibilidad de agua (Escenarios de cambio climático)	58
2.1.2.1. Revisión bibliográfica de las investigaciones en la zona de estudio (P y T u otros parámetros identificados por el analista)	59
2.1.2.2. Análisis de rupturas de la homogeneidad del registro (P y T u otros parámetros identificados por el analista)	60
2.1.2.3. Posibles tendencias a la concentración de la precipitación	61
2.1.2.4. Determinación de los escenarios (atribuibles al cambio climático) de variación de los parámetros de las cuales depende la disponibilidad de agua	62
2.1.3. Análisis de escenarios del cambio climático	63
2.1.3.1. Modelo de balance hidrológico. Determinación de la posible influencia del cambio climático. Importancia del aporte glaciar	67
2.1.3.2. Determinación del aporte de otras unidades de regulación naturales	75
2.1.3.3. Redacción de memorias de conclusión de la potencial influencia del cambio climático en la disponibilidad del agua y en su dinámica hidrológica anual	75
2.1.3.4. Consideración de otros aspectos del cambio climático en la modelación hidrológica	76

2.1.4. Análisis diferencial de la disponibilidad de agua con y sin cambio climático	78
2.1.5. Cómo se presentan las conclusiones	80
2.2 Diagnóstico ambiental	80
2.2.1. Diagnóstico del medio físico	83
2.2.1.1. Clima	83
2.2.1.2. Recursos hídricos	85
2.2.1.3. Geología y geomorfología	89
2.2.1.4. Suelos	91
2.2.2. Diagnóstico del medio biótico	95
2.2.2.1. Flora	95
2.2.2.2. Fauna	102
2.2.3 Diagnóstico del medio sociocultural y socioeconómico	106
2.2.3.1. El diagnóstico sociocultural	106
2.2.3.2. El diagnóstico socioeconómico	112
2.2.3.3. Cómo presentar las conclusiones del diagnóstico sociocultural y socioeconómico	125
2.2.4. Análisis de riesgos hidrometeorológicos	125
2.2.4.1. Recopilación de información	126
2.2.4.2. Determinación de amenazas en la cuenca	127
2.2.4.3. Establecimiento de la vulnerabilidad	128
2.2.4.4. Evaluación de riesgos	129
2.2.4.5. Cómo presentar las conclusiones del análisis	129
2.3. Análisis jurídico legal	129
2.3.1. Revisión y análisis del marco normativo vigente	130
2.3.2. Revisión y análisis del marco institucional vigente	131
2.3.3. Cómo presentar las conclusiones del análisis jurídico	132
2.4. Mapa de actores	132
2.5. Cómo presentar las conclusiones globales del diagnóstico ambiental	133
3. FASE III. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN	135
3.1. Identificación de impactos sobre los factores ambientales	139
3.1.1. Efectos sobre el recurso agua	139
3.1.2. Efectos sobre los ecosistemas	140
3.1.3. Efectos sobre el área socioeconómica	143
3.1.4. Efectos socioculturales	144
3.2. Planteamiento de medidas de adaptación al cambio climático	145
3.2.1. Medidas de adaptación: Eje Agua	148
3.2.1.1. Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos	148
3.2.1.2. Estructuración clara de los planes	149

3.2.1.3. Gestión de la demanda	149
3.2.1.4. Diseño y uso de instrumentos de cambio social	150
3.2.1.5 Instrumentos regulatorios	150
3.2.1.6. Instrumentos económicos	150
3.2.1.7. Manejo e intercambio de la información	151
3.2.1.8. Planificación de la infraestructura necesaria	151
3.2.1.9. Planificación de la gestión de riesgo	152
3.2.2. Medidas de adaptación: Eje Ecosistemas	152
3.2.2.1. Medidas de adaptación de los ecosistemas	153
3.2.2.2. Medidas de adaptación en agroecosistemas productivos	155
3.2.2.3. Medidas de adaptación en ecosistemas naturales y sistemas forestales	160
3.2.3. Medidas de adaptación: Eje Socioeconómico	163
3.2.4. Medidas de adaptación: Eje Sociocultural	167
3.2.5. Valoración económica de las medidas de adaptación	167
4. FASE IV. PLAN DE MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA	171
4.1. Plan de manejo	174
4.2. Gestión integral de la cuenca	181
GLOSARIO	185
BIBLIOGRAFÍA	192
ACRÓNIMOS EMPLEADOS	212
ANEXOS	(Ver CD Adjunto)



# FIGURAS

---

Figura 1. Esquema base para el análisis de disponibilidad de agua	36
Figura 2. Procedimiento para el analisis de la disponibilidad de agua	36
Figura 3. Resumen de parámetros (datos) que serán empleados en los análisis sugeridos	41
Figura 4. Ejemplo de análisis “uno a uno” entre datos de dos estaciones	43
Figura 5. Conformación de la base de datos	44
Figura 6. Ejemplo de visualización de parámetros de diferente rango de valor (uso de valores centro reducidos)	47
Figura 7. Verificación de la aplicación de una función de distribución de probabilidad	48
Figura 8. Aplicación de distintas funciones de distribución de probabilidad	49
Figura 9. Visualización del comportamiento de Q, P en relación con el Cesc	51
Figura 10. Análisis de variabilidad climática	52
Figura 11. Usuarios y demandas	55
Figura 12. Ejemplo: Operación de una estructura de regulación para cubrir la demanda en función a la disponibilidad de agua	57
Figura 13. Necesidad de regulación	58
Figura 14. Análisis de diferencia de medias, antes y después de rupturas de homogeneidad en los datos	61

Figura 15. Escenarios de cambio climático (rangos de variación de parámetros de los cuales depende la disponibilidad de agua)	63
Figura 16. Escenarios de variación de P y T y su impacto en el valor del escurrimiento (ejemplo)	65
Figura 17. Escenarios de variación de P y T y la potencial variación de la dinámica del escurrimiento a lo largo del periodo de análisis (ejemplo)	65
Figura 18. Escenarios de variación de la concentración de la P y su impacto en el valor del escurrimiento (ejemplo)	66
Figura 19. Escenarios de variación la concentración de la P y la potencial variación de la dinámica del escurrimiento a lo largo del periodo de análisis (ejemplo)	66
Figura 20. Potencial influencia del cambio climático	76
Figura 21. Efectos diferenciales. Situación con y sin cambio climático	80
Figura 22. Flujo metodológico, por etapas, actividades y productos (sistematizaciones y mapas)	96
Figura 23. Valor económico de los servicios ambientales	124
Figura 24. Líneas de acción para las medidas de adaptación sugeridas	146
Figura 25. Actividades de adaptación a los impactos del cambio climático	155

# TABLAS

---

Tabla 1. Ejemplo: Planilla de cálculo para determinar el requerimiento de almacenaje en estructuras de regulación	56
Tabla 2. Parámetros físico químicos y métodos o normas de análisis de muestras de suelos para determinar su calidad	92
Tabla 3. Parámetros físico químicos y métodos o normas de análisis de muestras de suelos para el estudio morfológico, de fertilidad y para clasificación	93
Tabla 4. La línea de base	114
Tabla 5. Vulnerabilidad a los impactos del cambio climático	118
Tabla 6. Indicadores del impacto sobre los ecosistemas	140
Tabla 7. Clasificación de los indicadores del clima como indicadores bioclimáticos	142
Tabla 8. Principales rubros y productos de funciones ambientales de los bosques.	162
Tabla 9. El aspecto económico de las medidas de adaptación: un ejemplo	164
Tabla 10. Bienes y funciones ambientales	165
Tabla 11. Identificación de criterios de priorización	178
Tabla 12. Importancia asignada a cada ponderador	179
Tabla 13. Calificación de los criterios de ponderación de los programas	180
Tabla 14. Resultados de la priorización de programas	181



*Parque Nacional Sajama*



# PALABRAS PRELIMINARES



# PRÓLOGO

---

La *Guía para la gestión integral de recursos hídricos en cuencas de montaña bajo el efecto del cambio climático*, desarrollada como parte de la agenda ambiental regional de CAF - banco de desarrollo de América Latina, surge ante la necesidad de incorporar el análisis de los efectos del cambio climático en, principalmente, proyectos de aprovechamiento del recurso agua, con la óptica del manejo integral de cuencas hidrográficas.

Uno de los tópicos más importantes de la metodología presentada en esta Guía, que se constituye además en el principal aporte de ella, es el relacionado con la definición de la disponibilidad de agua en la cuenca, considerando el cambio climático. Este indicador se logra inferir a través de un análisis de escenarios hidrológicos, que emplea parámetros básicos como la precipitación y temperatura, información que puede encontrarse fácilmente en las cuencas estudiadas o sus inmediaciones. Este aspecto es muy importante, ya que si bien existen otras metodologías, éstas requieren de una gran cantidad de variables, no necesariamente determinantes, sobre las cuales no se cuenta con información sistematizada, más aún si se considera que una dificultad característica es la carencia o la limitada información meteorológica sobre las cuencas del montaña, en particular del área andina, a consecuencia del complicado acceso a las zonas altas donde se ubican las cabeceras de cuenca. En el área hidrológica, la metodología además incluye el análisis de la pérdida de la masa de glaciares atribuible al cambio climático, asunto de gran relevancia en aquellas cuencas en las que el aporte de glaciares condiciona la disponibilidad de agua para el consumo.

El enfoque de gestión integral de recursos hídricos, presentado en la Guía, permite reconocer la importancia de los factores ambientales característicos de una cuenca, que a su vez son afectados por los cambios en el clima; desde el diagnóstico ambiental de la cuenca, se van identificando las alteraciones de los recursos físicos, bióticos y humanos. Se debe destacar también la incorporación en la metodología que presenta la Guía de un componente de acompañamiento de los actores sociales, a lo largo de todo el proceso, el cual garantiza la participación activa de los pobladores de la cuenca, la recuperación de saberes preexistentes, y la estructuración conjunta de los programas requeridos para un aprovechamiento sostenible del agua y de las actividades que se desarrollan en torno a este recurso. La Guía plantea de forma genérica medidas de adaptabilidad al cambio climático, las cuales se pueden desarrollar siempre como parte de una gestión integral de los recursos; asimismo, se presenta una innovadora metodología para la priorización de intervenciones en la cuenca a través de un análisis multicriterio.

En la Guía se incorporan investigaciones de relevancia en las diferentes temáticas abordadas, y una vasta bibliografía que incluye enlaces a páginas de Internet, los cuales permiten un rápido acceso a material académico y técnico, bases de datos, software y estudios de caso; todo esto facilita la consulta y la actualización continua de la metodología aquí presentada.

La *Guía para la gestión integral de recursos hídricos en cuencas de montaña bajo el efecto del cambio climático* se constituye en un aporte para un mejor manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos y de otros recursos en las cuencas que están sufriendo alteraciones por las modificaciones en el régimen climático.



# INTRODUCCIÓN

---

Uno de los temas prioritarios identificados en la agenda ambiental regional de la CAF - banco de desarrollo de América Latina, es la búsqueda de las estrategias necesarias para dar respuesta a las demandas de abastecimiento de agua para el consumo, que consideren los principios de manejo integral de los recursos hídricos en una cuenca e introduzcan, además, los efectos que genera el cambio climático.

Por esta razón, CAF ha propiciado, en la gestión 2010-11, la elaboración de la “Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, considerando el efecto del cambio climático”, que toma como referencia el estudio de caso de la cuenca Kaluyo, ubicada en La Paz, Bolivia [2.1.1-1].

El estudio de caso enlaza una serie de problemas, por lo que es posible extrapolar el análisis y el planteamiento de soluciones a otros ámbitos. La cabecera de la cuenca Kaluyo está conformada por glaciares que se encuentran en pleno retroceso; en ella, además está presente una diversidad de actividades económicas y particularidades de tipo social. La cuenca cuenta con bofedales muy sensibles al cambio climático y una ciudad, El Alto, con una elevada tasa de crecimiento y cada vez más necesitada de nuevas fuentes de agua para consumo humano, dada la imposibilidad de cubrir este requerimiento con las fuentes actuales.

La presente Guía recoge el estudio de caso y otras experiencias parecidas en los países andinos, y sistematiza el proceso que debería seguirse para identificar la disponibilidad de agua en una cuenca considerando el cambio climático, y para garantizar su aprovechamiento a través de la gestión integral de la cuenca; la metodología también proporciona elementos que permiten la mitigación de los efectos del cambio climático por medio del enfoque de “adaptación”.



# SÍNTESIS DE LA METODOLOGÍA

La gestión integral de cuencas considerando el cambio climático se estructura en cuatro fases:

Fase 1: Planificación.

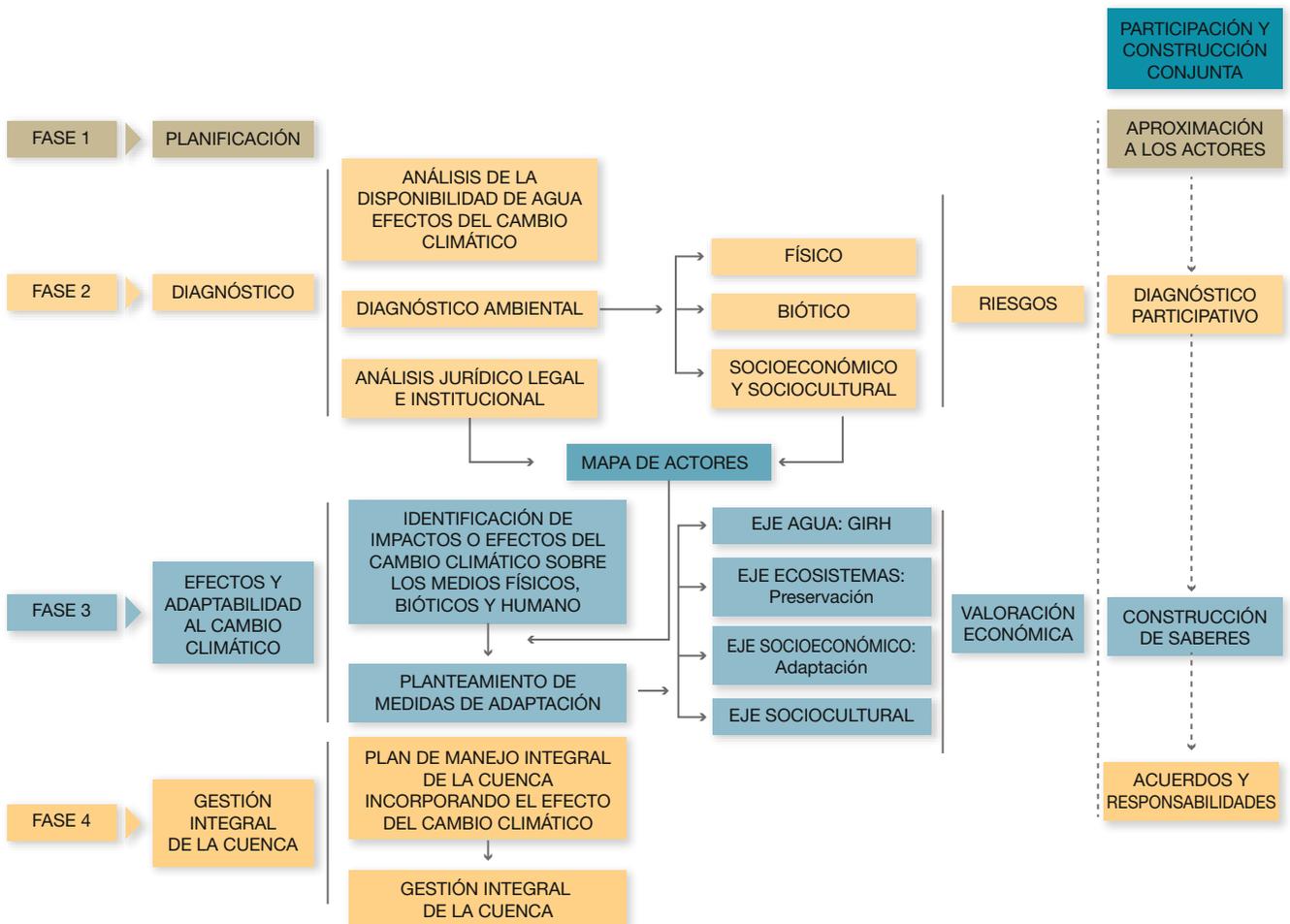
Fase 2: Diagnóstico (hidrológico, ambiental, jurídico legal e institucional).

Fase 3: Identificación de impactos del cambio climático y planteamiento de medidas de adaptación.

Fase 4: Plan de manejo y gestión integral de la cuenca.

El siguiente esquema muestra cómo se estructura la metodología de esta Guía:

## SÍNTESIS DE LA ESTRUCTURA DE LA METODOLOGÍA



La Fase 1, planificación, abarca las actividades preparatorias para la ejecución de las fases posteriores. Considera las reuniones iniciales con los responsables, la delimitación preliminar del área en estudio, su reconocimiento de campo, la identificación preliminar de los actores en la cuenca y la estructuración de estrategias de participación. Esta Fase concluye con la elaboración del plan de trabajo, la determinación de requerimientos instrumentales y logísticos generales, el cronograma y la definición de los productos a presentar.

La Fase 2, diagnóstico, tiene tres componentes: 1) Los estudios hidrológicos que permiten identificar cómo se manifiesta el cambio climático y cuáles son sus efectos sobre el retroceso de los glaciares y sobre la disponibilidad del agua; 2) el diagnóstico ambiental, a partir del cual se contará con una línea base completa del medio físico (clima, agua, geología y geomorfología, suelos), del medio biótico (flora y fauna), del medio socioeconómico (actividades económicas) y del medio sociocultural. Adicionalmente, sus conclusiones remarcarán los efectos que el cambio climático estaría ocasionando en esas áreas; complementariamente se incluye un análisis de riesgos hidrometeorológicos; 3) el análisis jurídico legal e institucional bajo el cual se desarrollará el plan de manejo de la cuenca.

En la Fase 2, se construye también el denominado mapa de actores, en base a los resultados del análisis jurídico legal e institucional, y a los resultados del diagnóstico socioeconómico y sociocultural. El mapa de actores proporciona la estructura clara de quiénes intervienen en la cuenca y sus interrelaciones; este mapa se emplea posteriormente en la Fase 3 para el planteamiento de medidas de adaptación.

La Fase 3, identificación de efectos del cambio climático y planteamiento de medidas de adaptación, interrelaciona los efectos del cambio climático y la disponibilidad de agua, definidos en el diagnóstico hidrológico, respecto a los factores ambientales analizados: medio físico, biótico y humano. Esta Fase concluye con el planteamiento de medidas de adaptación al cambio climático, en cuatro ejes que se complementan: agua, ecosistemas, eje socioeconómico y eje sociocultural, sobre los cuales se realiza un análisis económico para determinar los costos de las medidas. Es importante puntualizar que para la consideración de las medidas de adaptación también se toma en cuenta los resultados del análisis jurídico legal e institucional elaborado en la Fase 2 de diagnóstico, ya que la normativa condicionará el tipo y la forma de las intervenciones en la cuenca.

La Fase 4 compila las medidas de los diferentes ejes de adaptación en programas que formarán parte del plan de manejo de la cuenca, plan que a su vez será efectivo a partir de la definición de un sistema de gestión, manejado por un grupo de actores cuya forma de identificación también es planteada en el presente documento.

En paralelo a todas las fases descritas va el componente “Participación y construcción conjunta”, el cual, como su denominación indica, incorpora la participación de los diferentes actores de la cuenca en todo el proceso de elaboración del estudio; la construcción conjunta requiere una constante retroalimentación entre actores y responsables del estudio.

En la Fase 1, el componente de participación se desarrolla bajo el nombre de “Aproximación a los actores”. En este periodo se identifican de forma preliminar los actores de la cuenca y se inician los primeros acercamientos. En la Fase 2, el diagnóstico participativo, se facilita la recopilación de información primaria en todas las áreas, además que se permite la incorporación de las inquietudes y necesidades de la población emplazada al interior de la cuenca. En la Fase 3, la participación de los actores locales es fundamental en la construcción de saberes; en esta Fase los responsables del estudio reciben información sobre una serie de medidas de adaptación que suelen aplicarse en la cuenca, ya sea por costumbres o por medidas previas aplicadas por los programas externos. En la

Fase 4, en el área social se trabaja en “acuerdos y responsabilidades”, es decir que se define el sistema de gestión y la estrategia de implementación del plan de forma conjunta con los actores locales y otros.

Con el desarrollo de las fases propuestas, junto con el componente de participación y construcción conjunta, se logra el objetivo del estudio, garantizar la disponibilidad de agua en el presente y futuro, en el marco de la gestión integral de la cuenca.

## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA GUÍA

---

### OBJETIVOS

Los objetivos generales de la *Guía para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, considerando el cambio climático*, son:

- Identificar la disponibilidad de agua en la cuenca considerando el cambio climático.
- Planificar la disponibilidad de agua en el presente y futuro, a través de la gestión integral de cuencas.

Los objetivos específicos de la Guía que permiten alcanzar el objetivo general son:

- Establecer los efectos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua.
- Identificar, evaluar y proyectar los efectos del retroceso de los glaciares sobre la disponibilidad del agua.
- Identificar y analizar el componente de demanda.
- Elaborar una línea base ambiental de la cuenca.
- Establecer escenarios de aprovechamiento de los recursos hídricos con el enfoque de manejo integral de la cuenca.
- Elaborar un plan de manejo de la cuenca.
- Establecer elementos de gestión del plan.

### CONSIDERACIONES GENERALES

Tomando en cuenta que la metodología se desarrolló en base al estudio de una cuenca piloto, es importante mencionar las condicionantes de su aplicación:

- La metodología se aplica a cuencas que se encuentren en el área andina y subandina.
- Las cuencas de análisis pueden tener o no aporte glaciar.

- Las cuencas de análisis pueden tener, o no, un aprovechamiento de agua.
- En el área biótica, la metodología considera parámetros propios de las “zonas de vida” que guardan similitud entre los países andinos con similares rangos altitudinales, climáticos y topográficos.
- La metodología provee mecanismos que la hacen participativa en todo su desarrollo.
- En el ámbito sociocultural, la metodología se concentra en torno a la dinámica sociocultural del área específica, es decir, aquella en la que el proyecto directamente interactuará con los actores locales, de los que se precisa conocer los sistemas socioculturales.
- Respecto al marco jurídico-legal, normativo e institucional, la metodología presenta lineamientos genéricos, precisamente porque es de aplicación general y no se circunscribe a un país específico.
- La aplicación de la metodología debe ser liderada por expertos en cada área de análisis.

## PRODUCTOS ESPERADOS

La aplicación de la metodología permitirá obtener los siguientes productos:

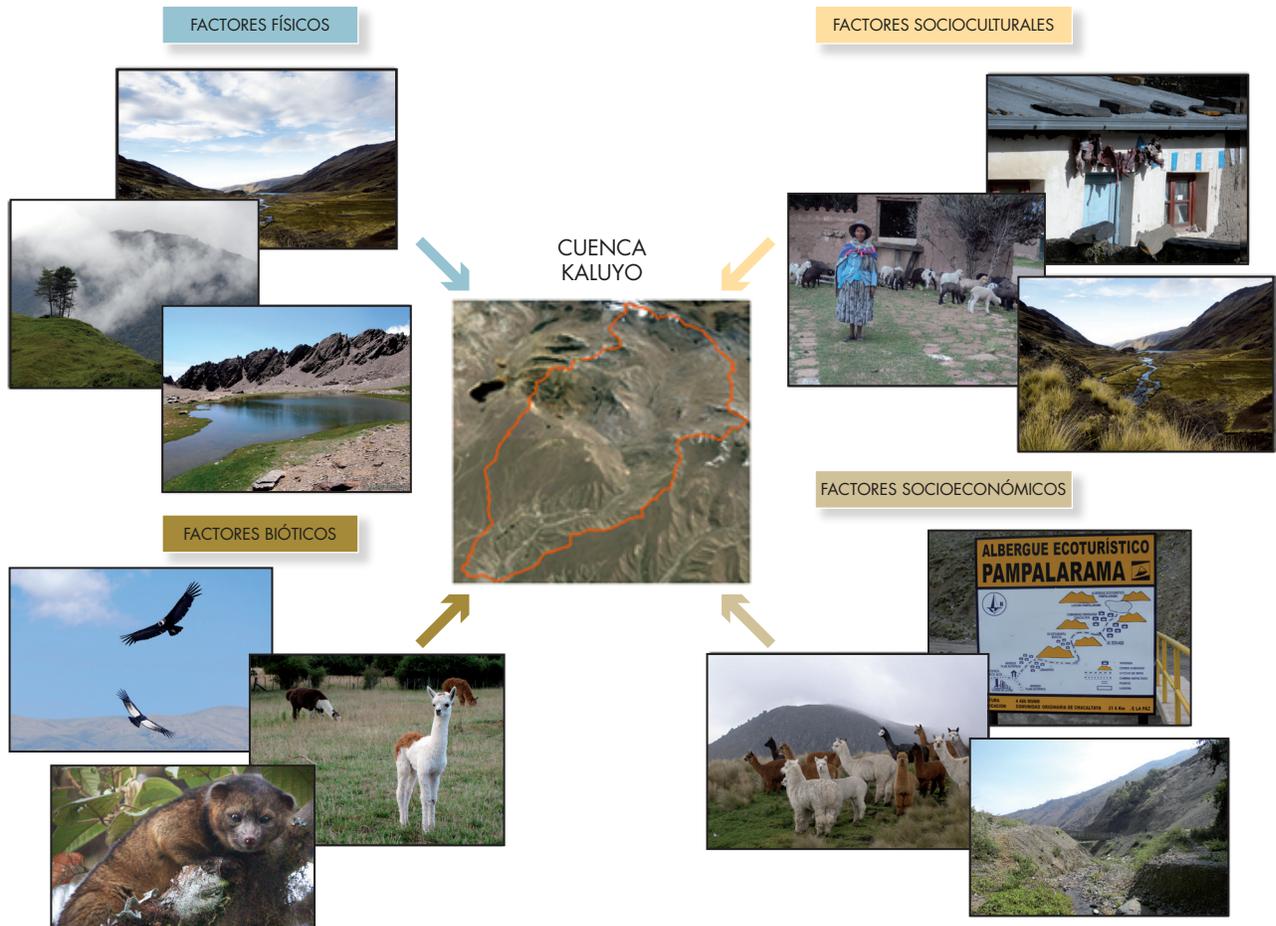
- La identificación del efecto del cambio climático en la cuenca en estudio, principalmente en relación con la disponibilidad de agua y el retroceso de glaciares.
- Un diagnóstico ambiental completo del área física, biótica y humana de la cuenca en estudio; así como un análisis de riesgos, con énfasis en los efectos del cambio climático.
- El marco legal e institucional que rige el uso, los derechos y el aprovechamiento del agua, y las actividades conexas a ella.
- El mapa de actores de la cuenca, con sus relaciones, fortalezas y debilidades.
- La identificación de los efectos del cambio climático sobre los factores ambientales, considerando indicadores específicos de impacto.
- El planteamiento de las medidas de adaptación al cambio climático.
- El plan de manejo y gestión integral de la cuenca.

## ENFOQUE

La cuenca se considera un entorno físico delimitado por una divisoria de aguas, en el cual se desarrolla una red hídrica, sobre suelos, geología y cobertura vegetal específicas, donde además se presenta la fauna característica; todos estos elementos sometidos a un determinado régimen climático, lo que forma un subsistema biofísico.

En ese mismo entorno se desarrollan los subsistemas socioeconómico y sociocultural: en la cuenca se encuentran asentados grupos humanos que realizan actividades económicas que aprovechan los recursos existentes, explotándolos o transformándolos, produciendo bienes y servicios; asimismo, las comunidades humanas tienen una estructura organizativa, realizan actividades y poseen valores culturales que los caracterizan.

La cuenca se representa, entonces, como un sistema donde se presentan interacciones entre factores físicos, bióticos, económicos, sociales y culturales.



Fuente: "Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, considerando el efecto del cambio climático" (CAF, 2010)- [2.1.1-1].

El enfoque de sistemas posibilita la participación de equipos multidisciplinarios, que son imprescindibles para la gestión integral de una cuenca; este enfoque también permite análisis cuantitativos y cualitativos, que se complementan, más aún cuando se trabaja de forma conjunta en las áreas técnica y social; conjuga conceptos teóricos con elementos empíricos, lo que posibilita incorporar las experiencias de la gente, especialmente en temas de adaptación; facilita el desarrollo de los estudios de forma organizada, secuencial e interrelacionada.

La metodología sistémica aporta instrumentos que permiten estudiar los problemas que resultan de las interacciones que se producen en un sistema, en lugar de disfunciones aisladas.

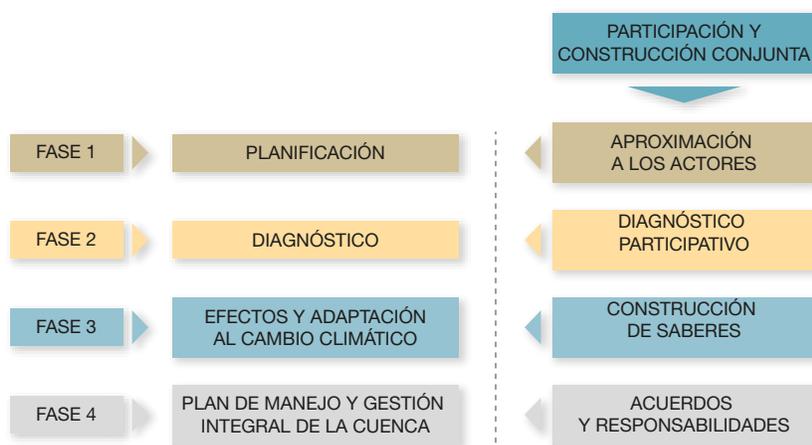
La dinámica de los sistemas también posibilita el análisis particular de los aspectos sociales y medioambientales. Las herramientas que aporta esta dinámica –desde los diagramas de influencias hasta los modelos informáticos– permiten apreciar el entorno con una óptica diferente, a fin de alcanzar una visión más rica de la realidad.

El enfoque sistémico, con su predominante característica integradora, engloba la totalidad de los elementos del sistema estudiado.

## LAS FASES DE LA METODOLOGÍA

La metodología que se plantea en los siguientes acápites, considera las cuatro Fases mencionadas anteriormente, todas acompañadas de un componente social denominado globalmente “Participación y construcción conjunta”:

Para facilitar la aplicación de la metodología, todas las áreas consideran los mismos puntos: objetivos, énfasis, actividades y cómo presentar las conclusiones, y, como ya se ha dicho, el componente de participación conjunta.





*Bofedal en Calamarca*

# 1. FASE I. PLANIFICACIÓN



# 1. FASE I

## PLANIFICACIÓN

### OBJETIVO:

Planificar la ejecución de las actividades del estudio a fin de lograr un desarrollo adecuado.

### ACTIVIDADES:

- Inicio de actividades
- Definición preliminar del área en estudio
- Reconocimiento del área en estudio
- Identificación preliminar de actores
- Definición de estrategias de participación
- Requerimientos instrumentales y logísticos
- Plan de trabajo

### HERRAMIENTAS:

Términos de referencia, propuesta de trabajo, información secundaria de la zona en estudio.

### RESULTADOS:

El área de estudio está definida considerando aspectos físicos, bióticos y sociales.

Los especialistas tienen conocimiento del área en estudio.

Los principales actores de la cuenca son definidos de forma preliminar.

Se cuenta con una estrategia de participación durante la ejecución del estudio.

Se cuenta con un plan de trabajo que permitirá cumplir el desarrollo de las actividades.

## OBJETIVOS DE LA FASE

- Planificar la ejecución de las actividades del estudio, a fin de lograr un desarrollo óptimo, tanto en calidad del trabajo como en el tiempo de ejecución.
- Conocer y analizar la dinámica de los aspectos físicos abióticos y bióticos, en particular de la oferta natural de agua.
- Conocer y analizar la dinámica sociocultural que caracteriza a la población del área en la que el estudio, desarrollará una actividad de significativa incidencia sociocultural y territorial.

## ÉNFASIS

- La planificación del trabajo se realiza con el equipo multidisciplinario clave.
- El alcance del trabajo y la delimitación del área en estudio son preliminares, en atención a que el análisis del área social podría ampliarse a partir de un conocimiento más detallado de la zona.
- Considerando que la idea fundamental del estudio radica en la necesidad de estructurar interacciones complementarias, tanto de orden sociocultural como medioambiental, en un espacio geográfico en el que ya preexiste una sólida base de interacción de carácter tradicional, surge la necesidad de describir y conocer las relaciones preexistentes y, por tanto, la necesidad de realizar diagnósticos socioculturales previos.

En esta Fase el componente social que guía las actividades se denomina: “Aproximación a los actores” y considera las siguientes premisas:

### APROXIMACIÓN A LOS ACTORES:

Dadas las complejas relaciones existentes entre la ciudad y una región rural inmediatamente aledaña a ésta, nunca debe contactarse con la población rural llevando en manos la solución de los problemas de una población en la que el investigador nunca ha estado, y lo que es peor, nunca obtuvo el consenso de la población local.

El investigador está obligado a conocer los protocolos y el carácter de las relaciones interinstitucionales entre la comunidad y las organizaciones, especialmente las gubernamentales, y, paralelamente, las no gubernamentales.

En base a esta información, el investigador debe realizar una estrategia de aproximación usando las rutas (protocolos e instituciones) que, en cierto sentido, cuentan con autorización comunal.

No debe usar métodos de “despiste” que solo buscan desembarazarse de la incidencia local.

No se debe despreciar la susceptibilidad que toda población rural tiene en relación con el muchas veces agresivo comportamiento de la población urbana.

El inicio de la relación debe, en todo caso, superar la barrera de dichas susceptibilidades y desconfianzas estructurales, sin recurrir para ello a deshonestas maniobras de “despiste”, sean éstas meramente discursivas o más complejas.

*Inicio de actividades.* – Esta actividad comienza con la reunión inicial del personal clave que será responsable del estudio, en la cual se revisan los objetivos del estudio, los alcances y metodologías propuestas; también se analiza el equipo de apoyo propuesto y de forma global las necesidades de insumos y de logística. Posteriormente, se planifica el trabajo de la primera Fase, es decir, se definen tiempos en los que se delimitará el área en estudio, se planifica una vista de reconocimiento de campo, la identificación preliminar de actores y la forma de intervención desde el punto social en la cuenca, y se establecen fechas para la elaboración del plan de trabajo.

Esta actividad contempla también reuniones previas con el promotor del estudio, con el fin de delimitar, con mayor detalle su alcance, y trazar una línea de coordinación y programación conjunta para la ejecución del estudio.

*Definición preliminar del área en estudio.* - En base a cartografía 1:50.000 o de mayor escala, se definirá de forma preliminar el área en estudio, considerándose inicialmente la delimitación de la cuenca hasta un punto de control determinado aguas abajo; posteriormente se definirá un área de análisis desde el punto de vista socioeconómico, que normalmente suele ser mayor que la misma cuenca.

*Reconocimiento del área en estudio.* - El equipo multidisciplinario responsable del estudio, realizará un reconocimiento de campo, que permitirá establecer la magnitud del trabajo en cada área y la posible complejidad del mismo en sitios específicos.

*Identificación preliminar de actores.* - En función al objetivo general del estudio, la delimitación y reconocimiento del área de estudio y preliminar identificación de potencialidades, debilidades y vulnerabilidades se llevará adelante una también “preliminar” identificación de actores; es decir, de quienes intervendrán en la elaboración, desarrollo y realización del estudio. (Nota: el mapeo de actores definitivo se realiza en la fase de diagnóstico)

Inicial y paralelamente a lo señalado se debe considerar los siguientes aspectos vinculados con la identificación preliminar de actores:

- La población del área de intervención directa y sus organismos laborales, político sindicales y/u otros.
- Las competencias jurisdiccionales y/o territoriales municipales y departamentales.
- Las instituciones gubernamentales de responsabilidad temática (en este caso de medio ambiente y aguas u otros semejantes)
- Las instituciones gubernamentales de responsabilidad en otras áreas según las características del área en estudio (turismo, patrimonio cultural, desarrollo rural, etc.).

*Definición de estrategias de participación.* - Lo primero que se debe considerar es la identificación y correspondiente análisis respecto a las responsabilidades, competencias y experiencias vinculadas con la población del sitio objeto de atención directa. El resultado de este proceso permitirá establecer los primeros y básicos lineamientos de participación.

Suponiendo que el interés en la realización de un determinado proyecto proviene de instituciones no gubernamentales, proyecto que además, es de competencia gubernamental dado que el mismo infiere y comprende responsabilidades y áreas de competencia y/o jurisdicción de instituciones gubernamentales, lo operativamente lógico es el contacto y directo involucramiento de estas instituciones desde un inicio en el desarrollo del mismo,

Un objetivo de los contactos iniciales con las diferentes instituciones, es conocer y analizar el dato que éstas posean –y mejor si es mediante experiencias realizadas– respecto a la caracterología conductual de la población del sitio/objeto de atención.

Una vez que se logre el compromiso de intervención y participación, cada una de las instituciones deberá desplegar su participación en función a sus competencias, responsabilidades y reales posibilidades operativas en general iniciales –incluyendo lo económico–. En función al conocimiento y análisis de los requerimientos indicados, el equipo de investigadores tendrá que elaborar una propuesta de estrategia de intervención y participación.

Requerimientos instrumentales y logísticos.- En función al trabajo a realizarse en las diferentes disciplinas, se definirán los requerimientos instrumentales y logísticos necesarios, tratándose de coordinar aquellas áreas que sean compatibles a fin de optimizar recursos.

A tal efecto, cada responsable de área deberá realizar un listado con los requerimientos logísticos (vehículos, viviendas, etc.) e instrumentales (equipos o instrumentos de muestreo de aguas y suelos, de medición de caudales, material de escritorio, etc.).

Estos requerimientos servirán de insumo para la elaboración del cronograma de asignación de equipos y recursos.

*Plan de trabajo.*- El plan de trabajo a desarrollarse considera genéricamente cuatro pasos:

#### *Paso 1. Coordinación y administración del estudio*

Esta tarea comprende las actividades de seguimiento general del proyecto para garantizar que los trabajos se desarrollen con la calidad técnica necesaria y dentro de los plazos previstos. Los responsables de su ejecución serán el Director y/o Gerente del Estudio, quienes velarán por la adecuada coordinación entre tareas complementarias y/o paralelas y establecerá el rol de los especialistas ofrecidos por el Consultor. Forman parte de esta tarea las actividades de control técnico, administrativo y económico del estudio, que se llevarán a cabo utilizando los sistemas gerenciales que permiten disponer de un panorama general de los proyectos en forma actualizada y con la precisión requerida para su adecuado acompañamiento.

Asimismo se incluyen entre las actividades a ser desarrolladas, como parte de esta tarea, la elaboración de los certificados de pago y todas las actividades de coordinación del proyecto con el Cliente a quien se informará permanentemente sobre la evolución y el desarrollo de los trabajos.

#### *Paso 2. Planificación del desarrollo de actividades*

Tomando en cuenta el contenido del estudio, las disciplinas que intervienen, la relación entre ellas y su secuencialidad, se elaborará el listado de actividades definitivo, en base al cual se desarrollará el estudio. Se sugiere describir cada actividad con las tareas que la componen.

Asimismo, se elaborarán flujogramas que muestren gráficamente las relaciones y dependencias entre actividades.

#### *Paso 3. Cronograma*

El estudio consiste en una secuencia de fases que deben ser ejecutadas para alcanzar un objetivo. Las diferentes fases se desarrollan a través de componentes que tienen a su vez una variedad de actividades, que pueden superponerse, seguirse, antecederse o ejecutarse simultáneamente.

Una forma apropiada de representar gráficamente las fases del estudio, con sus correspondientes componentes y actividades, es mediante el empleo del diagrama de gantt o diagrama de barras, en el cual la longitud de la barra representa la duración de la tarea, en una unidad predeterminada y su ubicación en el diagrama representa su colocación temporal en la secuencia del proyecto. El gráfico GANTT se explica por sí solo y es ampliamente conocido, por lo cual se recomienda su empleo.

También se recomienda el empleo de la programación por ruta crítica, ya que también permite visualizar la red de precedencias y la secuencia de trabajos en correspondencia con las actividades que deben ser realizadas a continuación de otras (red de precedencias y consecuencias), así como el camino crítico en la ejecución del estudio, que corresponde a las tareas fundamentales que condicionan el plazo total de ejecución de los trabajos.

Se recomienda la elaboración de:

- Cronograma de actividades
- Cronograma de asignación del personal (indicando personal propuesto y sus funciones)
- Cronograma de asignación de equipos y de recursos

Complementariamente, se deberá incluir el plazo de ejecución de los servicios.

#### *Paso 4. Productos intermedios e informes*

Se recomienda que los productos a generarse sean los siguientes:

**Informe inicial:** Este informe incluye la planificación de las actividades, el cronograma de actividades, el cronograma de asignación de personal, y por su importancia, la estrategia de participación en la cuenca. El informe inicial contendrá los puntos más salientes del trabajo de la Fase 1

**Informes especiales:** Se deberá prever la elaboración de informes especiales, cuando se presenten problemas, que por su importancia requieran ser de conocimiento del promotor del estudio y que pudieran incidir en su normal desarrollo.

**Informes por subproductos:** A objeto de informar sobre el avance del estudio, se sugiere presentar:

**Informe final:** Una vez aprobados los informes de subproductos, se elaborará el informe final que contenga el material y productos de la investigación, incluyendo las conclusiones y recomendaciones para el promotor del proyecto.



*Paisaje de Inquisivi*



## 2. FASE II. DIAGNÓSTICO



## 2. FASE II

# DIAGNÓSTICO

---

### OBJETIVOS

---

- Realizar un diagnóstico hidrológico que permita determinar la disponibilidad de agua en la cuenca, considerando los efectos del cambio climático.
- Realizar un diagnóstico del medio físico, medio biótico y medio humano, y contar con un análisis de riesgos hidrometeorológicos.
- Realizar un análisis jurídico legal e institucional.
- Elaborar un mapa de actores.

### ÉNFASIS

---

- Las actividades que engloban esta Fase están enfocadas, además de aspectos generales, a determinar las incidencias del cambio climático en la cuenca.
- La participación social en esta Fase se denomina “Diagnóstico participativo” y sus premisas se citan a continuación:

### DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO:

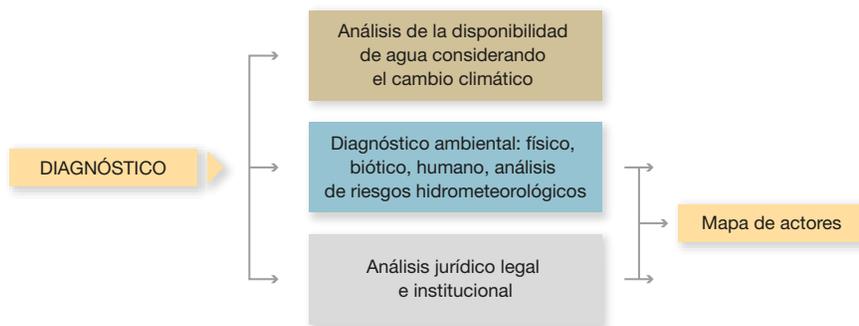
El aspecto participativo del diagnóstico está relacionado con dos ámbitos de realización: el primero de ellos, el más importante, es la participación del actor sociocultural local; el segundo, la identificación de actores en función a competencias y legítimas atribuciones estructuralmente relacionadas con el proyecto.

En cuanto al primer punto, el esquema estructural del diagnóstico sociocultural es desarrollado en base a la identificación, aprehensión y exposición de la estructura y la organización de la comunidad, en función a los problemas y el objeto de la investigación.

El fundamento participativo del diagnóstico está centrado en la dinámica realizada con los actores de la cuenca que “proporcionan y elaboran” gran parte de lo sustantivo del diagnóstico en todas las áreas; es decir, son los propios actores los que proporcionan los referentes, en función a los objetivos de la investigación. El investigador, en todas las disciplinas, coadyuva con la metodología, la delimitación del contenido y la redacción del diagnóstico (que es aconsejable pase por una revisión de los actores, antes de su finalización). Una revisión final bien puede ser orientada con procesos de explicación y corrección.

En cuanto al segundo punto, el proyecto irá seleccionando y relevando las competencias y las responsabilidades operativamente vinculadas con las instituciones gubernamentales, las cuales deben ser oportunamente identificadas.

### ACTIVIDADES DE LA FASE II



## 2.1. ANÁLISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA CONSIDERANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO

---

### OBJETIVO GENERAL

Realizar un diagnóstico hidrológico que permita analizar la disponibilidad de agua, considerando los efectos del cambio climático y el retroceso de los glaciares.

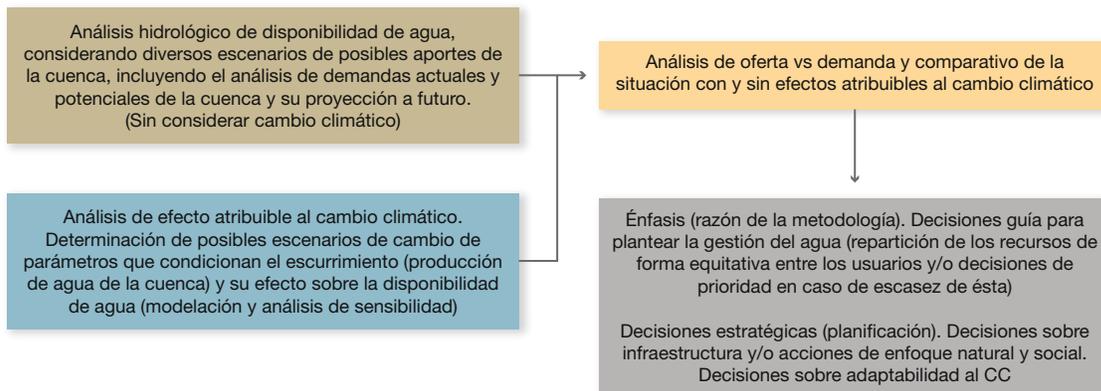
La finalidad de este diagnóstico es aportar criterios y elementos de juicio que posteriormente sean empleados para la toma de decisiones estratégicas, de adaptación al cambio climático, construcción de infraestructura y la realización de acciones para la gestión del agua.

### ÉNFASIS

El criterio central es la realización de un análisis que comprenda:

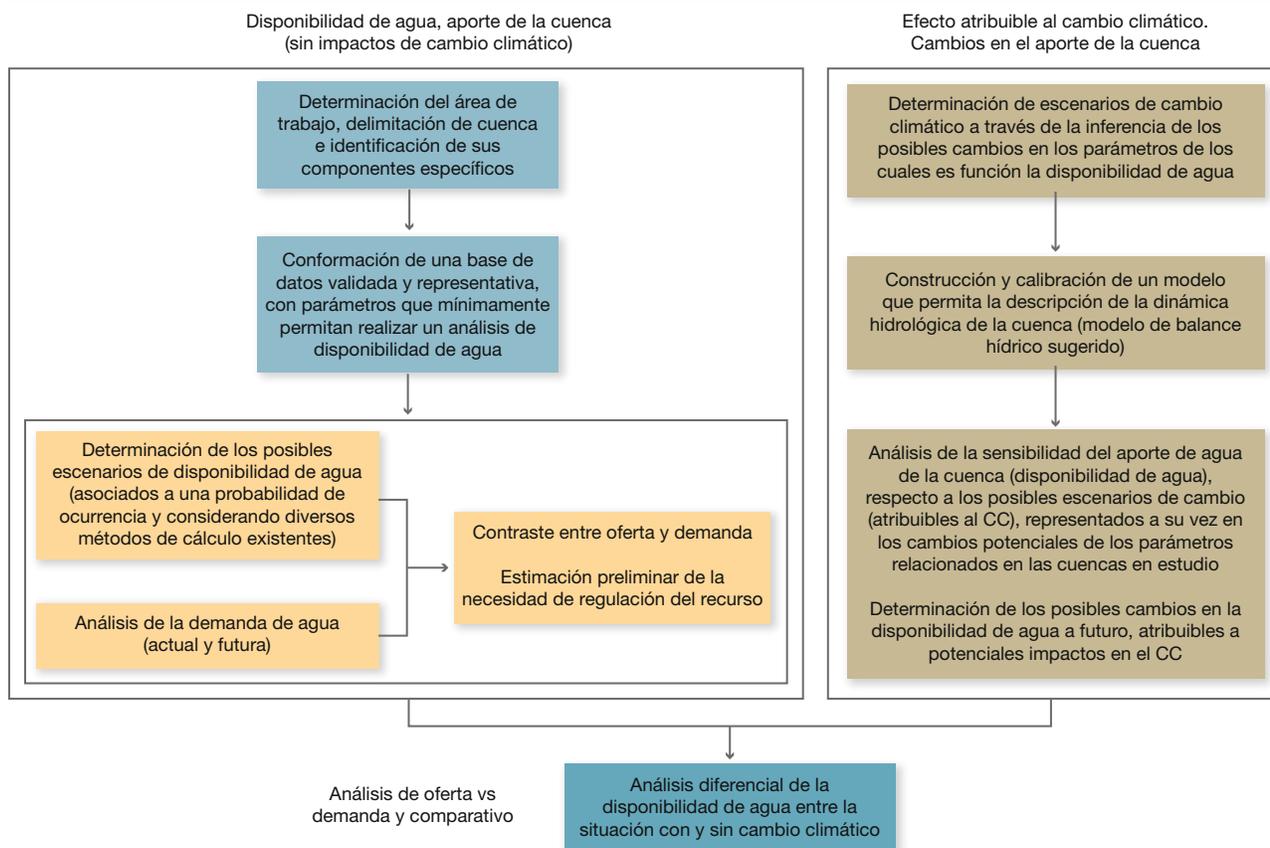
- Primero, el estudio de la disponibilidad de agua en la cuenca, sin considerar la influencia de los impactos atribuibles al cambio climático.
- Segundo, el análisis del mismo sistema para determinar cuál es el impacto adicional que produce el cambio climático sobre el sistema diagnosticado en la primera parte.
- Tercero, se sugieren criterios guía para realizar un análisis de oferta versus demanda, a fin de determinar, de forma clara, cuáles serían los impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua en la cuenca estudiada.
- Se pretende que los resultados producto del análisis sean empleados en la toma de decisiones para realizar la gestión del agua en la cuenca estudiada (ver Figura 1).

FIGURA 1. ESQUEMA BASE PARA EL ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA



La figura presenta las tres partes de la metodología propuesta, desarrolladas en el presente acápite, incluyendo los resultados que se desea lograr con la misma.

FIGURA 2. PROCEDIMIENTO PARA EL ANALISIS DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA



La figura presenta los componentes de cada una de las tres partes de la metodología propuesta.

## 2.1.1. DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA

### 2.1.1.1. Área de trabajo, disponibilidad y conformación de la base de datos

La información se constituye en la base para todo estudio, por tanto, los objetivos de esta actividad son los siguientes:

- Determinar el área de análisis y su delimitación geográfica (cuenca), identificando sus componentes y sus características específicas, siempre que puedan influenciar en la disponibilidad de agua en ella.
- Identificar las estaciones, los datos meteorológicos disponibles, su extensión de registro y calidad, con el fin de realizar el estudio hidrológico, el análisis de influencia del cambio climático y el diagnóstico de disponibilidad de agua.

Para definir el área de trabajo, es necesario considerar que la cuenca es la unidad básica de estudio, tanto para los análisis de alternativas y de potencial aporte de agua, como para el diseño de las medidas de adaptación que se prevé estarán enmarcadas dentro de un concepto de manejo integral del recurso agua. Por lo citado, los análisis toman esta unidad como referencia y marco geográfico.

La identificación de la existencia de datos suficientes y consistentes para desarrollar el estudio de disponibilidad de agua, es el criterio central y énfasis que se desea realizar en esta parte de la Guía, apoyándose en los siguientes postulados:

- Verificación de la existencia de estaciones meteorológicas en las cercanías de la zona de estudio, las cuales debe proveer datos que sean representativos de la cuenca analizada. Verificación de la existencia de estaciones en la región, que puedan ser representativas de la zona y la región.
- De no encontrarse estaciones en las cercanías de la zona de trabajo, se deberán buscar otras series de datos que puedan ser empleadas para el análisis, y cuya utilización se justifique por las relaciones de similitud hidrológica o geomorfológica de las cuencas.
- Verificación de la existencia de series meteorológicas (parámetros mínimos buscados: precipitación, caudales, y temperatura) que en extensión, calidad y consistencia sean útiles para el objetivo del trabajo.
- Una extensión de serie mínima admisible para el análisis debería tener por lo menos 20 o 25 años, o en su defecto ser igual o mayor a la vida útil o periodo de diseño de las obras que se proyecte hacer para garantizar el aprovechamiento del agua de la cuenca en estudio.
- Los análisis de tendencias y comparativos del clima toman como referencia al período comprendido entre 1961-90, para fines de determinación y comparación de tendencias, medias y otros indicadores estadísticos, antes y después del periodo referido. Una base referencial con estas características incluye el periodo de los años 70, considerado por muchos analistas climáticos el momento de ruptura de las series estadísticas (principalmente de temperatura), que pone en evidencia los cambios de los valores de ciertos parámetros climáticos, que pueden ser atribuibles al cambio climático reciente.

- En función a la cantidad y calidad de los parámetros disponibles, se definirán los métodos que se emplearán para el análisis estadístico-hidrológico que será la base del análisis de disponibilidad de agua en la cuenca.
- En todo estudio hidrológico es necesaria la verificación de la consistencia de los datos a ser empleados, por lo que se proponen dos tipos de verificación: consistencia y pertenencia al mismo régimen hidrológico.
- Los test de homogeneidad son empleados como indicadores para la detección de rupturas estadísticas en las series, razón por la cual no son incluidos en los criterios de verificación de las series de datos. La verificación de las rupturas de homogeneidad son tratadas más adelante.

### *a) Delimitación de la cuenca e identificación de unidades particulares en ella*

Se deberá definir los límites de la cuenca y el área de análisis en función de las alternativas de aprovechamiento de agua que se puedan dar en ella.

Igualmente, si dentro del área de estudio existe una estación de medición de caudales (estación limnigráfica o limnimétrica), el área o cuenca de aporte de dicha estación será tomada como referencia o como unidad de análisis.

Para cada una de las alternativas de análisis se deberá determinar el área de la cuenca.

Se deberá identificar claramente las particularidades de cada una de las cuencas en cuanto a elementos que influyan en la disponibilidad y regulación natural del agua, como por ejemplo: glaciares, bofedales, lagunas, zonas de recarga de acuíferos u otras. Se deberá especificar de forma clara en los planos y/o mapas temáticos que acompañen el estudio su extensión y superficie en el momento del estudio.

Igualmente se deberá identificar los elementos de regulación artificial existentes en la cuenca, como por ejemplo, represas, tomas de agua, tanques de regulación, atajados u otros.

### *b) Existencia y representatividad de las estaciones*

Se deberá especificar la existencia de estaciones meteorológicas que hayan sido identificadas dentro de la cuenca o en sus cercanías, cuyos datos puedan ser considerados como representativos de la zona en estudio y que potencialmente puedan ser empleados para la realización del estudio de disponibilidad de agua.

La existencia de estas estaciones deberá ser explicitada en un mapa de ubicación, donde se presente su ubicación en relación a la cuenca o zona en estudio.

Igualmente se deberá presentar el inventario de datos que las estaciones referidas contengan, señalando los parámetros que serán empleados para el análisis.

Preliminarmente se observan las siguientes posibilidades respecto a las estaciones que proporcionen datos para la realización del estudio de disponibilidad de agua:

- Se tiene una o varias estaciones dentro de la cuenca, en cuyo caso el analista podrá asumir la hipótesis de que los datos producidos por ésta(s), son representativos para la cuenca en estudio.
- Se tienen estaciones localizadas en la zona de influencia de proyecto, pero fuera de la cuenca de estudio.
- No existen estaciones y en la zona de proyecto ni en la cuenca de estudio; sin embargo existen cuencas vecinas o cercanas de características similares a la que se está estudiando, las cuales tienen datos que pueden ser empleados para realizar un estudio de disponibilidad de agua. En este caso, el análisis podría ser realizado en la cuenca que posee los datos y luego ser extrapolado o aproximado a la cuenca en estudio, previa justificación y demostración de la similitud hidrológica entre la cuenca fuente de datos y la cuenca en análisis.

En cada uno de los tres casos anteriores (o en otro que pueda identificar el analista), se deberán establecer de forma clara los criterios con los que se asume que los datos empleados (y sus estaciones fuente) son representativos de la cuenca en análisis. Este aspecto se denominará justificación de la representatividad de estaciones y datos empleados.

En el caso de la búsqueda de estaciones y de datos que sean representativos de la zona de influencia del área de análisis (empleadas para hacer un análisis de la tendencia regional y detectar los efectos del cambio climático), los criterios principales para su elección deben ser la representatividad de las características hidroclimáticas de la región en la que la zona en análisis está y la extensión de las series. Para el análisis regional es importante la identificación de dos o más estaciones.

### *c) Parámetros buscados, extensión de las series y resolución temporal de éstas*

El parámetro empleado en el análisis y la extensión de la serie deberá ser descrito de forma explícita, a fin de que el lector pueda conocer cuál es la base temporal con la que se hizo el estudio.

La falta de datos o el que las series de datos disponibles no sean lo suficientemente extensas para realizar los análisis precisados es una problemática extendida en nuestro continente y principalmente en las zonas de altitud, donde la existencia de estaciones meteorológicas no es muy común. Sin embargo, es preciso contar con ellos para los análisis de disponibilidad de agua que se desea realizar.

Una vez establecida la existencia de estaciones meteorológicas y de datos asociados se deberá identificar con qué tipo de datos se cuenta, cuáles los parámetros registrados, su extensión y cual su resolución temporal, para definir el tipo de análisis que podrá ser realizado.

La situación ideal es contar en la cuenca con datos de precipitación, medición de caudales y temperatura, con una resolución temporal diaria o mensual. En el caso de la precipitación es deseable contar con datos pluviográficos (bandas pluviográficas, o registros continuos tiempo-precipitación automáticos u otros similares), que permitan establecer posibles tendencias de la concentración de lluvias. Esta información es necesaria para realizar tanto el análisis de disponibilidad de agua (hidrología), como el de influencia de cambio climático. En caso de no contarse con datos sobre la misma cuenca, para emplear los existentes en cuencas con similitud hidrológica a la estudiada, se procederá según lo especificado en el paso anterior de esta metodología.

En el caso de cuencas con cobertura glaciar, es importante conocer si existen datos de seguimiento de balance de masa u otros de tipo glaciológico, y/o hidrológico del componente glaciar. Un dato apreciable es el seguimiento de la disminución de área de la cobertura glaciar en el tiempo análisis multitemporal, que puede ser obtenido a partir de fotos aéreas y/o imágenes satelitales pasadas.

Similar criterio se aplicará respecto a la búsqueda de datos correspondientes a otros elementos de regulación naturales o artificiales, tales como bofedales, represas, tomas de agua, etc.

La existencia de otros datos, tales como irradiación solar, cantidad de horas de incidencia solar, evaporación, humedad relativa, nubosidad, vientos y otros, también es deseable para complementar los análisis de disponibilidad de agua.

Igualmente se deberá identificar dentro de la cuenca tanto las unidades de terreno, como las unidades vegetales existentes, para estimar los coeficientes de escorrentía y para el análisis de transformación de la precipitación en escorrentía.

Son necesarias una estimación o prospecciones para determinar el espesor medio del estrato que recibe a las raíces de la vegetación que alberga la cuenca (profundidad radicular).

A continuación clasificamos el requerimiento de datos, el tipo de parámetros y su extensión temporal, en función del tipo de análisis que se desea realizar. Estos análisis son los que mínimamente deberán efectuarse para determinar tanto la disponibilidad de agua, como la posible influencia del cambio climático en la misma.

*Análisis estadístico de precipitación y escorrentía.* – Es deseable obtener un registro de precipitación y de escorrentía (caudales medidos) con una resolución temporal anual (registros anuales completos, sin vacíos en sus datos), que sea continuo<sup>1</sup> y que cubra un periodo de tiempo igual o mayor a la esperanza de vida de las obras que se pretenden realizar dentro de la cuenca para garantizar el aprovechamiento y disponibilidad de agua para los diferentes usos que se identifiquen.

*Análisis de precipitación-escorrentía / balance hídrico actual / balance hídrico y análisis de sensibilidad al cambio climático.* – Es deseable contar con información de precipitación, caudales y temperatura que cubra un periodo de existencia de datos común de al menos 8 a 10 años, basados en la hipótesis de que durante este tiempo se presentarán situaciones representativas de años que pueden ser tipificados como secos, medios y húmedos. Este aspecto es necesario para la calibración del modelo de balance hídrico y su realización, y además para el análisis de los distintos escenarios de la relación precipitación-escorrentía de la cuenca.

La calibración del modelo de balance hídrico es muy importante para los análisis de influencia del aporte glaciar y del análisis de sensibilidad del aporte de agua, respecto a posibles futuros escenarios de cambio climático a partir de la metodología que se sugiere en este documento. La resolución temporal mínima de los datos que se precisa es diaria o mensual.

1 Sería ideal contar con series continuas sin vacíos en ellas. Por ejemplo series desde 1960 hasta nuestros días (2014), n=55 años. Sin embargo un vacío de información de uno o varios años en este periodo no impide que el registro sea empleado. Por ejemplo, si no se tiene datos de 1974 y de 1987, esto no representa un problema insalvable (n=53 años)

*Análisis de las rupturas de homogeneidad del registro de precipitación y de temperatura, y análisis del cambio de medias estadísticas en el registro.*– Se precisa contar con datos de la precipitación total anual y de la temperatura media anual (o estacional, según lo detallado del análisis), con una extensión temporal de registro que idealmente sea anterior a los años 60 y se extienda hasta nuestros días.

*Análisis de las tendencias regionales de concentración de lluvias.*– La situación ideal es contar con datos de precipitación provenientes de registros continuos de precipitación-tiempo, tales como los pluviográficos, ya sea en bandas o registros digitales, con un registro histórico que sea anterior a los años 60. Estos registros tienen una resolución temporal diaria, que llega al detalle del minuto o segundo, según sea la precisión de la estación y de los instrumentos empleados.

Otras opciones de análisis que son descritas en esta metodología<sup>2</sup> presentan la posibilidad de contar con datos de precipitación a nivel diario, con una antigüedad de registro que sea similar a la sugerida en el anterior párrafo (en lo posible anterior a los años 60).

**FIGURA 3. RESUMEN DE PARÁMETROS (DATOS) QUE SERÁN EMPLEADOS EN LOS ANÁLISIS SUGERIDOS**

Tipo de análisis	Parámetros	Resolución temporal	Extensión deseable del registro	Resultados
Análisis estadístico de precipitación y escorrentía	Precipitación (P), Escorrentía (Q)	Totales anuales (P y Q)	Mayor o igual al periodo de vida de las estructuras a ser diseñadas	Análisis local y disponibilidad de agua en cuenca
Análisis de precipitación-escorrentía/Balance hídrico actual/Balance hídrico y para análisis de sensibilidad de cambio climático	Precipitación (P), Escorrentía (Q), Temperatura (T)	Diario o mensual: Total diario o mensual (P y Q). Media diaria o mensual (T)	8 a 10 años (periodo común de existencia de datos de los diferentes parámetros)	Análisis local y disponibilidad de agua en cuenca/Efectos de CC
Análisis de rupturas de homogeneidad del registro. Análisis de cambio de medias estadísticas en el registro	Precipitación (P) y Temperatura (T)	Total anual (P), media anual o estacional, según el análisis (T)	Registro histórico anterior a los años 60	Efectos y sensibilidad de la disponibilidad de agua respecto a potenciales impactos atribuibles al CC
Análisis de tendencias regionales a la concentración la Precipitación I	Registro pluviográfico de Precipitación (P)	Registro continuo de Precipitación en función del tiempo: Diario, horario o de mayor resolución, según la precisión del registro pluviográfico	Registro histórico anterior a los años 60	Efectos y sensibilidad de la disponibilidad de agua respecto a potenciales impactos atribuibles al CC
Análisis de tendencias regionales a la concentración la Precipitación II	Precipitación (P)	Registro diario	Registro histórico anterior a los años 60	Efectos y sensibilidad de la disponibilidad de agua respecto a potenciales impactos atribuibles al CC

<sup>2</sup> Se refiere al análisis de las tendencias del número de días de precipitación respecto a la cantidad precipitada discriminada por estación y a la metodología de la curva de descarga propuesta en Olmos (2010).

En todos los casos anteriores se sugiere una extensión ideal o deseable de registro de series de los parámetros que serán empleados en los análisis; sin embargo, cuando esto no es posible, se sugiere que el analista sea explícito en la descripción de los datos, de su extensión y en las hipótesis de trabajo que emplea, en el caso de que las series no presenten las extensiones temporales sugeridas, dejando en claro lo que está asumiendo para el empleo de sus series y parámetros. De este modo se tendrá una referencia del nivel de incertidumbre del análisis debida a la carencia o escasez de información.

#### d) *Parámetros buscados para el balance hídrico en otros elementos de regulación*

El criterio principal de búsqueda de estos parámetros es encontrar datos y elementos que contribuyan a realizar y cerrar un balance hidrológico, en la cuenca de análisis, tomando en cuenta los siguientes elementos de regulación:

*Glaciares.* - Datos sobre balance de masa, estaciones de medición del escurrimiento al pie del glaciar, disminución de la superficie glaciar en el tiempo (análisis de fotografías aéreas o imágenes satelitales).

*Bofedales y/o páramos.* - Datos que permitan realizar el control o balance de agua entrante y saliente del sistema, como caudales de ingreso, caudales de salida, contenidos de humedad del bofedal o de la vegetación del páramo y su variación en el tiempo de control.

*Represas, lagunas u otra infraestructura de regulación.* - Diferencia de volumen,<sup>3</sup> durante el periodo de control, que pueda reflejar el balance de agua de ingreso y salida del sistema.

#### e) *Verificación de la consistencia de series y de pertenencia a un mismo régimen hidrológico*

*Consistencia de series.* - La verificación de la consistencia de las series, para fines de la validación de los datos de los diferentes parámetros, puede ser realizada mediante la aplicación de test estadísticos, tales como la Curva Doble Acumulada, para determinar si en los datos existen errores sistemáticos que deben ser corregidos.

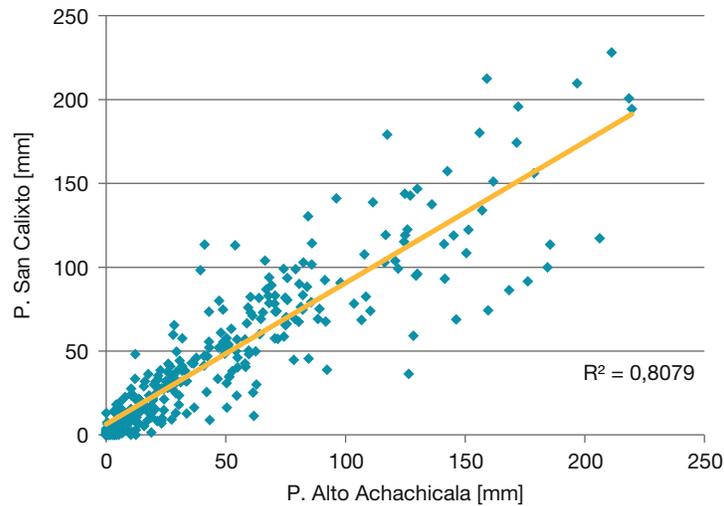
*Pertenencia a un mismo régimen hidrológico.* - Igualmente se puede utilizar la comparación “uno a uno” de los datos de las estaciones elegidas para el análisis, aplicando un análisis de relación lineal entre estos y empleando el coeficiente de determinación  $R^2$ , para definir un mayor o menor grado de pertenencia al mismo régimen hidrológico. Se sugiere que la correlación “uno a uno” entre bases de datos sea realizada y graficada, con una resolución temporal mensual.<sup>4</sup>

Se considerará una mayor pertenencia al mismo régimen hidrológico cuando el valor del coeficiente de determinación  $R^2$  sea más cercano a 1. Los valores más comunes de este coeficiente encontrados entre estaciones de la misma región se encuentran entre 0.7 y 0.9 (ver un ejemplo en la Figura 4).

3 Puede ser representada por la diferencia de niveles en un embalse, los cuales están asociados a un cierto volumen de almacenamiento (curva altura-volumen).

4 Se refiere a la correlación mensual “uno a uno” cuando se grafica la totalidad de los datos de un periodo común (misma cantidad de datos, correspondientes a los mismos meses) de una estación respecto a otra. Por ejemplo: el valor del punto de análisis en abscisas estará dado por el dato correspondiente a un determinado mes de la estación i, y el valor de este punto en ordenadas estará dado por el dato de la estación j correspondiente al mismo mes.

FIGURA 4. EJEMPLO DE ANÁLISIS “UNO A UNO” ENTRE DATOS DE DOS ESTACIONES



Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia.

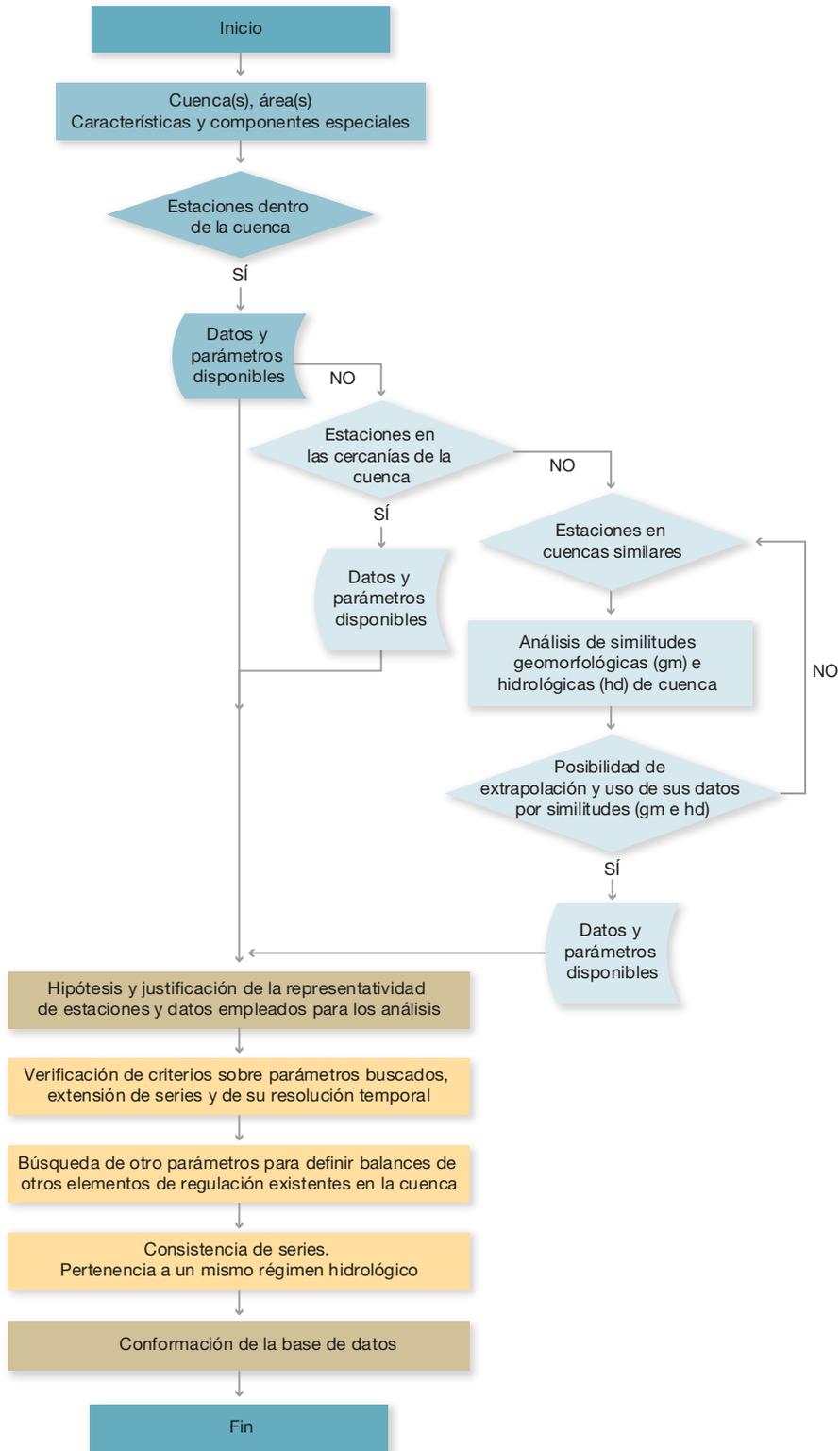
#### f) Ordenación de las series

El análisis anual de las series deberá ser realizado tomando en cuenta el denominado año hidrológico, el cual corresponde a un ciclo anual que engloba un periodo de precipitación y otro de estiaje.<sup>5</sup> Por esta razón se sugiere que la presentación de la base de datos y de estas series sea realizada presentando los valores representativos de este año hidrológico (valores totales, medios, máximos y mínimos), además de los valores representativos mensuales.

En resumen, se sugiere que se realice una presentación y ordenación de la base de datos, a una escala temporal mensual, indicando además los valores correspondientes al año hidrológico (ver Figura 5).

5 En algunas regiones de nuestro continente, este año hidrológico engloba periodos dobles ya sea de lluvia o de estiaje; por esta razón se sugiere que este año hidrológico sea definido en función del periodo de tiempo referencial con el que trabajan los servicios nacionales de hidrología y meteorología de cada país.

FIGURA 5. CONFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS



Como ya se indicó, la disponibilidad de datos es un aspecto que puede jugar en desmedro del analista, ya sea por su calidad, su extensión o simplemente su ausencia.

En la web de numerosos centros de investigación (ver links más abajo) se tiene a disposición datos de producción por modelación, satelitales, etc., de distintos tipos de parámetros tales como los TRMM (Precipitación) o de reanálisis (diferentes parámetros climáticos), que pueden colaborar a mitigar este problema.

La recomendación principal es el cuidado que se debe tener para asumir estos datos como verdaderos, ya que algunos de estos parámetros, si bien están disponibles en las páginas referidas, no han sido contrastados con los de las estaciones de campo (se recomienda fuertemente realizar esta comparación, de forma cuantitativa y cualitativa), o bien no han sido afinados para su empleo para los propósitos de esta Guía.

Es bueno recordar que la precisión de los datos depende tanto de la forma de producción de los mismos, su contraste con datos en el terreno (la disponibilidad de estos), la calidad de los datos, las herramientas con las que se los pone a disposición, etc.

Estas mismas recomendaciones también se encuentran en las fuentes de estos datos:

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml> (NOAA, 2014) [2.1.1 -2]

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/reanalysis.html> (NOAA, 2014) [2.1.1 -3]

<http://rda.ucar.edu/datasets/ds090.1/> (NCEP/NCAR, 2014) [2.1.1 -4]

<http://www.worldclim.org/> (WorldClim, 2014) [2.1.1 -5]

<http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/future/projections> (MetOffice, 2014) [2.1.1 -6]

<http://iri.columbia.edu/> (IRI, 2014) [2.1.1 -7]

<http://www.climatewizard.org/index.html> (The Nature Conservancy, 2014) [2.1.1 -8]

<http://climate.databasin.org/> (Conservation Biology Institute, 2014) [2.1.1 -9]

<http://trmm.gsfc.nasa.gov/> (NASA, 2014) [2.1.1 -10]

[http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes\\_es.html](http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes_es.html) (NASA GOES, 2014) [2.1.1 -11]

### 2.1.1.2. Determinación del aporte de la cuenca

El aporte de agua de una cuenca no es constante en el tiempo (variabilidad interanual), ya que depende directamente de las condiciones climáticas del año (variación en la precipitación, temperatura, humedad, vientos, etc.), y de las condiciones y antecedentes de la cuenca (humedad de suelos y estado de la cobertura vegetal, entre otros).

Se espera un cambio en los aportes medios de agua de las cuencas, el cual seguramente ejercerá efectos tanto en los parámetros de los cuales depende dicho aporte, como en elementos propios de la cuenca, tales como los glaciares o bofedales

El presente apartado trata de la determinación del aporte actual de las cuencas que se desea estudiar o analizar, como primer paso para el análisis de los impactos que se podría esperar por la influencia del cambio climático.

Inicialmente se presenta la variabilidad climática desde una perspectiva estadística, representada por la variación interanual del aporte de la cuenca, que, como se dijo anteriormente, no es constante en el tiempo.

Este punto trata de la recreación de una serie de caudales (no solo de caudales puntuales) en un periodo que sea representativo del clima local, es decir, un periodo que englobe, en sí mismo, años secos, semisecos, medios, semihúmedos y húmedos, en un espacio de tiempo continuo (idealmente), que sea también representativo de la variabilidad interanual de la cuenca en estudio.

El cometido de esta recreación es conocer periodos de los cuales surge la estadística que representa el clima y el aporte actual, a fin de hacer inferencias de los posibles cambios futuros. Estos periodos se llaman “espejo” y son representativos del clima actual. Permiten obtener una estadística que, a partir del registro histórico, sugieren las condiciones que puedan esperarse en el futuro, en el caso de que algunos de los parámetros sufran cambios significativos en su valor o composición (como los cambios en los parámetros de P y T atribuibles al cambio climático).

### a) Visualización de los datos

Inicialmente es aconsejable visualizar los datos con el fin de observar la dinámica y relación de los parámetros principales que rigen el balance y disponibilidad de agua; por esta razón, se sugiere graficar los parámetros de precipitación, escurrimiento y temperatura.

Igualmente se sugiere que el escurrimiento sea expresado en milímetros, para que su relación con la precipitación sea directa y explícita.

Los parámetros que se desea comparar tienen diferentes magnitudes de valor, por lo cual, para mejorar su visualización, se sugiere el empleo de los valores centro-reducidos:

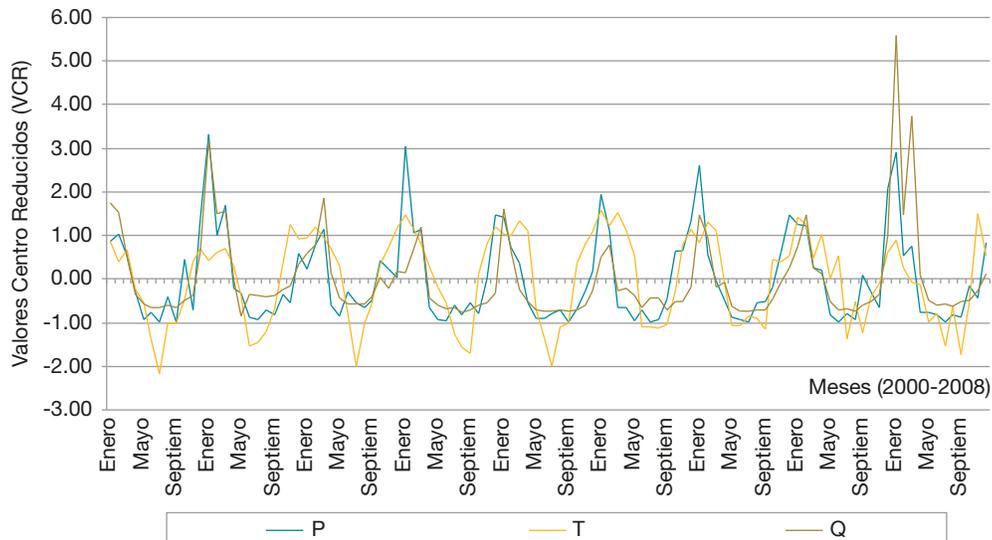
Valores centro-reducidos

$$VCR = \frac{x_i - \mu}{\delta}$$

Donde:

- $x_i$  : Valor  $i$  de la muestra
- $\mu$  : Media de la muestra
- $\delta$  : Desviación standard de la población

FIGURA 6. EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS DE DIFERENTE RANGO DE VALOR (USO DE VALORES CENTRO REDUCIDOS)



Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

Esta visualización permite inferir las posibles relaciones entre estos parámetros y la dinámica hidrológica de la cuenca.

### b) Análisis de probabilidades en series de datos

El aporte de agua de una cuenca (Q) es función principalmente de la precipitación (P), la cual es el input hidrológico principal del sistema. La variabilidad interanual de la precipitación (en cuanto a volúmenes precipitados) es una incógnita de difícil predicción; por esta razón, el análisis propuesto para la determinación de posibles escenarios de aporte de agua de la cuenca (representativos de la variabilidad interanual) se basa en un estudio estadístico de las series de datos existentes, que toman como referencia el valor de P o de Q asociado a una determinada probabilidad de no excedencia (PNE), siguiendo los siguientes criterios:

P o Q asociado a PNE de 10%: será calificado como un año seco

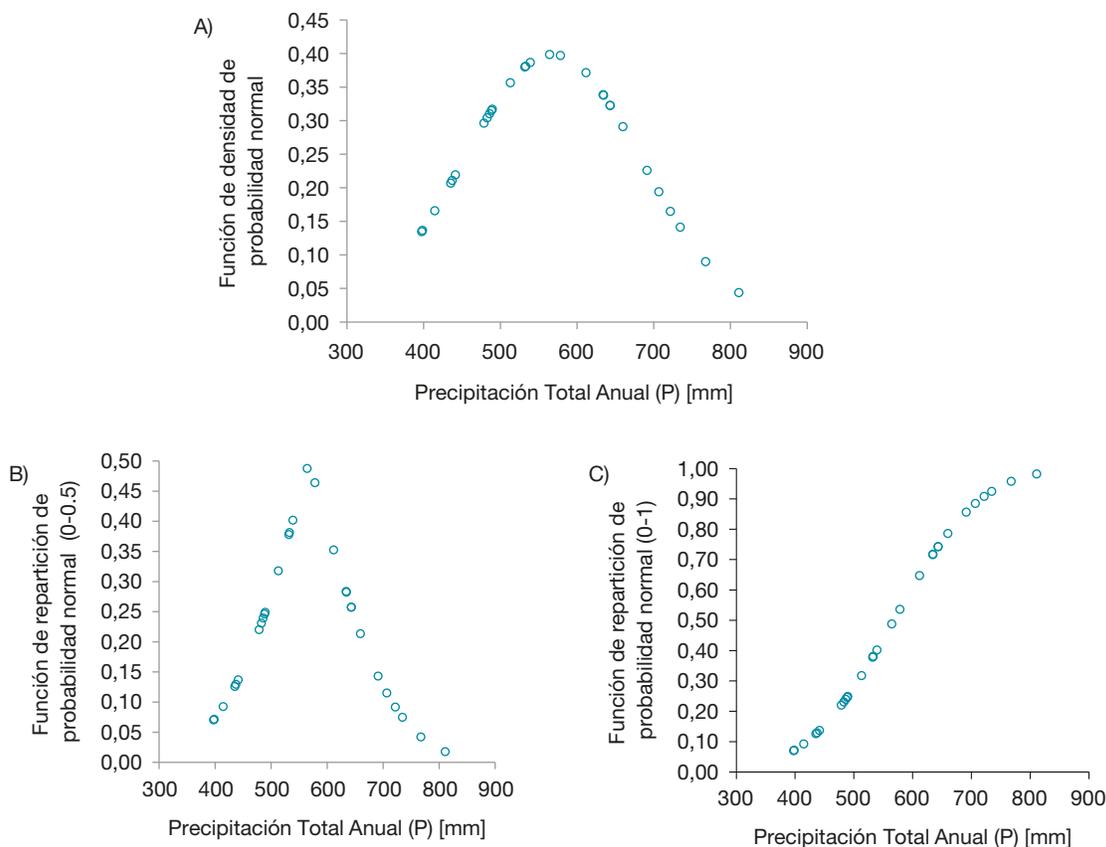
P o Q asociado a PNE de 50%: será calificado como un año de aporte medio

P o Q asociado a PNE de 90%: será calificado como un año húmedo.

Adicionalmente y a título referencial se sugiere el cálculo de los valores de precipitación y escorrentía asociados a las PNE de 25% y 75% (cuartiles), los cuales pueden ser considerados como representativos de años semisecos y semihúmedos, respectivamente.

Para los fines antes citados, inicialmente se precisa verificar la aplicación de los valores a ser analizados, respecto a una función de distribución de probabilidad. Para esto es necesario aplicar un test a los datos, usando la función de densidad de las distribuciones o funciones de probabilidad que se decida emplear (ver la Figura 7.A para un ejemplo que corresponde a la aplicación de una distribución normal).

FIGURA 7. VERIFICACIÓN DE LA APLICACIÓN DE UNA FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD



Fuente: Datos del Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

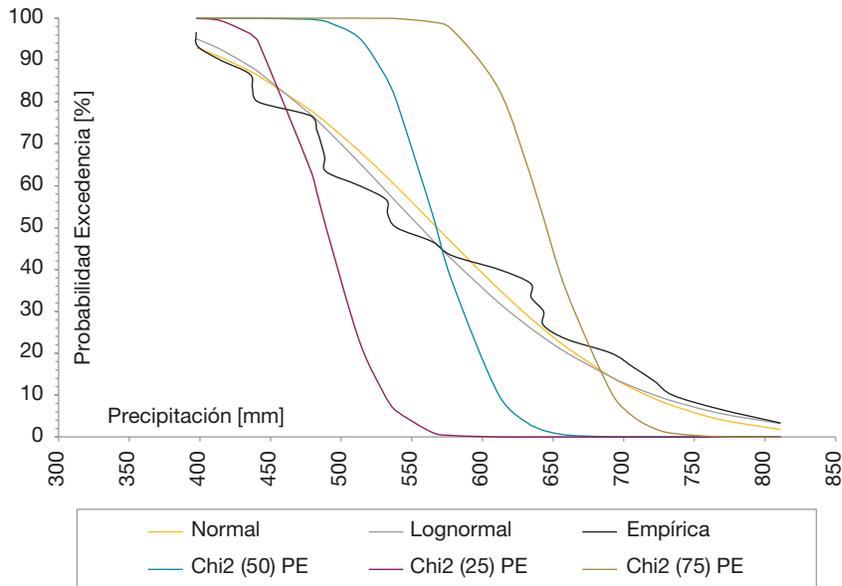
Posteriormente se aplicará, a estos mismos datos o series analizadas, la función de repartición de probabilidad, la cual es la que asigna y asocia los valores analizados con las probabilidades de excedencia o de no excedencia (ver la Figura 7B y 7C). Los ejemplos corresponden a la aplicación de una distribución normal).

Para determinar la PNE se trabajará con la ordenación de datos de forma ascendente y con una función de repartición de probabilidad de 0 a 1 (ver la Figura 7C).

Se determinarán los valores asociados de la precipitación y el escurrimiento a las probabilidades de no excedencia PNE especificadas en la sección de criterios de este subtítulo de la metodología (10%, 25%, 50%, 75%, 90%).

Se sugiere trabajar con más de una distribución de probabilidad, y luego elegir mediante un test de ajuste aquella distribución que represente mejor a los datos (véase un ejemplo en la Figura 8).

FIGURA 8. APLICACIÓN DE DISTINTAS FUNCIONES DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD



Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

La serie de caudales o precipitaciones (del parámetro en estudio) presentará características propias a ser determinadas:

- Extensión temporal: ¿Qué años abarca y cuántos años tiene la serie? Por ejemplo 1958 – 2011 (n= 54 años).
- Aspectos estadísticos significativos de la serie: Media, desviación estándar, coeficiente de variación, máximo y mínimo (sugeridos).

### c) *Recreación de series de caudales y de sus variables dependientes*

En algunos países la información de caudales es escasa y por ende estas series deben construirse a través de un estudio hidrológico (aportes de la cuenca en función a parámetros tales como la precipitación, temperatura, humedad, velocidad del viento, horas de sol, nubosidad, etc.). Para este fin se cuenta con modelos hidrológicos como el de Thorntwaite, Témez, SWAT, WEAP (también software), entre otros: <http://www.weap21.org> (SEI, 2014) [2.1.1-12]; <http://swat.tamu.edu> (TAMU, 2014) [2.1.1-13]

Para la determinación de impactos de cambio climático es importante realizar la reconstrucción de la relación entre el caudal (representativo del aporte de la cuenca) y de sus variables<sup>6</sup> dependientes (las que estén disponibles en datos y las que emplee el modelo elegido por el analista).

Lo que se plantea entonces es la construcción de estas relaciones empleando como herramienta los modelos referidos, de forma que sea posible, con ellos, conocer inicialmente la situación actual (dinámica actual e histórica en el periodo o serie reconstruida), para luego proyectar los potenciales cambios –atribuibles al cambio climático– en la disponibilidad del recurso agua, a través de los consiguientes cambios que se espera en las variables dependientes.

Por ejemplo, si se determina la factibilidad de emplear un modelo de disponibilidad de agua, que tenga como principales parámetros dependientes a la P y la T:

$$Q = f(P, T, \dots)$$

Dónde:

Q:	Caudal (disponibilidad de agua)
P:	Precipitación
T:	Temperatura

Entonces será posible recrear series paralelas de estos tres parámetros, a lo largo del periodo en el cual es factible aplicar la modelación.<sup>7</sup> Estas series tendrán su propia estadística para fines de su proyección para el futuro.

#### d) Visualización de la dinámica actual de cuenca

Se recomienda analizar la dinámica de la cuenca. Un coeficiente de escurrimiento global de la cuenca es una abstracción de la relación existente entre la lluvia precipitada y el agua que escurre en los ríos en el punto de control que cierra la cuenca. Este valor da una idea de la productividad de la cuenca o de la eficiencia que ésta tiene en convertir el agua precipitada en escurrimiento efectivo.

La determinación de coeficientes de escurrimiento (Cesc) constituye una labor que aporta en el análisis de la dinámica hidrológica de la cuenca.

Se sugiere realizar la estimación del coeficiente de escurrimiento a partir de la siguiente expresión:

6 Para los fines del presente texto, se apropian las siguientes definiciones referenciales:

*Variable:* Representa aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio. Un elemento simbólico que se caracteriza por ser inestable, inconstante y mudable. En otras palabras, una variable es un símbolo que permite identificar a un elemento no especificado dentro de un determinado grupo. Este conjunto suele ser definido como el conjunto universal de la variable (universo de la variable, en otras ocasiones), y cada pieza incluida en él constituye un valor de la variable.

*Parámetro:* Variable que, incluida en una ecuación, modifica el resultado de ésta. Valor numérico o dato fijo que se considera en el estudio o análisis de una cuestión.

*Variabilidad:* Capacidad de variar.

7 No siempre es factible realizar esta reproducción de caudales a través de la modelación en datos de largas extensiones de tiempo ya sea por falta de datos, discontinuidad en los registros, inconsistencia de los mismos, etc.; sin embargo, es recomendable que esta modelación sea realizada abarcando el mayor periodo de tiempo posible, de forma que la estadística sea consistente y sirva para una mejor proyección de caudales con influencia del cambio climático.

$$C_{esc} = \frac{P_i}{E_i}$$

Cesc: Coeficiente de escurrimiento

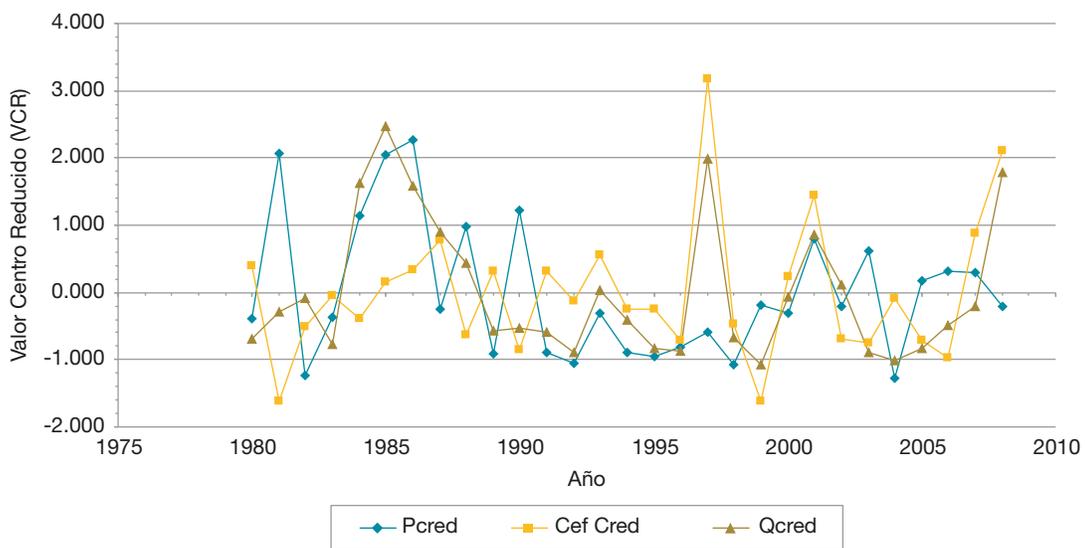
Donde  $i$  ( $1 \rightarrow 12$ ): Representa a cada mes del año hidrológico para el cual se calcula el Cesc.

Se sugiere la estimación del coeficiente de forma anual, para luego analizar los valores que éste podría tomar a lo largo del periodo de análisis. Se sugiere igualmente graficar la relación  $P$ ,  $Q$  y Cesc para el análisis de la dinámica hidrológica de la cuenca en estudio<sup>8</sup> (ver un ejemplo en la Figura 9).

Se sugiere tomar como referencia los valores medio y modal de los Cesc calculados. Igualmente, identificar a qué años corresponden los valores máximos y mínimos, analizando el porqué de su ocurrencia.

Nótese que el gráfico sugerido ( $P$ ,  $Q$ , Cesc), permite realizar un análisis rápido de la dinámica hidrológica de la cuenca y las posibles relaciones de retardo del escurrimiento en relación a la precipitación. En caso de ser necesario y de tener valor para el analista, la escala de análisis temporal del Cesc podrá ser mensual, lo que aportará aún más nociones sobre el funcionamiento de la cuenca.

FIGURA 9. VISUALIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE Q, P EN RELACIÓN CON EL CESC



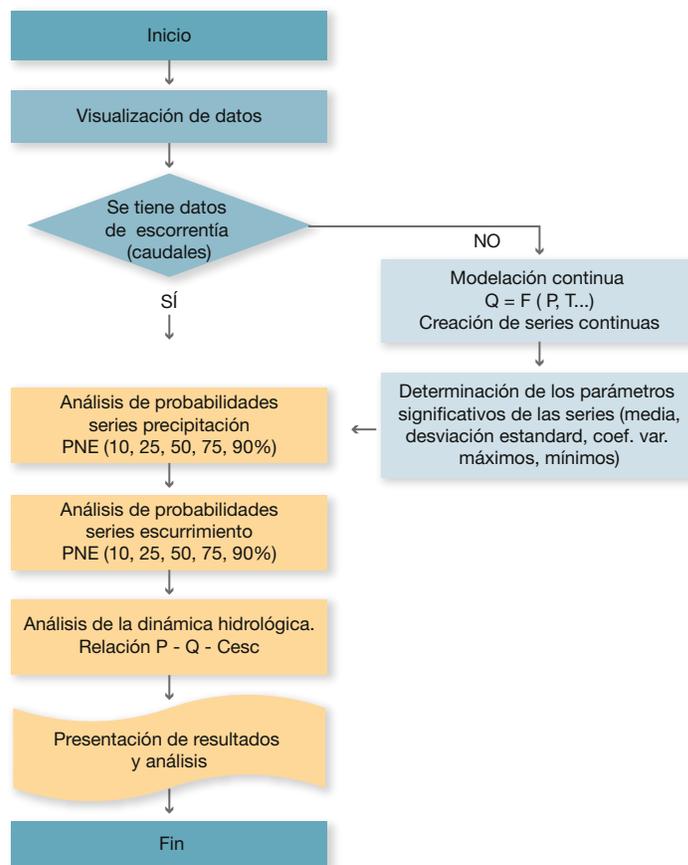
Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

8 Nuevamente se sugiere el empleo de valores centro-reducidos para mejorar la visualización de las relaciones existentes.

Otro método para la determinación de coeficientes de escurrimiento se basa en la discretización de la cuenca en distintas unidades de cobertura vegetal y de suelos, asignando a cada una de ellas un valor de Cesc que podrá basarse en valores referenciales de diferentes metodología afines (SCS, método racional u otro que prefiera el analista). El valor ponderado de la importancia de estas unidades dentro del contexto de la cuenca y su valor de Cesc asignado, darán como resultado el valor de Cesc que se considerará como representativo para toda la cuenca.

Tal como se comentó más arriba, la visualización de la dinámica de la cuenca aporta al analista un mayor conocimiento del funcionamiento de esta.

FIGURA 10. ANÁLISIS DE VARIABILIDAD CLIMÁTICA



### 2.1.1.3. Análisis de demandas de agua

Para establecer la necesidad del recurso agua, es necesario determinar los requerimientos para su consumo, actual y futuro de los distintos usuarios existentes y potenciales de la cuenca en estudio, caracterizando su distribución durante el ciclo anual (año hidrológico), y su proyección y potencial evolución hacia el año frontera.

Por tanto, es preciso realizar la identificación de los usuarios de agua y caracterizar la demanda del recurso, en cuanto a su cantidad total y su distribución a lo largo del año.

También es preciso identificar a los usuarios potenciales, estimando sus necesidades de agua. Esta cantidad, sumada a la necesidad futura de los usuarios existentes (demanda futura extrapolada a partir de las tendencias de incremento o decremento del consumo actual), resulta en la demanda futura de agua en la cuenca, proyectada para el “año frontera” del análisis.<sup>9</sup>

La caracterización del consumo en agua a lo largo de un ciclo temporal ( por ejemplo la variación del consumo de agua a lo largo del año hidrológico) también es muy importante para determinar las necesidades de regulación del agua disponible en la cuenca.

Dentro de la demanda se considerarán los caudales mínimos capaces de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente de la cuenca (caudales de fauna y flora), que es denominada “caudal ecológico”.

### *a) Usuarios actuales y potenciales, y consumo*

La determinación de usuarios será realizada a partir de la identificación de los actores de la cuenca, los cuales serán caracterizados y descritos en el diagnóstico socioeconómico del proyecto.

Un usuario se define como un actor de la cuenca que presenta una demanda de agua. Este usuario puede ser un conjunto de personas que precisa agua para sus actividades básicas o para sus actividades económicas (riego o consumo animal); también puede ser un sector productivo, como por ejemplo una explotación minera o de áridos, u otros que necesiten del recurso para su desarrollo.

La demanda del usuario deberá ser cuantificada en su volumen anual y mensual, y se debe caracterizar la cantidad consumida de agua y la dinámica de este consumo a lo largo de un ciclo de análisis (año hidrológico). Esta caracterización también deberá tomar en cuenta las tendencias de incremento o decremento de la demanda.

En función de los documentos de planificación de la región (planes de ordenamiento del territorio y de desarrollo), y del estudio socioeconómico, se determinarán los potenciales nuevos usuarios y su demanda futura de agua.

### *b) Usuarios internos, externos, y posibles competencias de uso*

Los usuarios deberán ser identificados como “internos” y “externos” a la cuenca. Se definen como “internos” a los usuarios que se encuentran y desarrollan sus actividades (aquellas que consumen agua) dentro de la cuenca fuente. En usuarios “externos” se los denomina de esta forma porque su consumo y actividad (que consume agua) tiene lugar fuera de la cuenca donde está la fuente del agua. Esta situación puede darse cuando el recurso es conducido aguas abajo o trasvasado a una cuenca vecina.

---

<sup>9</sup> El año frontera o último de análisis será determinado en función de las necesidades de regulación, diseño de infraestructura y de cobertura de las necesidades de agua que tenga el proyecto analizado.

El estudio socioeconómico y de demanda de agua deberá ser explícito en la descripción y tipificación de los usuarios internos y externos. Debe señalar si estos grupos compiten por el uso del agua (actual o potencial) y si puede darse un conflicto entre ellos.

La caracterización de usuarios también debe establecer, en lo posible, el derecho de uso del agua de cada actor, determinando si se funda en costumbres con determinada antigüedad.

Este análisis se requiere para establecer potenciales conflictos y prioridades en el caso de que el agua disponible no sea la suficiente para cubrir todas las demandas identificadas.

### *c) Demanda ecológica (caudal ecológico)*

La consideración del volumen de agua destinado a la sostenibilidad del medio ambiente depende en la mayoría de los casos de la legislación local o nacional de cada país, que define una cantidad mínima que no debe ser captada, lo que se garantiza por la regulación que se proyecte en la cuenca. Este volumen está en función de los requerimientos mínimos de agua que precisa el medio biótico para su desarrollo. En algunos casos la legislación pide que este volumen de agua sea determinado a través de un estudio específico.

Esto es todavía más necesario en situaciones particulares, cuando ciertas especies de flora o fauna importantes para la cuenca y la región hayan sido catalogadas en vía de extinción. En ese caso se habla de un “caudal ecológico”, que puede ser mayor al definido por la legislación.

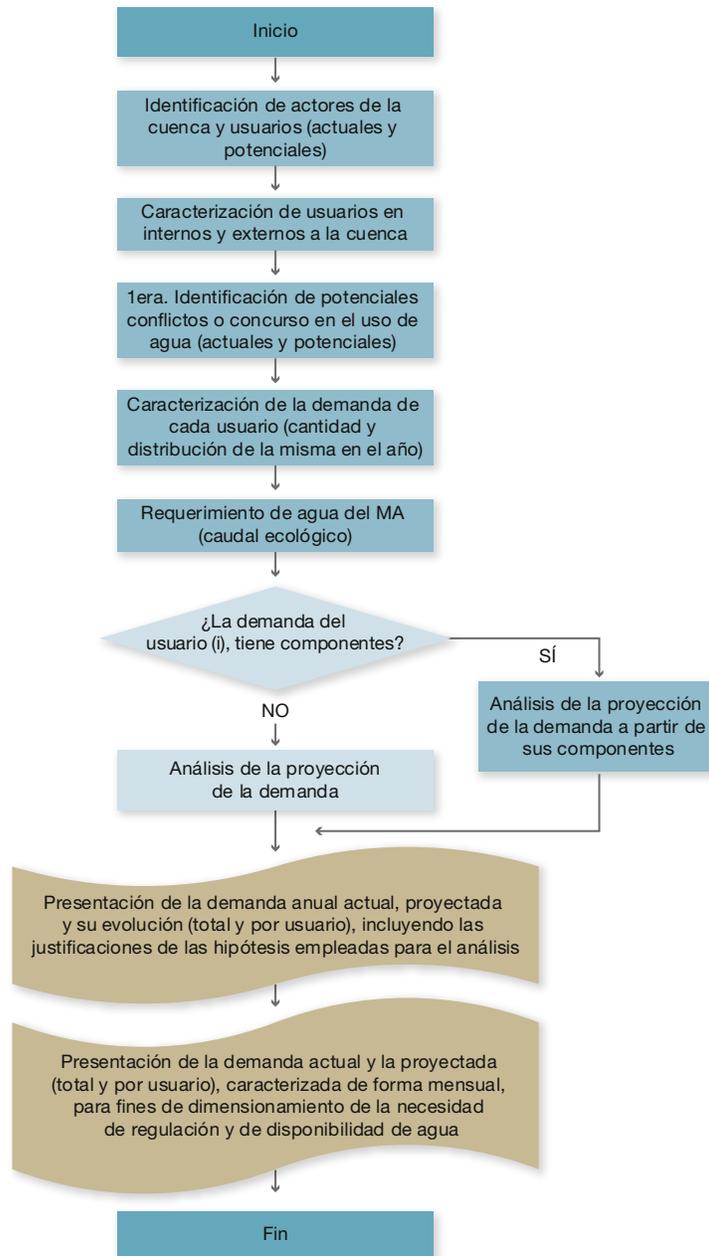
### *d) Demanda total*

Se identifican dos tipos de demanda: a) Demanda actual y b) demanda futura; ambas resultan de la suma de las demandas de todos y cada uno de los usuarios. Las hipótesis de proyección (crecimiento o decremento) deben ser explícitamente postuladas por el analista.

En caso de que la demanda de agua identificada tenga subcomponentes, los mismos deberán ser descritos por el analista y sujetos a una proyección similar a la del total.

Las demandas actual y proyectada (tanto total, como por usuario) deben ser calculadas en su composición y variación dentro del año hidrológico.

FIGURA 11. USUARIOS Y DEMANDAS



#### 2.1.1.4. Estimación preliminar de la necesidad de regulación del recurso

Se considera útil y necesario conocer cuál es la necesidad de regulación del recurso para cubrir la demanda, estableciendo una “línea de base” a partir de la cual identificar los impactos adicionales producidos por el cambio climático en la zona de estudio, buscando un aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos de la cuenca a futuro.

Se observa que, en la mayor parte de los casos, una cuenca puede proveer un total anual de agua mayor al demandado, pero la llegada de gran parte de este aporte se da de forma concentrada en un periodo de lluvias que dura menos de la mitad del año hidrológico. Este desbalance en el aporte de agua de la cuenca produce la necesidad de regular el mismo, para lograr su aprovechamiento óptimo y para cubrir la demanda que puede ser casi constante en el curso del año o anticíclica (mayor cuando existe menor es la oferta hídrica natural).

Se supone que esta necesidad de administración o regulación del recurso puede ser perturbada por los impactos del cambio climático, pero inicialmente se prescinde de este factor. Posteriormente éste se incorpora y permite calcular la infraestructura necesaria para el aprovechamiento del aporte de agua y su regulación final.

La herramienta es una técnica de cálculo empleada para la estimación del volumen útil del embalse, asumiendo la hipótesis de que resulta necesario construir una infraestructura de regulación.

Si bien no pretende sugerir implícitamente la necesidad de construir una presa, esta Guía presenta un método que se utiliza con frecuencia para dimensionar una. En la necesidad de regular el agua debe prevalecer un criterio objetivo que balancee las formas regulación natural y las de regulación artificial.

Para la descripción de la metodología recomendada, se sugiere usar la Figura 12 y la Tabla 1, que presentan ejemplos de la estimación de la necesidad de regulación (representada por el volumen útil de la estructura de regulación precisada) en una cuenca cualquiera con un aporte anual disgregado en una escala temporal mensual en las dos primeras columnas (columnas 1 y 2) de la tabla de cálculo.<sup>10</sup>

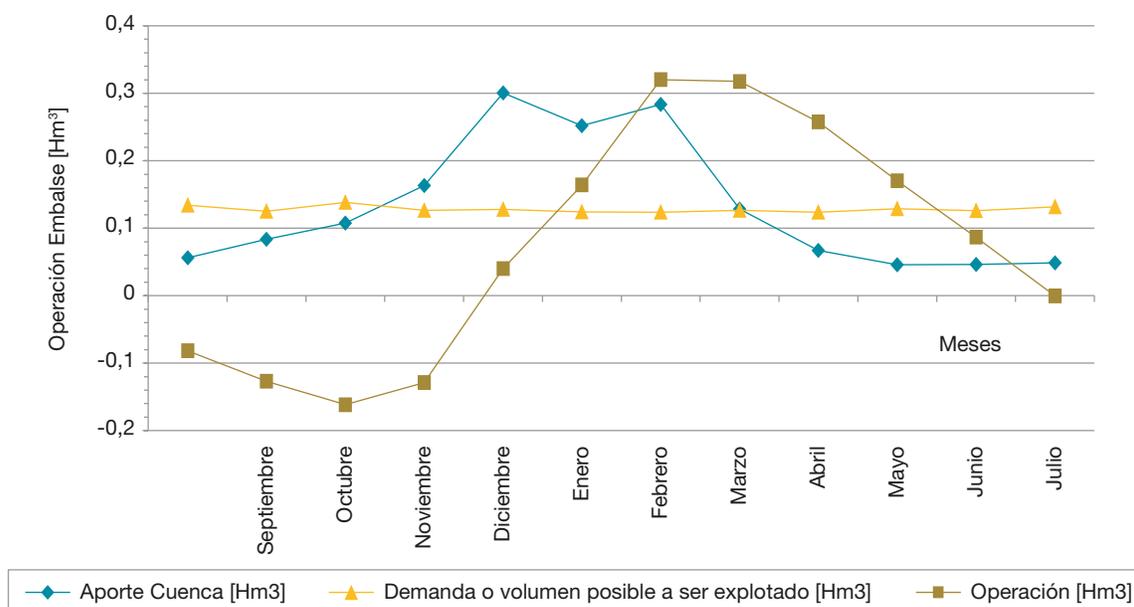
**TABLA 1. EJEMPLO: PLANILLA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR EL REQUERIMIENTO DE ALMACENAJE EN ESTRUCTURAS DE REGULACIÓN**

Mes	1 Aporte cuenca [%]	2 Aporte cuenca [Hm <sup>3</sup> ]	3 Pérdidas [Hm <sup>3</sup> ]	4 Aporte disponible [Hm <sup>3</sup> ]	5 Demanda o volumen posible a ser explotado [Hm <sup>3</sup> ]	6 Diferencia [Hm <sup>3</sup> ]	7 Operación [Hm <sup>3</sup> ]	8 Volumen necesario [Hm <sup>3</sup> ]
Septiembre	3,54%	0,06	0,0038	0,05	0,134	-0,082	-0,082	-0,563
Octubre	5,27%	0,08	0,0038	0,08	0,125	-0,045	-0,127	-0,609
Noviembre	6,79%	0,11	0,0038	0,10	0,138	-0,035	-0,161	-0,643
Diciembre	10,31%	0,16	0,0038	0,16	0,127	0,033	-0,129	-0,610
Enero	19,00%	0,30	0,0038	0,30	0,128	0,169	0,040	-0,442
Febrero	15,93%	0,25	0,0038	0,25	0,124	0,124	0,164	-0,318
Marzo	17,92%	0,28	0,0038	0,28	0,124	0,156	0,320	-0,161
Abril	8,10%	0,13	0,0038	0,12	0,127	-0,002	0,318	-0,164
Mayo	4,24%	0,07	0,0038	0,06	0,124	-0,060	0,257	-0,224
Junio	2,88%	0,05	0,0038	0,04	0,129	-0,087	0,170	-0,311
Julio	2,94%	0,05	0,0038	0,04	0,126	-0,083	0,087	-0,395
Agosto	3,07%	0,05	0,0038	0,04	0,132	-0,087	0,000	-0,482
	<b>100,00%</b>	<b>1,582</b>	<b>0,05</b>		<b>1,536</b>			
		Eficiencia:	<b>97,09%</b>					
					<b>Vol. útil del embalse [Hm3]:</b>		<b>0,482</b>	

Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

10 Se sugiere el testeo de diversos escenarios de aporte de agua de la cuenca: años de aporte característico seco, medio y húmedo.

FIGURA 12. EJEMPLO: OPERACIÓN DE UNA ESTRUCTURA DE REGULACIÓN PARA CUBRIR LA DEMANDA EN FUNCIÓN A LA DISPONIBILIDAD DE AGUA



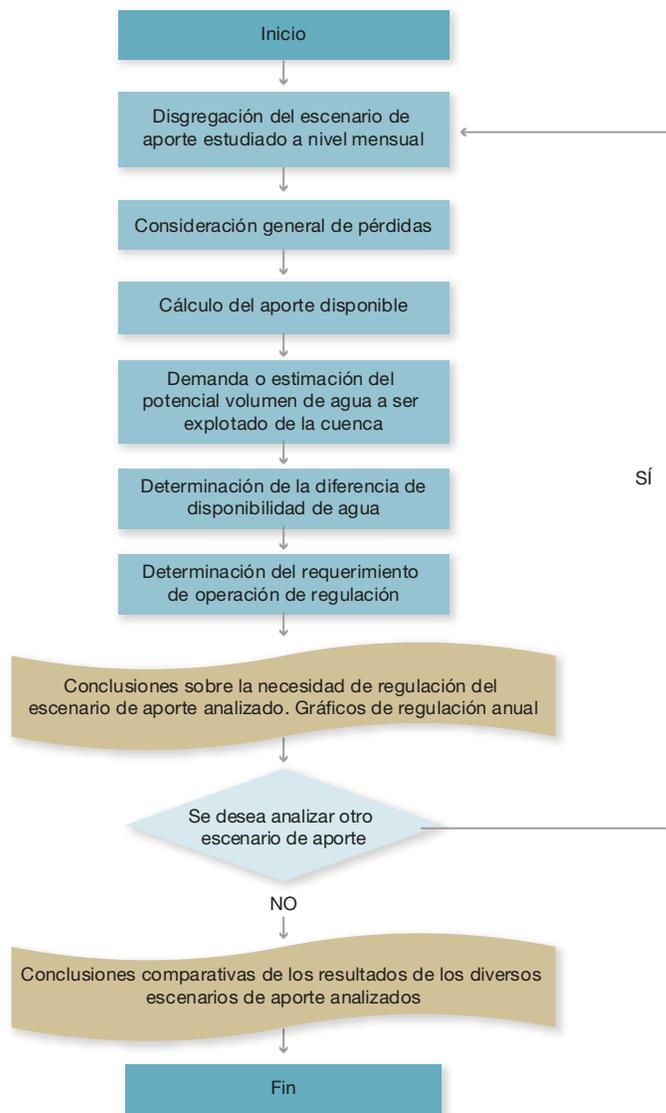
Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

En la columna 3 se presenta la estimación de pérdidas que se puede tener por evaporación o por tipo de captación (entre 3 y 5%). El aporte neto disponible es calculado en la columna 4 (col. 3 menos col. 2). La demanda mensual identificada es incluida en la columna 5, a partir de la cual se calcula la “diferencia”, que se presenta en la columna 6 (col. 4 menos col. 5).

La simulación de operación presentada en la columna 7 es el resultado de los valores acumulados de la columna anterior. Para una operación de regulación que cubra la demanda, la sumatoria de la columna 7 debe ser igual a cero. El valor del volumen útil de la estructura de regulación es el resultado de la resta del valor máximo y del valor mínimo de esta columna.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de regulación para el aprovechamiento de los recursos disponibles de la cuenca, sin que los recursos sean afectados por los impactos de cambio climático.

FIGURA 13. NECESIDAD DE REGULACIÓN



### 2.1.2. ANÁLISIS Y DETERMINACIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS DE CAMBIO DE VALOR, DE VARIABLES DE LAS CUALES DEPENDE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA (ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO)

Un análisis de los potenciales impactos de cambio climático en la disponibilidad del agua y la recreación de escenarios en función de esto, es una labor complicada que requiere una investigación seria y con profundas consideraciones multidisciplinarias y de larga duración. La prueba de esta aseveración es la labor que viene realizando el IPCC, que agrupa paneles de expertos que trabajan sobre esta temática hace bastante tiempo. Paralelamente, esta investigación ocupa a diversas universidades de todo el mundo. Sin embargo, ni siquiera las conclusiones y recomendaciones emitidas por estos grupos de investigadores son definitivas, ya aún queda mucho trabajo de investigación por hacer.

El criterio principal de esta parte de la Guía es la realización de un análisis simplificado de los posibles impactos del cambio climático sobre parámetros tales como la precipitación y la temperatura (entre otros), que a su vez son variables de las cuales depende la disponibilidad de agua.

Se toma como referencia el análisis de la precipitación y la temperatura, en su calidad de variables principales de las cuales depende el escurrimiento; sin embargo, esta situación no excluye la posibilidad de identificar otras variables de las cuales también puede depender la disponibilidad de agua y que a su vez sean potenciales objetos de cambios atribuibles al cambio climático.

El fin no es reemplazar los estudios de investigación ya referidos, sino emplear algunas simples herramientas de análisis (que puedan ser aplicadas en estudios de preinversión) que se apoyen en las investigaciones ya realizadas y conduzcan a algunos elementos de juicio para la toma de decisiones, respecto a la planificación, la necesidad de infraestructura y las acciones de aprovechamiento y gestión del agua.

Los criterios empleados y la metodología sugerida constituyen una línea de trabajo que puede ser mejorada por el analista, en función a la disponibilidad de datos e información, con tal de que éste justifique los criterios empleados en el desarrollo de su trabajo.

A continuación se adjunta los links a las páginas de los profesores Garreaud y Vuille, en las cuales es posible encontrar numerosos artículos científicos sobre la temática climática en la región sudamericana:

<http://www.dgf.uchile.cl/rene/> (Gareaud, 2014) [2.1.2-14]

<http://www.atmos.albany.edu/facstaff/mathias/> (Vuille, 2014) [2.1.2-15]

### 2.1.2.1. Revisión bibliográfica de las investigaciones en la zona de estudio (P y T u otros parámetros identificados por el analista)

Este es un paso fundamental en el método sugerido. Por la extensión y complejidad de los análisis que conlleva, el establecer posibles escenarios de cambio climático mediante estudios particulares no es realista.

Por tanto, la recopilación de los estudios realizados sobre el cambio climático es un paso obligatorio para establecer los posibles cambios en parámetros tales con la precipitación y la temperatura (de los cuales depende el escurrimiento). Para realizar esta búsqueda bibliográfica se necesita establecer ciertos criterios guía:

El analista debe consultar publicaciones que tengan una visión objetiva sobre el tema; debe analizar no solamente las conclusiones, sino las hipótesis sobre las que ellas se sostienen. Para esto debe diferenciar dos tipos de publicaciones: las científicas y las de divulgación. En el primer caso las fuentes y las hipótesis de trabajo, la extensión de los datos y la metodología, son explícitas; en el segundo caso, las aseveraciones emitidas se basan y citan este primer tipo de fuentes. En ambos casos el analista debe citar la base que sostiene las conclusiones empleadas. Las publicaciones que no citan sus fuentes no pueden ser aceptadas para el análisis.

La recopilación de información bibliográfica busca principalmente los valores entre los cuales los parámetros de precipitación y temperatura podrían variar a causa de los fenómenos que conlleva el cambio climático reciente.

Por ejemplo, el IPCC sugiere un margen de variación de estos parámetros a nivel regional en nuestro continente y en algunos casos a nivel local. Las salidas de los modelos empleados por este grupo de investigadores se halla disponible en su página web: <http://www.ipcc-data.org/index.html> (IPCC, 2014) [2.1.2-16].

A nivel local existe información e investigación valiosa y de mayor precisión sobre estas tendencias, la cual debe ser incluida en la revisión.

La conclusión que se espera de este análisis es un rango de valores dentro de los cuales se podría esperar la variación de la precipitación y la temperatura futuras.<sup>11</sup>

### 2.1.2.2. Análisis de rupturas de la homogeneidad del registro (P y T u otros parámetros identificados por el analista)

Sin embargo de lo dicho, se sugiere la realización de un análisis propio, a través del estudio de las series de datos de precipitación y de temperatura que se tiene sobre la zona de estudio y la región que las alberga.

La hipótesis que sostiene este análisis es la siguiente: Los impactos de cambio climático pueden ser encontrados o detectados en los registros de ciertos parámetros sensibles, tales como la precipitación, el escurrimiento y la temperatura. Estos cambios se traducen en diferencias en sus medias o tendencias que se dan a través del tiempo.<sup>12</sup>

Un test de análisis de homogeneidad de la muestra, como el de la Elipse de Bois, o de detección de rupturas sugeridas en Mestre, et al., 2011 [2.1.2-20] y en Caussinus H & Mestre O, 2004 [2.1.2-21], permite estimar el año de ruptura de la homogeneidad de la serie.

Se sugiere la aplicación de estos métodos a series históricas importantes (con antigüedad que se remonte más allá de los años 60, en lo posible), para, primero, determinar posibles años de ruptura de la homogeneidad en el registro y, luego, comparar las medias de antes y después de la ruptura, lo que permite determinar la tendencia de las series.

El analista debe observar si las rupturas están relacionadas con el cambio climático o si las mismas son atribuibles a otras causas, como fallas en el registro de toma de datos, a cambios en la estación, etc.

Los datos de diversas estaciones permiten profundizar este análisis, dando más resultados significativos.

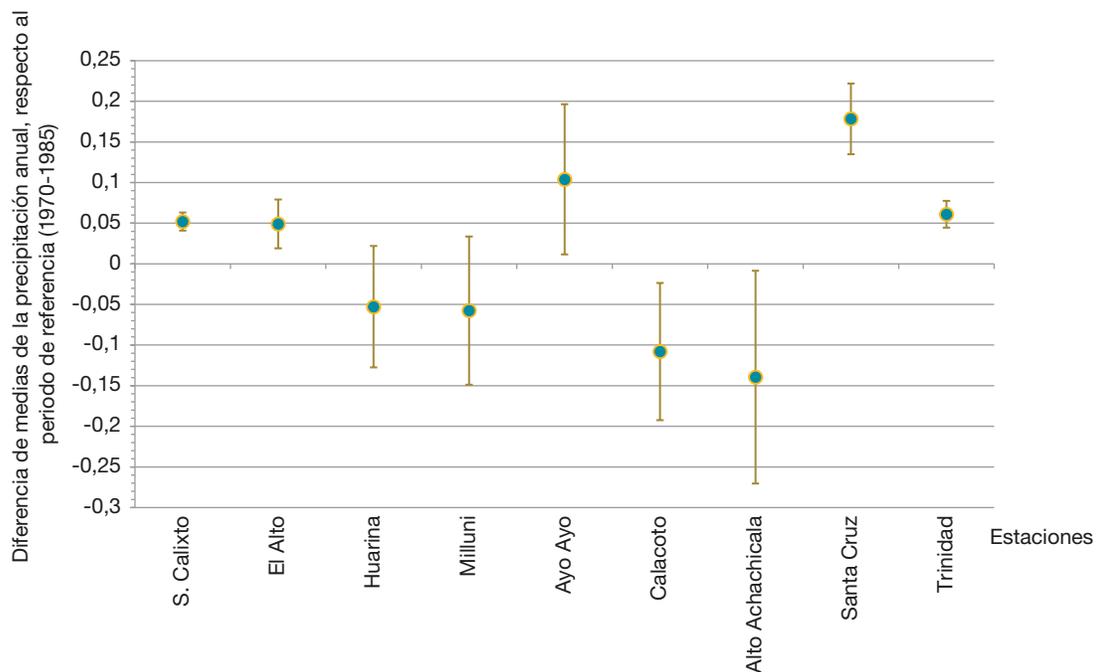
Se presenta como ejemplo de este procedimiento el estudio de Kaluyo (CAF, 2010), ilustrado en la Figura 14, en la cual se presenta la discusión sobre el resultado de nueve estaciones, con extensiones de registro variables, y se observa los cambios en las medias de antes y después del periodo 1970-85, donde se encontraron las rupturas de homogeneidad.

<sup>11</sup> Las investigaciones especifican sus predicciones y la escala temporal de las mismas.

<sup>12</sup> Hipótesis empleada por Olmos (2005)[2.1.2-17], Jaffrain (2007) [2.1.2-18] y Olmos (2011) [2.1.2-19]

Se observa que las medias de las estaciones de mayor importancia presentan hoy un incremento respecto a los valores que registraban antes de las rupturas. Este incremento fue de alrededor de un 5%, valor que luego sirvió de referencia para establecer un escenario de cambio climático.

FIGURA 14. ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE MEDIAS, ANTES Y DESPUÉS DE RUPTURAS DE HOMOGENEIDAD EN LOS DATOS



Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

### 2.1.2.3. Posibles tendencias a la concentración de la precipitación

Otro análisis que se sugiere realizar es el de posibles tendencias a la concentración de la precipitación, consideradas por algunas investigaciones locales como un efecto del cambio climático.

De inicio hay que realizar una revisión bibliográfica, con las características que son recomendadas en un anterior apartado sobre este método. Dicha revisión debe buscar valores que indiquen cómo se da esta dinámica de concentración de precipitaciones en la zona en estudio.

También se sugiere la realización de algunos cálculos simples sobre los registros, los cuales que puedan apoyar lo encontrado en la revisión bibliográfica.

*Observación de los registros pluviográficos.* - Se sugiere observar los registros pluviográficos (si es que estos están disponibles o existen) para determinar si se verifican tendencias a la concentración de las precipitaciones durante los últimos años, principalmente después de las rupturas de homogeneidad en los registros climáticos.

*Metodología de la curva de descarga.*– El método de la curva de descarga de Olmos (2011) se aplica cuando se tiene registros a nivel diario y series históricas importantes. Esta metodología fue empleada en el estudio de caso de Kaluyo. Su algoritmo de desarrollo es presentado en el Anexo 1 de este documento.

*Análisis de la tendencia al incremento del número de días de precipitación versus la cantidad precipitada.*– Este cálculo debe ser realizado con los totales anuales y los totales estacionales, discriminando época de estiaje y época húmeda o lluviosa.

#### 2.1.2.4. Determinación de los escenarios (atribuibles al cambio climático) de variación de los parámetros de las cuales depende la disponibilidad de agua

Para la determinación del cambio climático se emplearon numerosos modelos climáticos de circulación global provenientes de diversos centros de investigación. Existen varias páginas que compilan estos resultados y sus variaciones por regiones:

<http://rcpm.ucar.edu/> (NCAR, 2014) [2.1.2-22]

<http://www.wri.org/tools/cait/> (WRI, 2014) [2.1.2-23]

Los rangos de los diferentes parámetros considerados como objeto de análisis (P, T u otras, obtenidas de las páginas que anteriormente se mencionan), serán considerados como los valores variables a causa del cambio climático. En consecuencia, permitirán establecer los posibles escenarios futuros. El analista deberá presentar explícitamente estos escenarios, especificando su validez, la fuente de los que se derivan y las hipótesis que los respaldan.

Para los fines prácticos de la presente metodología el analista debe establecer los rangos de variación de los parámetros de los cuales (según el modelo que emplea), depende el escurrimiento o disponibilidad de agua (variación atribuible al cambio climático). Por ejemplo si:

$$Q = f(P, T, \dots)$$

Se determina los rangos de variación futuros de P y T, atribuibles al cambio climático:

$$P_{cc} = \{a ; b\} ; T_{cc} = \{c ; d\}$$

Donde:

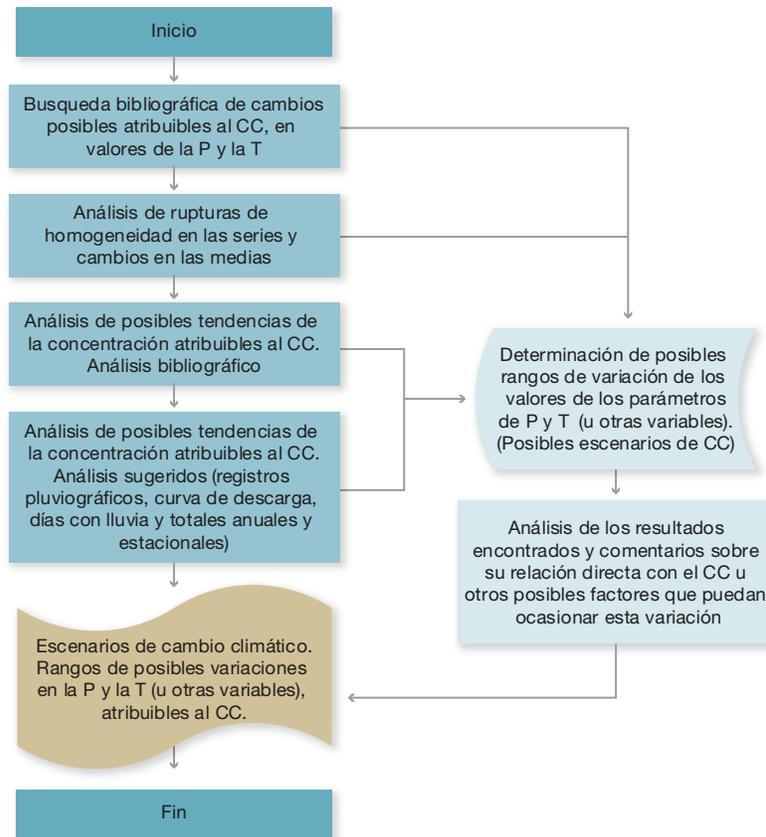
$P_{cc}$ : Rango de variación esperado por concepto de cambio climático en P.

$\{a ; b\}$  Valores máximos y mínimos esperado del rango de variación de P.

$T_{cc}$ : Rango de variación esperado por concepto de cambio climático en T.

$\{c ; d\}$  Valores máximos y mínimos esperado del rango de variación de T.

FIGURA 15. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (RANGOS DE VARIACIÓN DE PARÁMETROS DE LOS CUALES DEPENDE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA)



### 2.1.3. ANÁLISIS DE ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Un modelo de balance hidrológico calibrado  $Q = f(P, T, \dots)$  es la principal herramienta de la presente propuesta metodológica para fines de simulación y análisis de la sensibilidad del potencial cambio en el aporte de la cuenca debido a cambios atribuibles a la influencia de cambio climático, en los parámetros de los cuales depende (básicamente, precipitación y temperatura).

Los rangos de variación de estos parámetros darán la posibilidad de analizar la influencia de los cambios en el aporte de agua bajo la siguiente lógica:

Si  $A$  es una variable de la cual depende el aporte de agua de la cuenca ( $Q$ ) y cuyo valor puede cambiar a raíz de la influencia del cambio climático; donde además se ha identificado que su rango de variación podría darse entre los valores  $A_1$  y  $A_2$ .

$$Q=f(A) \text{ y } \text{Acc}=[A_1 - A_2]$$

Es posible realizar un análisis de sensibilidad de la variación del aporte ( $Q$ ), en función de la variación de los valores de  $A$ , en el rango identificado [ $A_1 - A_2$ ], determinando la posible variabilidad del aporte atribuible al cambio climático  $Q_{cc}$ .

$$Q_1=f(A_1) ; Q_2=f(A_2) \rightarrow Q_{cc} = [Q_1 - Q_2]$$

El concepto anterior es además aplicable al análisis de la influencia de los cambios en la concentración de la precipitación y también otorga elementos para hacer el análisis diferencial de la dinámica hidrológica de la cuenca, mediante el diferencial entre la situación sin perturbación y la situación con perturbaciones atribuibles al cambio climático.

En síntesis, si:

$$Q_{\text{actual}} = f(P_{\text{actual}}, T_{\text{actual}}, \dots)$$

Entonces:

$$Q_{cc} = f(P+\Delta P\{a;b\}, T+\Delta T\{c;d\}, \dots)$$

Donde:

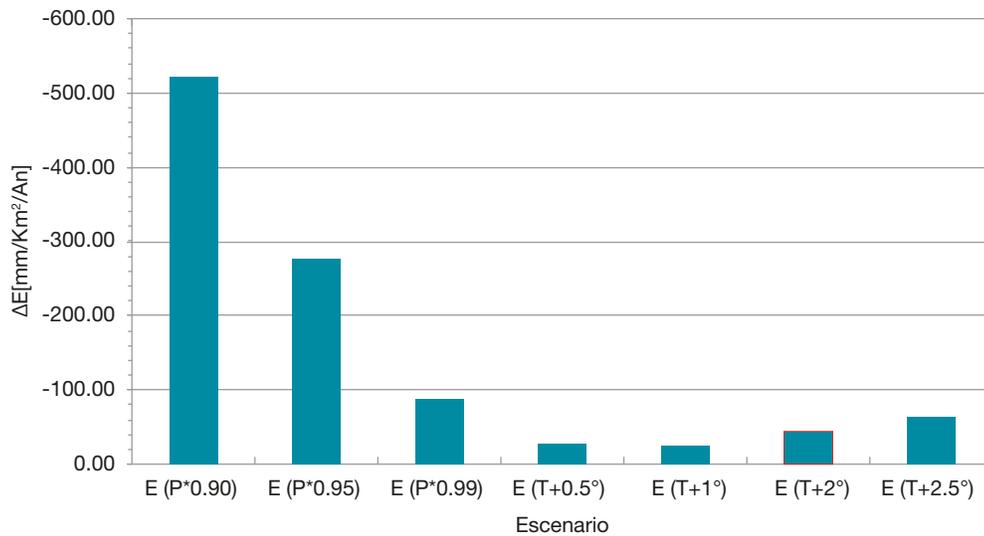
a-b representa el rango de variación de  $P$  atribuible al cambio climático y c-d el rango de variación de  $T$ , también atribuible al cambio climático.

La aplicación en la modelación de la variación ( $\Delta$ ) de los parámetros dependientes  $P$  y  $T$  (y los que tenga el modelo) se da en los periodos espejo o en los periodos modelados y/o reproducidos en la etapa de calibración y aplicación del modelo:

Serie de datos de disponibilidad futura con  $cc = \text{periodo espejo} + \Delta P + \Delta T + \dots + \Delta \text{Var.dep} \dots$

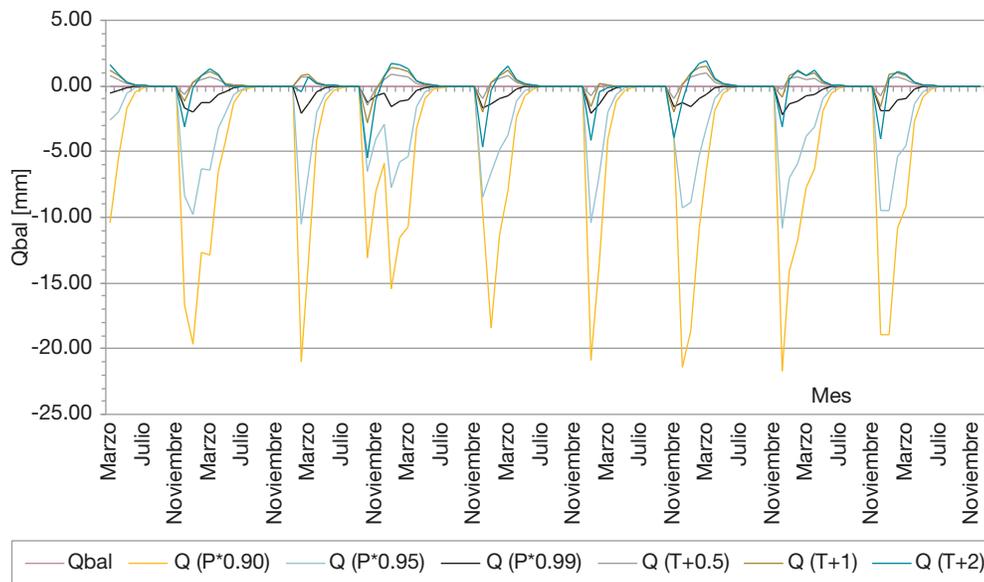
Las figuras que se presentan a continuación son un ejemplo de los resultados buscados a través de la aplicación de esta metodología:

FIGURA 16. ESCENARIOS DE VARIACIÓN DE P Y T Y SU IMPACTO EN EL VALOR DEL ESCURRIMIENTO (EJEMPLO)



La Figura 16 muestra la aplicación de los escenarios de variación de la precipitación (disminución) y de la temperatura (incremento) y su efecto diferencial respecto a la disponibilidad de agua en el periodo de análisis. Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

FIGURA 17. ESCENARIOS DE VARIACIÓN DE P Y T Y LA POTENCIAL VARIACIÓN DE LA DINÁMICA DEL ESCURRIMIENTO A LO LARGO DEL PERIODO DE ANÁLISIS (EJEMPLO)



La Figura 17 presenta la influencia de la variación de las variables analizadas (diversos escenarios de variación de P y T) en el régimen de aporte de agua de la cuenca. Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

FIGURA 18. ESCENARIOS DE VARIACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE LA P Y SU IMPACTO EN EL VALOR DEL ESCURRIMIENTO (EJEMPLO)

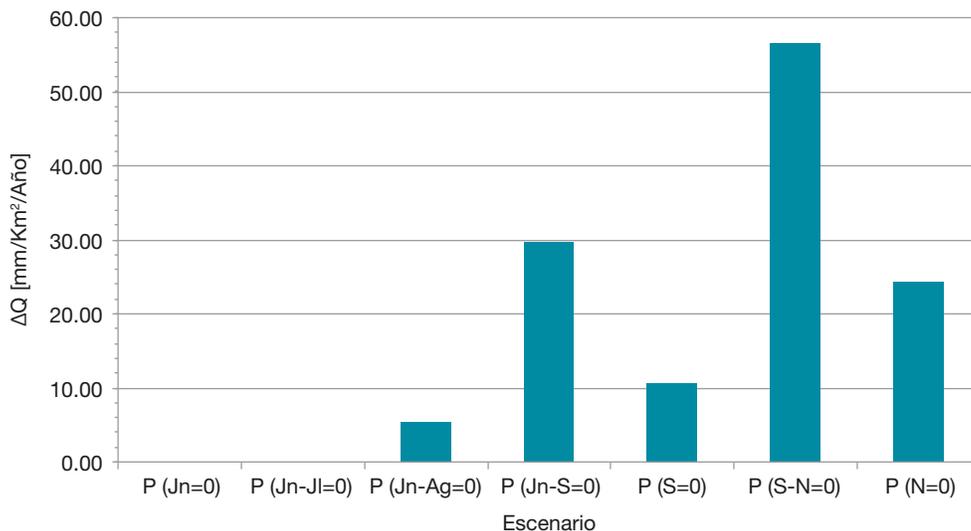
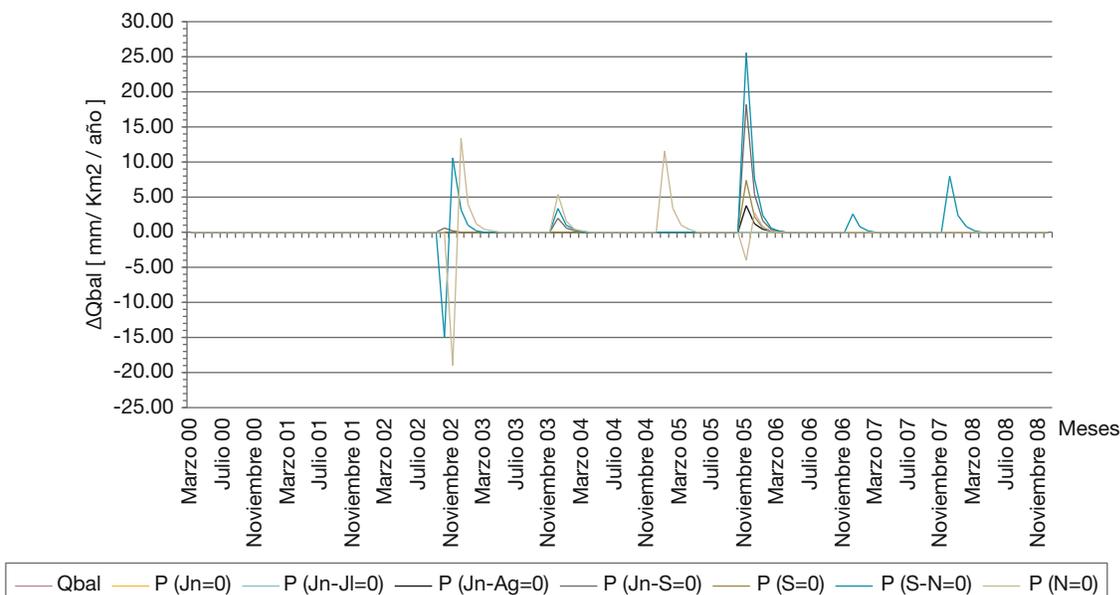


FIGURA 19. ESCENARIOS DE VARIACIÓN LA CONCENTRACIÓN DE LA P Y LA POTENCIAL VARIACIÓN DE LA DINÁMICA DEL ESCURRIMIENTO A LO LARGO DEL PERIODO DE ANÁLISIS (EJEMPLO)



Las Figuras 18 y 19 muestran la influencia de diversos escenarios de concentración de la precipitación en el régimen de aporte de agua de la cuenca. Fuente: Proyecto Kaluyo, La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

Los resultados obtenidos deberán ser considerados como referenciales, es decir como órdenes de magnitud de la posible variación del aporte debido al potencial impacto de cambio climático y no como valores absolutos, con la salvedad del caso en el que la cuenca analizada no contenga elementos de regulación, o que los mismos hayan sido considerados en el balance, con datos que permitan incluirlos en el modelo.

Nótese que el periodo espejo afectado por los deltas de variación (D) no corresponde solamente a un dato puntual, sino a una serie de datos modelada y afectada por el cambio climático, de la cual también se puede derivar aspectos estadísticos significativos (media, desviación estándar, coeficiente de variación, valores máximo y mínimo), a partir de los cuales es posible calcular los escenarios futuros de variabilidad climática.

### 2.1.3.1. Modelo de balance hidrológico. Determinación de la posible influencia del cambio climático. Importancia del aporte glaciar

Un glaciar es una masa de hielo que acumula y transforma nieve en hielo y la restituye en forma de vapor o en forma líquida, conociéndose esta relación entre ganancias y pérdidas de masa como “balance de masa”. La determinación del aporte de agua de un glaciar es de suma importancia, principalmente si se considera que éste pudiera ser afectado por el cambio climático, entonces, será de relevancia cuantificar el balance de ganancias y pérdidas masa de un glaciar a nivel temporal y espacial, permitiendo determinar su aporte en términos de volumen de agua.

Para realizar un monitoreo glaciar serio se requieren muchos años de observación continua, cuidadosa y sistemática. No es posible extraer información que sirva para fines útiles si solo se cuenta con un par de años. Por lo tanto, es recomendable que los países puedan dar la verdadera importancia a la sostenibilidad de las redes de observación. La gran dificultad no radica en la limitación técnica o económica de implementar una gran cantidad de estaciones, sino en garantizar que las que existen puedan funcionar correctamente y de forma continua en el tiempo.

Para comprender la compleja relación entre un glaciar y el clima se debe tomar en cuenta que los glaciares responden a diferentes factores tales como: la precipitación (nieve o lluvia), la temperatura, la humedad del medio ambiente, la nubosidad, la intensidad de la radiación solar, así como la frecuencia e intensidad de eventos extremos como en el caso del “Fenómeno El Niño”.

Hoy en día existe una gran controversia sobre si los cambios en el clima son provocados por el ser humano. Sin embargo, hay que hacer una clara diferenciación entre “variabilidad climática” y “cambio climático”. La variabilidad climática es el proceso natural de cambio del clima y está asociado a procesos de tipo astronómico que experimenta el planeta. Estos procesos son por ejemplo las oscilaciones que tiene el eje de la Tierra o las oscilaciones que sufre la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Estas oscilaciones producen procesos naturales de calentamiento y enfriamiento del planeta, que a su vez causan avances y retrocesos naturales de las coberturas de nieve a nivel global. Estos procesos se presentan en periodos de tiempo muy amplios (miles de años). Existen también oscilaciones climáticas en periodos de aproximadamente 10 y 11 años que están asociados a la actividad solar.

En contraposición, el denominado “cambio climático” se caracteriza por cambios muy notorios en las variables del clima en periodos de tiempo muy cortos, que difieren drásticamente del comportamiento natural del clima.

Hoy existen claras evidencias que estos cambios aparecen inmediatamente después de la denominada “revolución industrial”, como producto de aumentos de temperatura asociados al incremento de los denominados gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono salido de las fábricas, vehículos, etc.

Se debe considerar, por lo tanto, que los cambios que se observan en el clima son la sumatoria de cambios naturales (variabilidad climática) y cambios provocados (cambio climático). Esta suma de hechos que se denominan “cambios globales”.

La importancia de los glaciares de la región andina radica en el hecho de que éstos conforman el 95% de los glaciares tropicales a nivel mundial, con una superficie estimada de 2.500 km cuadrados.

De la totalidad de glaciares en los Andes, el Perú cuenta con el 71% de los nevados, en tanto que Bolivia cuenta con el 22%, Ecuador con el 4% y Colombia con el 3%.

En América del Sur los recursos hídricos provenientes de cuencas con cobertura glaciar son utilizados para diferentes actividades tales como: suministro de agua potable, generación de energía eléctrica y riego, etc. Alrededor de 40 Millones de habitantes que hacen uso de este recurso. En los países andinos el uso de las aguas glaciares representa el 60% de la capacidad energética instalada.

De acuerdo a los estudios realizados en la región, se ha podido constatar que existe un incremento promedio de la temperatura de 0,15°C por década desde 1950 y un incremento promedio de 0,32°C a 0,34°C entre 1974 y 1998.

En términos de precipitación (lluvia o nieve), se ha observado un aparente incremento en el norte de Perú, pero una disminución en el sur del Perú y el norte de Bolivia.

Estas modificaciones del clima han provocado impactos muy notorios sobre los glaciares de la región andina, habiéndose observado un retroceso acelerado en los últimos 30 años, en los cuales el proceso de derretimiento prácticamente se ha triplicado. En el Perú, en la Cordillera Blanca, se ha observado un retroceso moderado del frente de los glaciares, de entre 50 y 150 metros de longitud por década entre 1948 y 1970, que se mantuvo en relativa estabilidad durante la década de los 70. Es después de 1980 que se observa un rápido retroceso generalizado, que se acelera nuevamente en los años 90. En el caso de Bolivia se han observado comportamientos similares. A partir de mediados de los años 70 e inicios de los años 80 los glaciares han comenzado a derretirse tres veces más rápido que lo que se había observado anteriormente. Esto ha hecho que varios glaciares menores a 1 km cuadrado hayan desaparecido. Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que para el caso de los glaciares andinos, la presencia de los “eventos El Niño” juegan un rol muy importante, pues están asociados a un aumento entre 1°C y 3°C en la temperatura atmosférica de los Andes.

El presente apartado presenta sugerencias para encarar la estimación del aporte glaciar, tanto desde el punto de vista teórico-metodológico como práctico. En su primera parte se presenta el desarrollo de los aspectos principales a ser considerados en la estimación referida. En la segunda parte se presenta el desarrollo práctico sugerido por la presente metodología.

Sin duda al hablar de glaciares surge la gran interrogante de si estos, al verse afectados por los importantes cambios globales que está experimentando el clima, afectarán la disponibilidad de recursos hídricos para los diversos usos tales como: agua para consumo humano, riego, generación de energía hidroeléctrica y otros.

En base a las experiencias generadas en la región en materia de estudios glaciológicos, se plantea una metodología estándar que podría ser aplicada en la región andina. Esta metodología puede ser utilizada para la formulación de estrategias de adaptación frente a impactos del cambio climático en cuencas de estudio que cuentan con cobertura glaciaria.

Una evaluación integral debería comprender los siguientes componentes:

- Recopilación de la información.
- Determinación de balances de masa glaciaria.
- Aplicación de modelos hidroglaciológicos.
- Análisis de tendencias.
- Determinación de escenarios climáticos futuros.
- Simulación de aportes bajo escenarios climáticos.

Bajo este esquema se describe a continuación cada uno de estos componentes.

### *a) Recopilación de la información*

La recopilación de información se constituye sin duda en uno de los componentes más cruciales para el desarrollo del estudio, ya que dependiendo de la calidad de esta los resultados tendrán mayor o menor relevancia y representatividad.

La información de base está constituida a su vez por todos los registros hidroclimáticos del área de estudio que hayan podido ser medidos. Mientras más largo el registro, mayor certeza en las estimaciones. Esta información principalmente está conformada por los registros de precipitación y temperatura; sin embargo, existen sitios donde también existe mayor información referente a otros parámetros tales como: humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección del viento, presión, evaporación y otros. No obstante, en América Latina lo más frecuente será el contar con baja información hidroclimática, siendo por lo general la precipitación y la temperatura los parámetros que tienen un mayor seguimiento a través de las estaciones denominadas “Termo-Pluviométricas TP”.

Por otra parte, será de vital importancia el poder contar con registros de niveles o caudales de los cursos de agua; sin embargo, este dato será aún más escaso comparado con los datos de las estaciones meteorológicas.

Una de las limitaciones que se ha podido percibir para la realización de los diversos estudios que implican la utilización de registros hidroclimáticos es la falta de sistematización de la información. Existen pocas bases de

datos validadas con información criticada y sometida a un control de calidad. Es por lo tanto imprescindible y urgente invertir recursos para el establecimiento de estas bases de datos. En muchos casos si bien existen registros, estos todavía permanecen en el papel y no han sido digitalizados y sistematizados.

En términos de datos glaciológicos, las redes de observación en la región andina son por lo general bastante recientes y sus registros no van más allá de los 15 años continuos. Es por lo tanto indispensable la recuperación de todo material que exista y que pueda dar cuenta de la evolución de los glaciares en el tiempo.

El estudio de la glaciología no se limita únicamente a la cuantificación de las superficies de los glaciares que se pierden con el tiempo, sino fundamentalmente a la determinación del “balance de masa glaciar”, el cual da cuenta de las pérdidas o ganancias en masa que ha experimentado un glaciar y cuánto representa esto en términos equivalentes a una lámina de agua. Para tal efecto lo ideal es contar con mediciones de las variaciones de espesor en la zona baja del glaciar o “zona de ablación”, que es la zona de pérdida de masa, las cual se manifiesta principalmente en fusión y consecuentemente escurrimiento. A su vez es importante contar con mediciones de acumulación que se realizan en la parte alta del glaciar, también conocida como “zona de recarga”. También es importante contar con mediciones topográficas del contorno del glaciar y principalmente de los frentes glaciares. A través de estas mediciones es posible cuantificar el balance de masa a través del denominado “método glaciológico”. Para fines de validación y comprobación es importante que un glaciar esté controlado con pluviómetros totalizadores dispuestos en la zona de estudio, así como de estaciones hidrométricas a las salidas de las cuencas. Este tipo de instrumental permite la cuantificación del balance de masa a través del denominado “método hidrológico”. Sin embargo, lo más frecuente será encontrar que no se cuenta con esta información. En tales casos se puede recurrir a información indirecta que pueda darnos cuenta de las variaciones del glaciar en el tiempo.

No cabe duda que el pretender reconstruir información histórica sobre precipitación y temperatura será una tarea muy compleja; no obstante, hoy en día se cuenta con técnicas bastante confiables que permiten reproducir, por lo menos de forma cualitativa, el comportamiento y patrones de la precipitación y de la temperatura. En la región andina existen métodos que ya han sido utilizados para observar cómo la precipitación y temperatura fueron cambiando en el tiempo. Uno de ellos es la reconstrucción del clima mediante núcleos o testigos de hielo extraídos de los picos nevados en sitios donde la composición del hielo no había sido alterada por cambios importantes de temperatura. Esta técnica utiliza las características físico-químicas de las moléculas del agua para asociarlas a cambios en la temperatura y la cantidad de precipitación. Uno de los parámetros que se mide es el contenido isotópico en deuterio y oxígeno 18. En la región andina se ha llegado a reconstruir incluso un periodo del orden de los 25.000 años. Sin embargo, hay que tomar la información con cuidado porque, por ejemplo, la resolución temporal de un núcleo puede variar en función de la profundidad de la que éste se extrajo. Para profundidades más próximas a la superficie la resolución de la información puede llegar a ser incluso anual, mientras que para muestras profundas, muchos cientos o miles de años pueden estar concentrados en un par de metros debido a la compresión causada por el peso de las capas de hielo.

No es lo mismo interpretar el clima en un núcleo de hielo de la Antártida que en un núcleo de hielo en los Andes tropicales. En el primer caso, la señal climática estará directamente relacionada a la temperatura, mientras que en el segundo caso la señal estará relacionada principalmente con la precipitación, mientras que una cierta porción estará influenciada por la temperatura (señal mezclada). Dependiendo del sitio de perforación (latitud), la señal climática podrá tener una fuerte influencia de la circulación atmosférica, ligada al comportamiento del Océano Pacífico o, en otro caso, asociada a la señal proveniente del Atlántico.

Otra información indirecta útil y práctica que puede dar cuenta de las modificaciones que ha tenido el clima en el pasado es la interpretación del crecimiento de los anillos de árboles de la región. Los anillos de los árboles tendrán mayor o menor espesor en función de haber estado expuestos a mayor o menor cantidad de precipitación. Sin embargo estos árboles tienen que haber estado expuestos a condiciones naturales.

De igual manera, otra fuente de información muy útil es la reconstrucción de las condiciones climáticas a partir de la interpretación de los sedimentos acumulados en los lagos, los cuales pueden remontarse en el tiempo mucho más que la información de los picos nevados.

Es importante mencionar que si bien todos estos métodos indirectos (“proxis”) proporcionan importante información del clima pasado, solo constituyen una información de tipo cualitativo. Nada reemplazará al dato proveniente de la medición directa a través de instrumentos destinados a tales propósitos. No obstante, la información “proxy” será mucho más representativa, realista y menos subjetiva comparada con la información de la memoria o percepción del hombre.

En nuestros días, si hablamos en términos de la información glaciológica existente, existen importantes y valiosos registros en la mayoría de los países contenidos en las películas de vuelos fotogramétricos antiguos. Es a partir de esta información que se pueden reconstruir las extensiones de los glaciares y analizar su evolución en el tiempo. Sin embargo, la información más valiosa que tiene este registro es la posibilidad de reconstruir las alturas, y consecuentemente los volúmenes, que los glaciares han ido perdiendo en el tiempo. Estos volúmenes perdidos pueden ser transformados a su vez en equivalentes de volúmenes de agua, lográndose de esta manera cuantificar la pérdida. En términos de recursos hídricos disponibles, por efecto, por ejemplo, de incremento de temperatura o modificación de la precipitación. Esta es sin duda, de acuerdo a las experiencias de los programas de monitoreo glaciar actuales, la herramienta más precisa y económica para cuantificar los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de recursos hídricos provenientes de fuentes glaciares.

La tecnología satelital hoy en día se aproxima cada vez más a resoluciones muy próximas a las de la fotografía aérea, permitiendo además determinar alturas a través de imágenes estereoscópicas. Esta técnica es muy prometedora y posiblemente se constituirá a corto plazo en la forma más práctica y económica de realizar monitoreos glaciares.

## *b) Determinación de balances de masa glaciar*

El objetivo principal en un monitoreo glaciar es determinar el denominado “balance de masa glaciar”, que no es otra cosa de realizar un balance de las ganancias y pérdidas de nieve o hielo que experimenta el glaciar en su conjunto. Posteriormente, este balance es comparado con los escurrimientos medidos a la salida de un glaciar, lo que permite conocer cuál es el aporte por fusión del glaciar. Es por lo tanto imprescindible el poder realizar diversas mediciones sobre glaciares representativos, a fin de poder caracterizar el comportamiento y funcionamiento de los mismos y regionalizar esta información. Actualmente existen importantes redes mundiales de observación que proporcionan información estandarizada que permite hacer comparaciones entre regiones. En el caso de América Latina, se ha establecido un red de monitoreo que está a cargo de diversos laboratorios de investigación, los cuales están asociados a través del “Grupo de Trabajo de Nieves y Hielos” (GTNH), el cual forma parte de las actividades del Programa Hidrológico Internacional (PHI) de UNESCO.

<http://www-lgge.obs.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/> (LGGE, 2014) [2.1.3-24]

<http://www.gloria.ac.at/> (GLORIA, 2014) [2.1.3-25]

Es importante incentivar a los gobiernos a reforzar o, en algunos casos, a implementar, redes de monitoreo glaciar. La mayor limitante que existe no solamente es la adquisición de instrumentación, sino la sostenibilidad de estas estaciones de observación, lo cual debería formar parte de las políticas estratégicas de los gobiernos y no ser solamente una iniciativa de algunos grupos de investigación.

En la situación más desfavorable, es decir, si no se pueden llevar equipo a los glaciares, se recomienda reconstruir estos balances de masa a partir de la restitución fotogramétrica de vuelos pasados.

### *c) Aplicación de modelos hidroglaciológicos*

La aplicación de modelos siempre permite, a través de la conceptualización de los procesos, hacer una representación realista de los comportamientos de sistemas tales como las cuencas hidrográficas. No obstante, estos modelos siempre serán una aproximación de la realidad cuya precisión dependerá de la calidad de la información con la cual son alimentados. Para los estudios hidrológicos relacionados a la cuantificación de recursos hídricos se han venido utilizando, principalmente, los modelos clásicos denominados modelos de precipitación-escoorrentía.

Para el caso particular de las cuencas que cuentan con cobertura glaciar, se deberá tomar en cuenta el componente de fusión de la nieve. No bastará considerar un sistema simple que tome en cuenta la influencia de la temperatura sobre la fusión glaciar, sino también el complejo funcionamiento de los glaciares en medio tropical, donde los procesos de acumulación y pérdida de masa se presentan de forma simultánea.

Existen diversas alternativas al momento de elegir un modelo hidroglaciológico en particular, pues cada uno se adecua a las características de cada glaciar. En algunos casos es necesario desarrollar un modelo específico para el sitio de estudio particular.

Independientemente del sitio o del modelo que hayan sido elegidos, lo importante será siempre la cantidad y calidad de la información con la cual se puede calibrar y validar el modelo. Para ello, toda información directa o indirecta será útil.

Una vez que se ha logrado calibrar y validar un modelo, este se constituye en una herramienta que permite simular los diferentes escenarios a los que pueden confrontarse los glaciares en un futuro.

El resultado que puede proporcionar el modelo hidroglaciológico será por lo tanto el dato de entrada que se suministrará a un modelo que permita simular la gestión de los recursos hídricos.

### *d) Análisis de tendencias*

Las series de datos generadas a partir de información recabada de las estaciones hidroclimatológicas permiten conocer el comportamiento de los diferentes parámetros que corresponden con un pasado próximo. En muchos países la longitud de estos registros no sobrepasa el siglo. No obstante, estos registros, aunque cortos, permiten hacer un análisis de las tendencias que se ha venido experimentando en el tiempo. De esta manera se conoce,

por ejemplo, que para América del Sur y principalmente para los países situados en los trópicos y sub-trópicos, la tendencia es que la temperatura se incremente; además, se observa que las precipitaciones mínimas tienden a incrementarse más que las máximas, provocando una disminución de la amplitud térmica diaria.

El análisis de tendencias permite, en un estudio de evaluación de disponibilidad de recursos hídricos, entender cuáles pueden ser los impactos relacionados a los cambios globales en un futuro inmediato.

Para poder entender cuáles pueden ser los posibles impactos para periodos más largos (varias décadas), será necesario apoyarse en otra información provenientes de los denominados “modelos de circulación global”, los cuales permiten hacer simulaciones para periodos de tiempo mucho mayores.

En la web existen numerosas opciones de análisis climáticos a partir de modelos interactivos, en las cuales el usuario puede cambiar las condiciones o escenarios y observar los posibles impactos.

<http://www.chooseclimate.org>; <http://jcm.climatemodel.info> (Mattheus, 2014) [2.1.3-26]

### *e) Determinación de escenarios climáticos futuros*

Los escenarios climáticos futuros (varias décadas) implican considerar los cambios del clima a escala global de toda la tierra. Estos modelos se apoyan en la conceptualización de complejos modelos que simulan la circulación atmosférica. Para hacer correr estos modelos se requieren potentes computadores que puedan realizar millones de cálculos por segundo. Esto hace que la mayoría de estos computadores funcionen en centros especializados en unos cuantos lugares en el mundo, llenando espacios del tamaño campos deportivos.

Si bien el avance de la tecnología ha permitido que los computadores actuales puedan realizar inmensas cantidades de cálculos; nuevamente, la calidad de los resultados de simulación dependerá de la cantidad y calidad de la información con la que fueron alimentados. Es por tales razones que los modelos de circulación global o GCM (por sus siglas en inglés) se aplican mejor a algunos sitios pero no a otros, por lo que aún se tiene grandes incertidumbres sobre los valores y órdenes de magnitud de las variables meteorológicas. Otra de las dificultades en la utilización de las corridas de los GCM es que éstas deben ser validadas para un periodo de referencia donde se haya medido información. Esto es desfavorable para los países en vías de desarrollo, que por lo general no cuentan con registros suficientemente largos como para emplearlos en estas validaciones.

Si se pretende aplicar los resultados de un GCM para analizar el comportamiento de cuencas hidrográficas para posibles escenarios en las próximas décadas, el otro problema con el que se tropieza es la resolución o escala espacial. Los GCM trabajan a una resolución de muchos kilómetros cuadrados, mientras que para simulaciones hidrológicas se necesita trabajar a nivel de cuenca, lo que generalmente implica pocos kilómetros cuadrados. Para resolver esta dificultad se deben aplicar una segunda categoría de modelos: los “modelos regionales”, a partir de los cuales se puede realizar el proceso de bajado de escala, más conocido como “downscaling”. No obstante este análisis requiere para su validación nuevamente información registrada en el sitio de estudio para un periodo prudente. Este aspecto pone nuevamente en desventaja a los países en vías de desarrollo por la escasa información existente.

Será por lo tanto importante impulsar proyectos en los cuales se puedan validar corridas de los GCM y trabajar en las reducciones de escala para aquellos sitios que se pretende estudiar en términos de cuantificación de recursos hídricos.

### *f) Simulación de aportes bajo escenarios climáticos*

Suponiendo que se haya podido generar la información necesaria mencionada en los puntos anteriores, el siguiente paso será el utilizar los modelos hidroglaciológicos calibrados para simular escenarios con datos provenientes de los modelos regionales. Sin embargo, hasta hoy las investigaciones muestran que la aplicación de los GCM para simulaciones a nivel de escala de cuenca es todavía muy imprecisa, lo cual obliga utilizar con mucha prudencia este tipo de información. A pesar de estas limitantes, lo importante de la información de los GCM es el poder tener una idea cualitativa de los cambios que se pueden experimentar a largo plazo a nivel tanto temporal como espacial. Esta información, apoyada con los análisis de tendencia, puede permitir a un hidroglaciólogo experimentado generar posibles escenarios bajo ciertos niveles de certidumbre.

La falta de modelos glaciares es problema común en nuestro medio, por esta razón esta sección del presente apartado propone la aplicación de un modelo glaciar que ha sido empleado en Bolivia a fines de incorporar el componente glaciar en la gestión estratégica del recurso agua de la zona metropolitana de La Paz.

El modelo sugerido fue desarrollado en la Universidad Libre de Bruselas (ULB) por el Profesor Frank Pattyn a partir de los modelos presentados por MacAyeal (1997) [2.1.3-27]. Este modelo fue adaptado por Olmos (2011) y aplicado en la Metodología de Resiliencia para La Paz y El Alto (PRAA-Olmos, 2012) [2.1.3-28], en la realización del inventario glaciar en 3D de la Cordillera de La Paz (PRAA-Olmos, 2013)[2.1.3-29] y la realización del Plan Maestro de Agua Potable y Alcantarillado la Zona Metropolitana de La Paz (Consortio PMM, 2013) [2.1.3-30].

Mayores referencias sobre el tema de modelización glaciar podrán ser encontradas en las páginas de los profesor investigadores: Johannes Oerlemans <http://www.staff.science.uu.nl/~oerle102> (Oerlemans, 2014) [2.1.3-31] y Frank Pattyn (ULB) <http://homepages.ulb.ac.be/~fpattyn> (Pattyn, 2014) [2.1.3-32].

Los pasos lógicos son:

- Elaboración del Modelo Digital de Terreno (MDT) de la superficie del glaciar a modelar y de su contorno (tridimensional) a partir de topografía de la superficie o restitución de fotografías aéreas e imágenes satelitales.
- Aplicación del modelo glaciar (Farinotti, et al., 2009) [2.1.3-33] para la reconstrucción de su volumen en tres dimensiones. Se construye la geometría del glaciar en tres dimensiones a partir del MDT de su superficie.
- Aplicación del modelo glaciar de retroceso: Simulación del retroceso del glaciar (pérdida de volumen) bajo distintos escenarios de variabilidad climática y cambio climático, representados en la variación de la Línea de Equilibrio del Glaciar.
- Cuantificación de la disminución del aporte glaciar representado en caudal.

- Incorporación del caudal glaciar en el caudal de la cuenca, considerando la respectiva disminución (o incremento) en el tiempo a causa de la aceleración de su retroceso.

En el anexo 2 se desarrollan los principios del modelo propuesto y se transcribe el código matlab del mismo.

### 2.1.3.2. Determinación del aporte de otras unidades de regulación naturales

En el caso de otros reguladores naturales tales como los bofedales y los páramos, el analista deberá observar la posibilidad de incluir los mismos en su análisis de aporte, en función de la disponibilidad de datos que se tenga de éstos.

La determinación de la inclusión de un análisis de mayor de detalle del aporte de la cuenca, incluyendo estos elementos de regulación natural, puede darse por ejemplo en la inclusión de los mismos en la modelación del balance hídrico. Sin embargo, esta situación dependerá de la disponibilidad de datos que se tenga a disposición, que puedan describir el balance de ingreso y salida de agua de la unidad.

En caso de disponer de estos datos o de datos de unidades similares en otras cuencas que puedan ser extrapoladas a la situación analizada (previa justificación de esta extrapolación), resultará altamente conveniente incluir a estas unidades en el análisis, particularmente en la modelización de balance.

La investigación de los bofedales y su forma de parametrización es relativamente nueva. En cada país se han iniciado estudios muy interesantes para determinar su aporte al sistema y su incorporación en la gestión y en los diseños de Manejo Integrado de Cuencas (MIC).

[http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe\\_hidrogeologia\\_bofedal\\_Illimani.pdf](http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe_hidrogeologia_bofedal_Illimani.pdf) (Agua Sustentable, Bolivia, 2014) [2.1.4-34]

### 2.1.3.3. Redacción de memorias de conclusión de la potencial influencia del cambio climático en la disponibilidad del agua y en su dinámica hidrológica anual

Basado en las conclusiones obtenidas en la labor realizada en los anteriores pasos, el analista deberá redactar una memoria de los posibles rangos de variación de los parámetros analizados, estableciendo igualmente las potenciales variaciones que se podrían dar en la dinámica y/o repartición del escurrimiento en el curso del año, atribuibles al cambio climático.

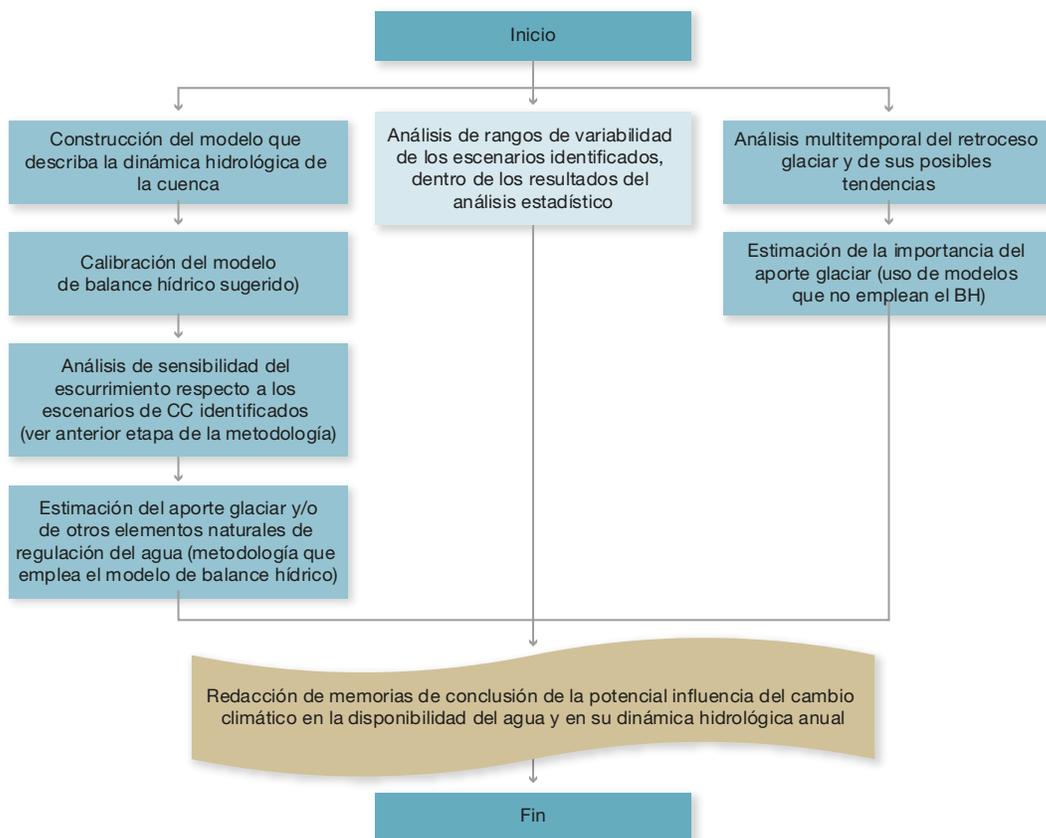
De igual forma deberá establecer, de forma aproximada, la importancia que tiene el aporte glaciar como parte de la cuenca y en lo posible sugerir cuáles son las tendencias de retroceso y recesión de éste, analizando la perspectiva de cómo se dará la disminución del aporte de este regulador en el tiempo.

Igualmente, en caso de incluirse en el análisis otros elementos reguladores, deberá proceder de forma similar para la realización de la memoria de reporte.

En síntesis, los escenarios deben quedar claramente establecidos, así como su potencial influencia respecto al aporte total de la cuenca. Igualmente la influencia que pueden tener otros elementos de regulación naturales

como los glaciares, bofedales y/o páramos debe ser establecida y analizada desde la perspectiva de los impactos que el cambio climático podría ocasionar en ellos (retroceso en los glaciares, sequedad de páramos y/o bofedales).

FIGURA 20. POTENCIAL INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO



### 2.1.3.4. Consideración de otros aspectos del cambio climático en la modelación hidrológica

#### i. 1) Suelos y cobertura vegetal

El cambio en el uso del suelo y el cambio de la cobertura vegetal en las cuencas estudiadas plantean cuestiones a la modelación hidrológica. Estos son fenómenos que dependen principalmente de la actividad humana y de la evolución de la ocupación del territorio, sin embargo también se presentan como una consecuencia del cambio climático. Por ejemplo, algunas zonas altas andinas donde anteriormente el clima no era propicio para diferentes tipos de cultivo se han convertido, a causa del cambio climático, en más favorables para la agricultura. Algunos

consideran estos procesos como impactos positivos del cambio climático; sin embargo la opinión se divide cuando se discute la aptitud agrícola de las tierras ocupadas.

Igualmente, los procesos erosivos causados por tormentas más violentas, o los cambios en los regímenes del viento, están dando lugar a que el terreno y la vegetación cambien, en muchos casos en desmedro de la protección de la cuenca, principal escenario del ciclo hidrológico.

Estos cambios deben introducirse en la modelación de la productividad de agua de la cuenca en análisis.

El uso de suelo y la cobertura vegetal afectan directamente la disponibilidad del agua y su producción en la cuenca, en un bucle, pues la profundidad del suelo juega un importante papel en el almacenaje de la reserva de agua, la que a su vez propicia la fertilidad del suelo. A mayor fertilidad, la cobertura vegetal tiene mayor chance de desarrollarse y a su vez de proteger el suelo, lo que es fundamental para el proceso hídrico.

La falta de esta capa de suelo o su agotamiento conduce a su improductividad y a la vez convierte a la cuenca en vulnerable a procesos erosivos, principalmente hídricos y eólicos. Una menor vegetación propicia igualmente un menor reciclaje de agua o una menor productividad del ciclo hidrológico.

Nótese entonces que el uso de suelo y el tamaño de la cobertura vegetal deben ser considerados por el modelador a fin de determinar el futuro del recurso agua. Si el modelador o analista opta por considerar estos asuntos, debe fundamentar claramente las hipótesis de evolución de la cobertura del suelo, justificándolas en tendencias, análisis de la ocupación territorial y otra información pertinente que sustente sus suposiciones.

Para este análisis, los sistemas de información geográfica, la geomática, y el uso de sensores remotos, son herramientas esenciales.

### *i.2) Modelación hidrológica y sistemas de información geográfica*

Los sistemas de información geográfica son herramientas fundamentales para disciplinas tales como la biología, el medio ambiente, la planificación de uso de territorio y muchas otras.

Para la hidrología porque su principal unidad de análisis es la cuenca, que es una unidad geográfica caracterizada por aspectos tales como su cobertura vegetal, uso actual y potencial del suelo, espesor del mismo, pendientes, organización de la red hídrica, etc.

Estos hechos pueden ser identificados y empleados en los modelos hidrológicos, gracias a las herramientas y software propio de los SIG y a las imágenes de sensores remotos o fotografías aéreas (ArcGis, IDRISI, ERDAS).

Muchos modelos hidrológicos han sido incorporados en este software, o en las plataformas de modelación se ha incorporado los productos de terreno.

A continuación se lista una serie de referencias que podrían ser útiles para el lector, en cuanto al empleo de los SIG en la modelación hidrológica (incluye modelos que emplean como plataforma de trabajo a los mismos SIG).

- HEC-GeoHMS: Software hidrológico del US Army Corp. que incorpora el uso de SIG en la modelación hidrológica (obtención de datos geográficos, producción de la red hídrica, plataforma y visualización del modelo). <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms> (US Army Corp., 2014) [2.1.6-35].
- Green Kenue: Software de modelación hidrológica [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/green\\_kenue\\_index.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/green_kenue_index.html) (National Research Council Canada, 2014), [2.1.6-36].
- IDRISI. Clark labs ofrece su herramienta de análisis IDRISI <http://www.clarklabs.org> (Clark Labs, 2014), [2.1.6-37], la cual posee módulos generados tanto por el productor como por universidades tales como Cequeau, <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://idrisi.uaemex.mx/index.php/esta-semana/truco/lista-de-trucos/121-interfaz-hidrogeomatica-al-modelo-hidrologico-idrisi-cequeau> (UAEM, 2014) [2.1.6-38]
- ARCGIS <https://www.arcgis.com/features> (ESRI, 2014) [2.1.6-39] es uno de los softwares más conocidos para el manejo de SIG y de herramientas para distintos fines, entre ellos la hidrología. También hay productos propios como el ArcHydro (ESRI, 2014) [2.1.6-40] u otros como el AGWA (AGWA, 2014) [2.1.6-41]

Cabe señalar que la modelación hidrológica en cambio climático ya tiene hitos tales como los trabajos dirigidos por el investigador boliviano Oscar Paz, con el software WATBAL, para el río Pirai (Gonzales, 1999) [2.1.6-42] y para el río La Paz (Tudela, 1999) [2.1.6-43].

Las herramientas para modelación de disponibilidad del recurso agua bajo impacto del cambio climático son muchas en la actualidad y están a disposición del analista. De él depende emplear los criterios adecuados para llegar a resultados que sirvan para la planificación de la adecuación al cambio climático y del desarrollo sostenible en la región.

El presente capítulo trató de presentar y analizar, de forma sistematizada, estas pautas y herramientas, a fin de apoyar al analista en esta difícil tarea.

#### 2.1.4. ANÁLISIS DIFERENCIAL DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO

Es preciso diferenciar las situaciones identificadas sin y con influencia del cambio climático, para determinar de forma clara cuál es el impacto adicional que podría atribuirse al cambio climático. Igualmente, debe determinarse cuál es el impacto en la disponibilidad de agua debido al incremento de la demanda (diferenciándolo de los impactos del cambio climático).

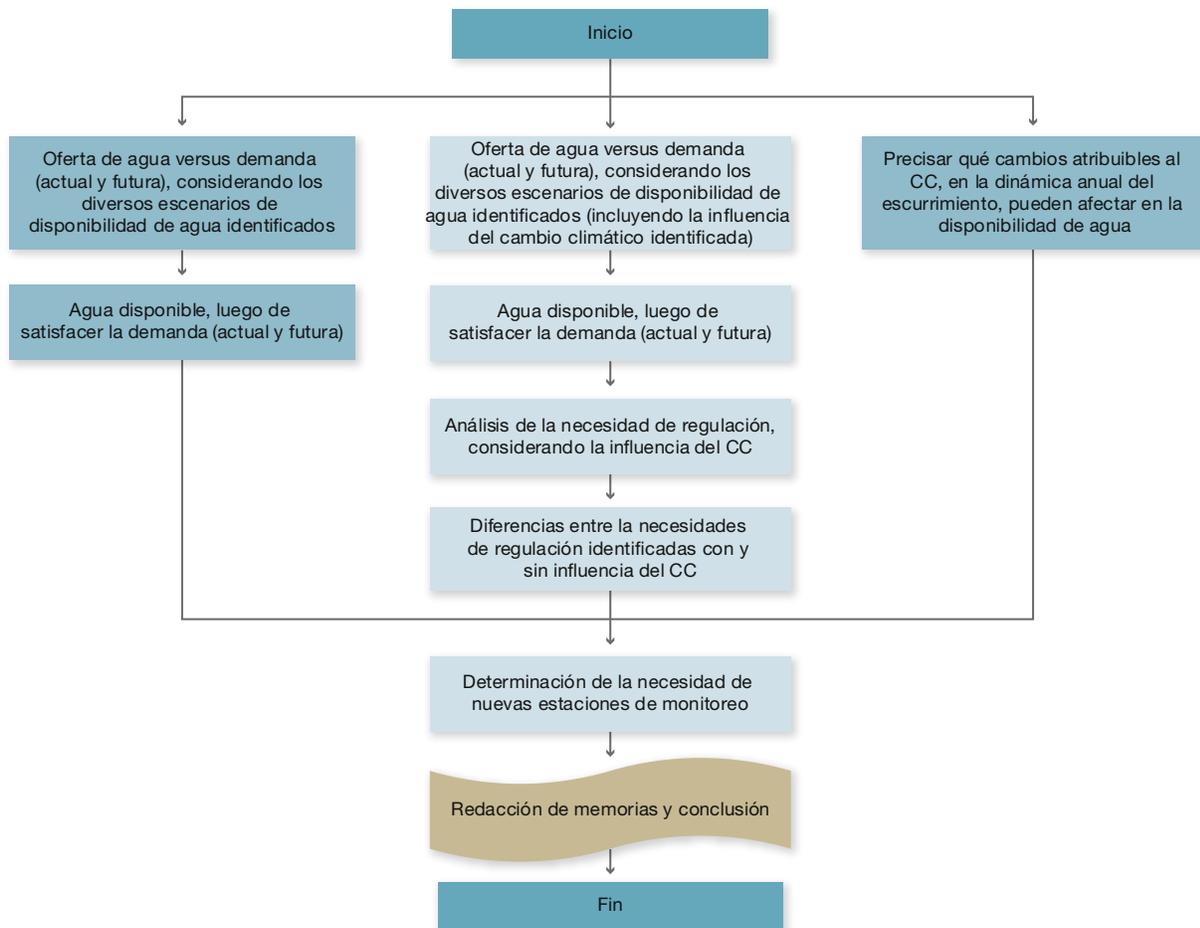
De esta forma será posible analizar de forma clara los impactos atribuibles al cambio climático, para diseñar posteriormente las medidas de adaptación que correspondan (sugeridas de forma general en otra Fase de la metodología).

Los análisis esperados en esta fase del proceso son:

- Oferta de agua versus demanda (actual y futura), considerando los diversos escenarios de disponibilidad de agua identificados (sin influencia de cambio climático).
- Agua disponible, luego de satisfacer la demanda (actual y futura).
- Oferta de agua versus demanda (actual y futura), considerando los diversos escenarios de disponibilidad de agua identificados (incluyendo la influencia de cambio climático identificada).
- Agua disponible, luego de satisfacer la demanda (actual y futura).
- Cambios atribuibles al cambio climático que, en la dinámica anual del escurrimiento, pueden afectar en la disponibilidad de agua.
- Análisis de la necesidad de regulación, con un recurso afectado por el cambio climático (análisis similar al planteado en el subtítulo “Estimación preliminar de la necesidad de regulación del recurso”). Esta inclusión del cambio climático debe contemplar los eventuales cambios, tanto en los valores del aporte de agua, como los que podrían ocurrir en la dinámica hidrológica y la generación del escurrimiento (cambios temporales en el aporte, surgidos a raíz de la variación del régimen de escurrimiento de la cuenca).
- Determinación de la necesidad de implementar nuevas unidades de monitoreo (estaciones y/o parámetros a ser medidos) para análisis complementarios que deban ser realizados a corto, mediano y largo plazo.

Por ejemplo, es posible sugerir la instalación de estaciones temporales para la obtención de datos que sirvan para los análisis realizados imperativamente a corto plazo, por ejemplo para la ejecución de una siguiente etapa de la inversión.

FIGURA 21. EFECTOS DIFERENCIALES. SITUACIÓN CON Y SIN CAMBIO CLIMÁTICO



### 2.1.5. CÓMO SE PRESENTAN LAS CONCLUSIONES

Se debe presentar conclusiones basadas en estos análisis y en los estudios realizados, con la perspectiva de establecer criterios de planificación estratégica, determinación de planes de construcción para asegurar la disponibilidad de agua y las medidas de adaptación que correspondan.

## 2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### OBJETIVO GENERAL

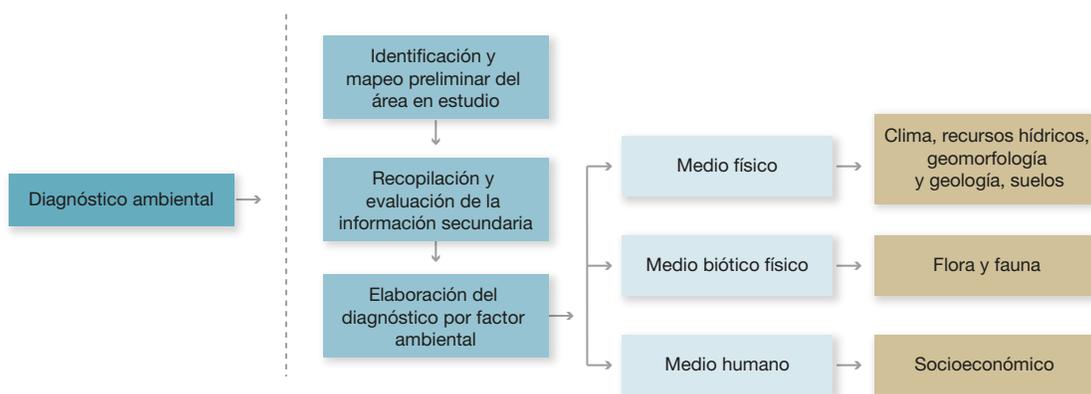
Establecer un diagnóstico de los componentes físicos, bióticos y humanos de la cuenca en estudio.

## ÉNFASIS

- La unidad de análisis es la cuenca.
- En los factores físicos y bióticos, la información básica del diagnóstico considera fuentes secundarias, pero es fundamental la recopilación de información primaria, en campo.
- En los factores socioeconómico y sociocultural, la información secundaria es tomada como fuente importante de referencia, sin embargo, la información principal se recopila en campo, utilizando diversas metodologías de acercamiento y obtención de datos de la población involucrada.
- En todas las áreas del diagnóstico se pone especial énfasis en los efectos del cambio climático; en las áreas físicas y bióticas a través de elementos e indicadores tangibles, y en el área humana a través de la percepción de la gente que habita la cuenca.

El diagnóstico ambiental se realiza a partir de las siguientes actividades generales:

### ACTIVIDADES DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL



## IDENTIFICACIÓN Y MAPEO PRELIMINAR DEL ÁREA DE ESTUDIO

La actividad está orientada a demarcar el área que será objeto del estudio de diagnóstico, la cual será definida en función a criterios socioambientales.

Inicialmente y utilizando información cartográfica existente (hojas topográficas e imágenes de satélite) en el área de interés se delimitarán e identificarán:

- La cuenca.
- Los recursos hídricos superficiales (ríos, lagunas, manantiales).
- Las áreas protegidas.
- La infraestructura caminera.
- Las poblaciones y asentamientos humanos.
- Las tierras comunitarias de origen.

Sobre estos mapas se identificarán y seleccionarán de manera preliminar fuentes o flujos potenciales de contaminantes al sistema hidrológico local. Se considerarán principalmente instalaciones mineras abandonadas, acumulaciones de residuos, asentamientos y otras actividades humanas relacionadas con el colector principal, la red de drenaje (afluentes) y el área de aporte.

La caracterización del área de influencia será complementada con un reconocimiento de campo para la localización cartográfica de sitios que presenten:

- Evidente contaminación proveniente de actividad industrial, minera, urbana, etc.
- Infraestructura abandonada (pasivos ambientales).
- Áreas de explotación minera, de áridos y otros recursos naturales.

Durante las actividades de reconocimiento de campo se efectuará un registro fotográfico del paisaje, los aspectos ecológicos y el uso actual de la tierra que se consideren relevantes para el estudio. Adicionalmente, se identificará puntos probables de muestreo para la caracterización de la calidad de las aguas superficiales y suelos.

El mapeo preliminar estará dirigido principalmente a la definición técnicamente respaldada del área de influencia y las zonas de conflicto o impacto.

## RECOPIACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se recopilará datos de fuentes secundarias con dos objetivos: el primero, recuperar y sistematizar la mayor información relevante disponible para reducir los requerimientos de información primaria; el segundo, orientar el trabajo de levantamiento de información primaria (trabajo en campo) en sentido de llenar vacíos de información en bases de datos disponibles.

## ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO POR FACTOR AMBIENTAL

Se realiza en las siguientes áreas:

- En el área física:
  - Clima.
  - Recursos hídricos, calidad de las aguas.
  - Geología y geomorfología.
  - Suelos (edafología, aptitud de uso y calidad).
- En el área biótica:
  - Flora.
  - Fauna.
- En el área humana:
  - Aspectos socioeconómicos.
  - Aspectos socioculturales.

Se complementa el diagnóstico con un análisis de riesgos meteorológicos.

### CÓMO PRESENTAR LAS CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO

Las conclusiones del diagnóstico por área incluyen, además de aspectos generales, el análisis de los efectos que el cambio climático pudiera tener en los factores considerados. Complementariamente, se incluye conclusiones sobre el estado de conservación de la cuenca y la necesidad de preservación de la fuente del recurso hídrico.

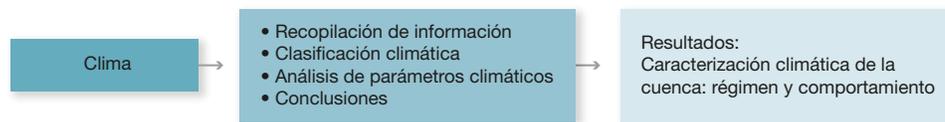
## 2.2.1. DIAGNÓSTICO DEL MEDIO FÍSICO

### 2.2.1.1. Clima

El objetivo es caracterizar el clima de la cuenca analizada, a fin de definir su régimen. Para ello se emplea toda la información meteorológica disponible, con los parámetros y longitud de registros aprovechables, mejor aún si ésta es representativa de la parte alta, media y baja de la cuenca.

El análisis que se realiza trata de caracterizar el clima de la cuenca e identificar características que muestren posibles efectos del cambio climático.

## ACTIVIDADES DE CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA



### a) Recopilación de información

La caracterización climática se inicia con la recopilación de información disponible. Lo óptimo es contar con registros mensuales y anuales de precipitaciones, heladas y nieve o granizo, temperatura, humedad relativa, evaporación, radiación solar, presión barométrica y vientos; respecto a la longitud de los registros se recomienda que éstos superen los 15 años.

### b) Clasificación climática

Se recomienda el empleo de la clasificación de Thornthwaite (<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas/Thornthwaiteclasificacionclimatica.pdf>) [2.2.1.1-1]; el índice de aridez de Martonne (<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/indicesclimaticos/indicesimples.pdf>) [2.2.1.1-2], y el índice de Gasparín (Rafael Heras, 1983) [2.2.1.1-3], índices que permiten definir las condiciones climáticas de una determinada zona; la ventaja de estos índices es que se calculan en función a datos de precipitación y temperatura. En función a la disponibilidad de información se pueden emplear también otros índices y metodologías.

### c) Análisis de parámetros climáticos

Se deberá determinar el régimen de lluvias, estableciéndose claramente periodos secos, húmedos y de transición. Se reportará el número de días con precipitación, con granizo y heladas, y se hará el mismo análisis.

En temperaturas, también se analizará su régimen, considerando temperaturas medias, máximas, mínimas, máximas extremas y mínimas extremas; adicionalmente, si la información lo permite, se deberá analizar la variación de la temperatura con la altura, y determinar si hubiera cambios recientes en el gradiente determinado, que pudieran atribuirse al cambio climático. Similar caracterización deberá realizarse en otros parámetros climáticos disponibles; asimismo, se aplicarán métodos indirectos para calcular, por ejemplo, la evapotranspiración y analizar su comportamiento.

Será importante, cuando sea posible, elaborar un balance hídrico superficial, que pueda mostrar principalmente periodos con déficits de agua; en este caso se recomienda aplicar la metodología de Thornthwaite.

A nivel anual y mensual se analizará el comportamiento temporal de las variables precipitación y temperatura (principalmente), procurando establecer la existencia de cambios notorios en su comportamiento asociados al

cambio climático, a eventos extremos (inundaciones y sequías) y a la presencia de los fenómenos Niño-Niña. Este análisis resultará de la inspección y análisis de las variables indicadas, ya que el tratamiento de la información con este fin se realiza extensamente en el estudio hidrológico que se desarrolla también en la Fase II.

#### d) *Cómo presentar las conclusiones de este paso*

Se sintetizará las características climáticas de la cuenca, considerando su régimen y comportamiento. Las conclusiones irán acompañadas de mapas de isoyetas e isotermas, principalmente, que permitan apreciar la variabilidad de estos parámetros en la cuenca.

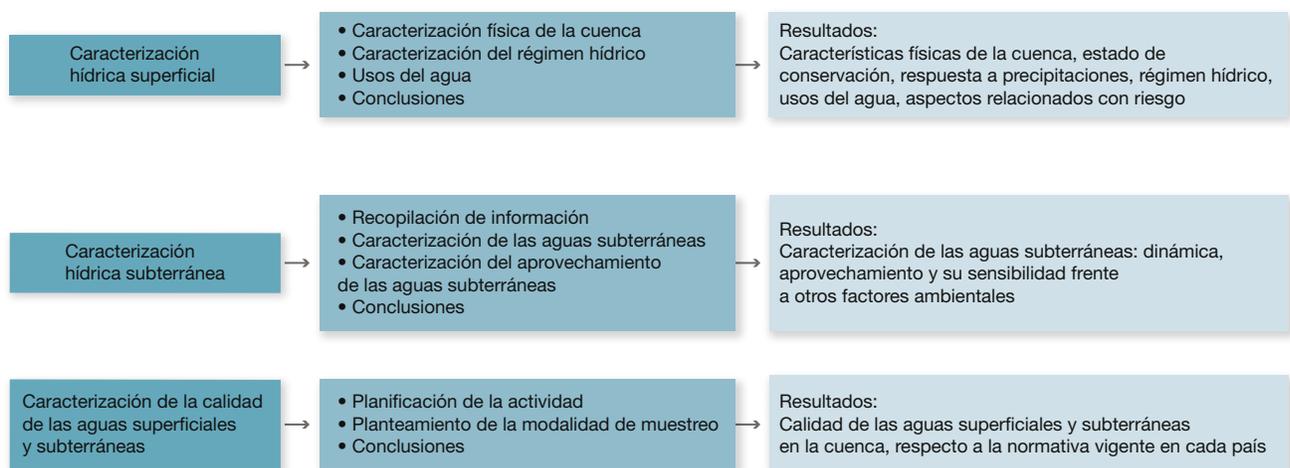
### 2.2.1.2. Recursos hídricos

Los objetivos de este paso son:

- Caracterizar la red hídrica superficial y subterránea.
- Caracterizar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

La unidad de estudio es la cuenca; por tanto, se delimita el área de intervención desde las nacientes hasta el punto de control inferior, situado aguas abajo.

## ACTIVIDADES DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



## a) Caracterización hídrica superficial

### a.1) Caracterización física de la cuenca

Se definirá la cuenca en estudio con toda su red hídrica, considerándose arroyos, quebradas, ríos y lagunas, sobre cartografía disponible, siendo preferente el empleo de cartas a escala 1:50.000 o mayores (por ejemplo 1:20.000); de forma alternativa se pueden emplear modelos digitales de terreno que permitan una mejor resolución (sitio de descarga de modelos digitales de terreno [http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial\\_map=satellite&spatial\\_type=rectangle](http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle)). [2.2.1.2-1].

Una vez definida la cuenca de deberá determinar índices físicos característicos que permitan inferir el relieve de la cuenca y su influencia en la respuesta de la cuenca a las precipitaciones, es decir: curva hipsométrica, índice de compacidad o de Gravelius, factor de forma, densidad de drenaje, índice de pendiente y el coeficiente de torrencialidad, entre los principales. Aunque no es un índice geomorfométrico, se debe determinar también el tiempo de concentración, pues, a falta de datos precisos sobre la duración de la tormenta de diseño, éste es una referencia válida.

La red hídrica deberá ser descrita con detalle, haciendo énfasis, cuando sea posible, en características tales como pendientes características del lecho en diferentes tramos, material del lecho, capacidad de arrastre, zonas de erosión y deposición de material de acarreo.

También será necesaria la descripción del tipo de suelos que conforman la cuenca y de las unidades de vegetación identificadas en la cuenca, haciendo referencia también a su estado de conservación; la información citada proporcionará una idea del grado de retención e infiltración de las precipitaciones, y por ende del tipo de respuesta de la cuenca a las mismas; por ejemplo, a mayor cobertura vegetal mayor grado de retención de precipitaciones y picos de crecidas más bajos; a menor cobertura vegetal y suelos impermeables, mayor escurrimiento, picos de crecida más elevados y respuesta más rápida.

Si bien el mapeo a partir de imágenes de satélite y fotografías aéreas es de mucha utilidad, en gran parte la calidad de los resultados dependerá de la exhaustividad con la que se realice el trabajo de campo para establecer las características de los diferentes tipos de suelo y cobertura vegetal.

La caracterización física de la cuenca concluirá con la identificación de zonas propensas a la erosión, que pudieran considerarse áreas de riesgo desde el punto de vista hidrológico-hidráulico. Esta actividad puede desarrollarse en base a imágenes satelitales y trabajo de apoyo en campo.

### a.2) Caracterización del régimen hídrico

Se deberán incluir datos de caudales; si no existiera alguna estación hidrométrica en la cuenca de estudio se podrán consignar datos de aguas abajo, solo como referencia. En base a los registros hidrométricos se caracterizará el régimen, describiendo la evolución mensual de los caudales, y se presentarán registros sistematizados de caudales, mínimos, medios y máximos. No obstante, se deberán realizar también aforos puntuales durante la época en estudio a fin de correlacionarlos con datos históricos medidos aguas abajo o en cuenca vecinas.

La caracterización hídrica también incluirá el régimen fluvial del río, es decir si es netamente pluvial, nival o mixto, y si es permanente o estacional. También se deberá incorporar información relacionada con eventos extremos, ya sean inundaciones o caudales mínimos extremos.

### *a.3) Usos del agua*

Se deberán identificar y describir los usos actuales del agua en la cuenca y si es posible su cuantificación en términos de caudal.

### *a.4) Cómo presentar las conclusiones de este paso*

El diagnóstico concluirá con los aspectos de mayor importancia en la cuenca, relacionados con su estado de conservación y sitios de erosión importantes, respuesta frente a las precipitaciones, características referidas a la generación y capacidad de arrastre de material, régimen de caudales, eventos extremos y sitios o áreas de riesgo. Toda la información citada deberá ser representada gráficamente en mapas a escala adecuada, donde se aprecie la red hídrica de la cuenca, los usos del suelo, la cobertura vegetal y tipos de suelo, para finalmente incluir un mapa del grado de conservación de la cuenca.

## *b) Caracterización hídrica subterránea*

### *b.1) Recopilación de información*

La caracterización de las aguas subterráneas se realizará en base a información secundaria y primaria. En el primer caso se deberán recopilar cartas hidrogeológicas del área en estudio y consultar estudios sobre aguas subterráneas en el área. La información primaria se recolectará a través de entrevistas con los usuarios de estas aguas o en determinado caso con quienes realicen su explotación, caso en el cual se recomienda realizar mediciones de niveles en pozos existentes.

### *b.2) Caracterización de las aguas subterráneas*

Se describirá inicialmente el sistema de acuíferos en el cual se encuentra la cuenca y se determinará su relación con el área en estudio, en base a cartografía hidrogeológica existente. Si los acuíferos fueran de importancia, se deberá establecer las zonas recarga y descarga, considerando su interacción con el cauce; también se deberá definir las fuentes de alimentación o recarga del acuífero: precipitaciones y/o fusión de glaciares, y los periodos de recarga. La información citada se recopilará de fuentes secundarias.

### *b.3) Caracterización del aprovechamiento de las aguas subterránea*

Se describirá el tipo de aprovechamiento que se hace de las aguas subterráneas, considerando el tipo de uso, e incluyendo datos sobre el rendimiento de los pozos en la zona, los caudales aprovechados y su variación temporal. También se mencionará su importancia en caso de existir en la cuenca bofedales o páramos.

### *b.4) Cómo presentar las conclusiones de este paso*

Se sintetizarán los resultados de la caracterización de las aguas subterráneas, considerando no solo su funcionamiento sino su aprovechamiento, y la sensibilidad de este recurso sobre otros factores ambientales.

## *c) Caracterización de la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas*

### *c.1) Planificación de la actividad*

Se realizará sobre la base de parámetros físico-químicos establecidos en las normas ambientales vigentes en cada país y protocolos estándar internacionalmente aceptados.

El trabajo de campo estará orientado a la caracterización de aguas superficiales y/o subterráneas, en una serie de puntos de muestreo preliminarmente seleccionados. Esta selección tomará en cuenta el uso actual de los recursos hídricos, operaciones industriales, mineras (en operación o abandonadas), acumulaciones de desechos y otras fuentes de contaminación puntuales y difusas relacionadas con actividad humana en la zona. La red de muestreo incluirá también zonas de calidad ambiental de referencia en la cabecera de la cuenca (posiblemente áreas sin afectación). Asimismo, se considerará datos de calidad de aguas contenidos en informes y estudios anteriores.

Los sitios de muestreo seleccionados y descritos deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Representatividad.
- Homogeneidad de flujo.
- Facilidad de acceso.
- Seguridad para el personal técnico.

### *c.2) Planteamiento de la modalidad de muestreo*

Para el muestreo se tomará en cuenta la variación en la calidad de las aguas en relación con los ciclos estacionales. En este sentido, el muestreo deberá ser realizado preferencialmente, pero no exclusivamente, en la época de estiaje, cuando la disponibilidad de agua es menor y tienen lugar fenómenos de concentración de la carga contaminante.

El plan de muestreo define que en cada punto de muestreo se tome una muestra, la cual será sometida inicialmente a una caracterización “in situ”, que involucrará mínimamente la medición de los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y temperatura. Los equipos de monitoreo en campo serán calibrados previamente. Posteriormente se tomarán muestras para su envío a un laboratorio certificado.

Las muestras a ser enviadas para análisis, se tomarán en recipientes de muestreo siguiendo protocolos internacionales respecto la naturaleza del material y el volumen a ser colectado.

El control de calidad es un elemento esencial en todo programa de muestreo. Además de los procedimientos estándar, el programa de control de calidad a desarrollarse en este estudio contemplará la presentación de blancos y muestras duplicadas para establecer la pureza de los conservantes químicos, para detectar la contaminación en recipientes y cualquier otro equipo empleado en el proceso de toma y manipulación de muestras, así como contaminación física o aérea generada durante la toma o manipuleo de la muestra. Las muestras duplicadas tendrán la finalidad adicional de comprobar la veracidad de los resultados.

Los resultados de las muestras analizadas se contrastarán con la normativa vigente en cada país, y se determinará el tipo al que corresponden, y si hubiera contaminación, se identificará específicamente el tipo y fuente.

### *c.3) Cómo presentar las conclusiones de este paso*

Se presentará información sobre la calidad del agua en la cuenca, respecto a la normativa vigente en cada país, y sobre las fuentes de contaminación en casos pertinentes. La ubicación de los puntos de muestreo se presentará en un mapa de la cuenca, el cual permitirá ver su distribución geográfica y la evolución de su calidad.

## 2.2.1.3. Geología y geomorfología

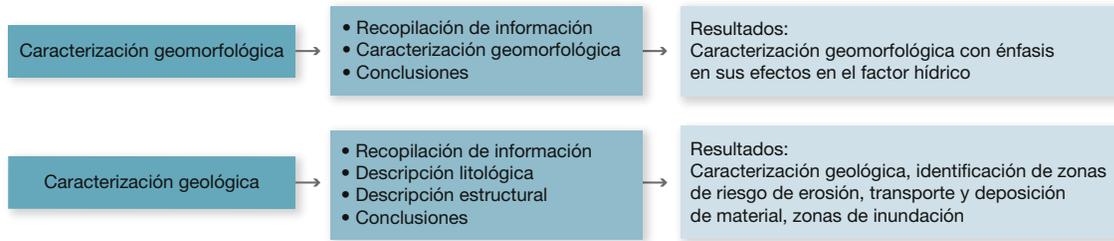
Los objetivos de este paso son:

- Identificar las unidades geomorfológicas en la cuenca.
- Identificar la geología de la cuenca.

La caracterización geológica se enfoca principalmente en la descripción litológica del terreno y la descripción estructural.

Los aspectos que se analizan permiten inferir procesos y riesgos de erosionabilidad, permeabilidad, características mecánicas, vegetación y paisaje.

## ACTIVIDADES DE GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA



### a) Caracterización geomorfológica

#### a.1) Recopilación de información

Para realizar la caracterización se deberá recopilar mapas topográficos e imágenes satelitales; también se podrá trabajar con modelos digitales de terreno que permitan reproducir el relieve de la cuenca.

#### a.2) Caracterización geomorfológica

Abarca la descripción de las formas topográficas en la cuenca, que considera la forma de los valles y el carácter del relieve, es decir su fisiografía; asimismo, deberá describir la complejidad topográfica de la cuenca, los tipos de desniveles y las pendientes predominantes.

#### a.3) Cómo presentar las conclusiones de este paso

Luego de la caracterización, se resumirán las características geomorfológicas más importantes de la cuenca, asociando las conclusiones principalmente a su relación con la cuenca y sus efectos sobre el factor hídrico.

### b) Caracterización geológica

#### b.1) Recopilación de información

La información necesaria para la caracterización geológica es de fuente primaria y principalmente secundaria; es decir, se deberá recopilar mapas geológicos existentes y verificarlos a través de inspecciones de campo.

#### b.2) Descripción litológica

Comprende la definición de la naturaleza, composición, textura y propiedades de las rocas, a partir de observaciones de campo y, si es posible, de laboratorio. Los aspectos a considerar son: estratigrafía, textura de las

rocas (ígneas, sedimentarias, metamórficas), formaciones superficiales (terrazas, coluvios, etc.), composición mineralógica.

Los resultados a obtenerse de este estudio son: la permeabilidad de los materiales, el potencial de corrosión y la estabilidad de las pendientes.

### *b.3) Descripción estructural*

Considera la identificación y descripción de fallas, fracturas, diaclasas, estratificación, etc.

### *b.4) Cómo presentar las conclusiones de este paso*

Se sintetizarán aspectos geológicos relevantes, con énfasis en zonas de riesgo geológico, zonas propensas a erosión, a deslizamientos, a transporte y deposición de material, y a inundaciones. Toda la información citada deberá ser representada gráficamente en mapas a escala adecuada.

## 2.2.1.4. Suelos

Los objetivos de este paso son:

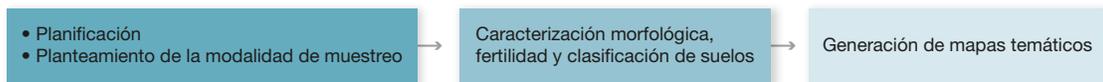
- Caracterizar la fertilidad y calidad ambiental de los suelos de la cuenca.
- Inventariar los principales pasivos ambientales existentes en la cuenca, relacionados con suelos.

La caracterización de los suelos no solo incluye los análisis generales de suelos, sino estudios específicos en función a la problemática particular detectada en cada cuenca (contaminación minera, etc.)

---

### ACTIVIDADES DE SUELOS

---



#### *a) Planificación*

Incluirá la determinación de la calidad de los suelos en el área de influencia del proyecto. Asimismo, se procederá a la caracterización edafológica y a la determinación de la aptitud de uso del suelo.

Para la caracterización de la calidad de los suelos se adoptará indicadores físico-químicos (concentración de metales pesados, pH, conductividad eléctrica y otros) cuyo efecto se refleja en las relaciones suelo-planta, la dis-

ponibilidad de nutrientes para las plantas y microorganismos y otros múltiples componentes de la función del suelo, en particular, su capacidad productiva y rol ambiental.

El establecimiento de la línea base ambiental requerirá del diseño de una metodología de muestreo de suelos que permita obtener una buena representatividad y por ende una medida confiable de los parámetros relacionados con su calidad en el área de estudio. Para ello el paisaje será dividido en unidades de terreno, al interior de las cuales se establecerá lotes de muestreo.

### *b) Planteamiento de la modalidad del muestreo*

En cada lote a muestrear se tomarán una serie de submuestras, cada una de las cuales contribuirá a la conformación de una única muestra compuesta, la misma que representará toda el área objeto de estudio. Es decir, únicamente la muestra compuesta será sometida al análisis químico, cuyo resultado arrojará “un promedio” del estado de un lote determinado.

Las muestras destinadas a la determinación de la calidad del suelo serán sometidas a análisis de parámetros físico-químicos en un laboratorio acreditado. Los parámetros básicos a analizar se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 2. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MÉTODOS O NORMAS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELOS PARA DETERMINAR SU CALIDAD

Parámetro	Método/Norma
Arsénico (As)	EPA 7062
Cromo (Cr)	EPA 7190
Plomo (Pb)	EPA 7420
Cadmio (Cd)	EPA 7130
Mercurio (Hg)	EPA 7471 A
Conductividad eléctrica	EPA 9050 A
pH en H <sub>2</sub> O	Potenciométrico

### *c) Caracterización morfológica, fertilidad y clasificación de suelos*

Se procederá a la descripción de las principales características macromorfológicas del suelo, así como otras directamente observables, posibles de medir en campo y que sean relevantes para la clasificación taxonómica, la definición de su fertilidad, la aptitud de uso y la sensibilidad de los suelos. Además de su utilidad con estos fines, esta caracterización permitirá acceder a estratos más profundos con fines de detectar la proximidad del nivel freático, la litología, etc.

### c.1) Definición de los sitios de muestreo

Para el reconocimiento y verificación de las unidades edáficas in situ, se realizará un muestreo estratificado a lo largo de toposecuencias o secciones espaciales dispuestas en una secuencia topográfica determinada. Se considera que este método se adecua a las condiciones de relieve del área de interés y provee una alternativa costo-eficiente frente a otras metodologías de inventario convencional que requieren una alta densidad de observaciones.

Además de observar variaciones en las condiciones edáficas a lo largo de una toposecuencia y definir secuencias de tipos de suelos (catenas), este análisis facilita la comprensión de las relaciones entre geomorfología-suelos-vegetación, en una dimensión espacial, pudiendo ser aplicado a diferentes niveles o escalas del terreno. De esta manera, el sistema aportará información integral acerca de la diversidad de suelos, los procesos de degradación y las tendencias en la evolución del paisaje, así como también brindará una mejor comprensión del impacto que tienen las actividades humanas sobre los ecosistemas de la zona.

### c.2) Modalidad del muestreo

En aquellos sitios más representativos según sea su posición en el paisaje, se procederá a la apertura de trincheras (calicatas o zanjas anchas) acompañadas de sondeos manuales a poca profundidad.

Estas excavaciones permitirán exponer los diversos estratos u horizontes del suelo (perfil) para su descripción de acuerdo a los lineamientos de la FAO (1998) [2.2.1.4-1]. En cada uno de los estratos se tomarán muestras deformadas para la descripción de la caracterización morfológica in situ: granulometría expedita (textura, estructura, consistencia) y color mediante la utilización de la tabla de colores (Munsell Soil Color Charts) [2.2.1.4-2]. Asimismo, se definirá el espesor de horizontes del suelo y, si es posible, se identificará el material parental. Las muestras serán sometidas a análisis físico-químicos en un laboratorio acreditado. Los parámetros a analizar se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS Y MÉTODOS O NORMAS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELOS PARA EL ESTUDIO MORFOLÓGICO, DE FERTILIDAD Y PARA CLASIFICACIÓN

Parámetro	Método/Norma
Clase textural (tres fracciones)	Densímetro de Boyoucos
Densidad aparente	Gravimétrico
Conductividad eléctrica	EPA 9050 A
pH en H <sub>2</sub> O	Potenciométrico
Sodio (Na <sup>+</sup> )	EPA 7770
Potasio (K <sup>+</sup> )	EPA 7610
Calcio (Ca <sup>++</sup> )	EPA 7140
Magnesio (Mg <sup>++</sup> )	EPA 7450
Carbono orgánico total	Oxidación (vía húmeda)
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fósforo asimilable	NaHCO <sub>3</sub>
Carbonatos libres	Volumetría

### *c.3) Interpretación de resultados*

En este análisis se relacionarán algunas propiedades físico-químicas de los estratos u horizontes superficiales y subsuperficiales con la disponibilidad y posibles limitaciones para los cultivos y vegetación existente en la zona, así como la susceptibilidad a las pérdidas de nutrientes por erosión, lixiviación y volatilización. Estos datos también permitirán la interpretación del “status” de fertilidad de los suelos e inferir aspectos sobre su capacidad para suministrar elementos nutritivos a los vegetales.

La interpretación de los resultados analíticos con fines de fertilidad se realizará con referencia a manuales y estándares internacionales.

### *c.4) Clasificación taxonómica de suelos*

Las tipologías de suelos tendrán como unidad cartográfica de base la categoría a nivel de orden en la clasificación del Sistema Taxonómico Americano (Soil Taxonomy) del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos. Esta clasificación permitirá describir los suelos de manera general y expresar algunas de sus características en forma cuantitativa. Asimismo se buscarán sus equivalentes entre los grupos principales de suelos del sistema de clasificación FAO/UNESCO (1990) [2.2.1.4-3].

### *c.5) Clasificación por capacidad de uso de las tierras*

Como producto del análisis e interpretación de las características edafoclimáticas, topográficas y otras, será posible determinar y predecir la capacidad de uso de las tierras de acuerdo al sistema Land Capability Classification (USDA, 1973) [2.2.1.4-4].

Este sistema permite clasificar las tierras según sus riesgos y limitaciones, asignando de esa manera el uso más factible desde el punto de vista ecológico y productivo. De acuerdo al mismo, las unidades son encuadradas en una de las clases y subclases de capacidad de uso, indicando limitaciones o riesgos intrínsecos del suelo para la producción agrícola, así como la necesidad de adopción de medidas de conservación y manejo.

### *c.6) Generación de mapas temáticos*

Una vez que se identifiquen, definan y describan las unidades de suelos del área en estudio serán delineadas en un mapa de suelos a una escala 1:20.000. La representación de unidades en un mapa de áreas disjuntas tendrá por finalidad apreciar no solamente la distribución espacial, sino organizar una información muy compleja de tal forma que se facilite la obtención de conclusiones y predicciones acerca de ella.

Por otro lado, a partir de las curvas de nivel y sobre la base de un modelo de elevación del terreno, será posible obtener el mapa de pendientes, que junto al anterior constituirá el insumo para la determinación del grado de riesgo de erosión y degradación.

### c.7) *Cómo presentar las conclusiones de este paso*

El estudio de suelos deberá concluir con un resumen de resultados, centrándose fundamentalmente en las aptitudes del suelo que permitirán definir sus potencialidades y las alteraciones en suelos naturales (contaminación, degradación, erosión). Al igual que en otras áreas, el estudio de suelos incluirá los mapas correspondientes.

## 2.2.2. DIAGNÓSTICO DEL MEDIO BIÓTICO

### 2.2.2.1. Flora

Los objetivos en este caso son:

- Identificar los principales tipos de comunidades vegetales.
- Determinar la abundancia relativa y la diversidad de las especies por comunidad vegetal.
- Producir una lista completa de las especies de plantas vasculares existentes.
- Identificar aquellas especies que sean endémicas, raras o que presenten algún problema de conservación.
- Identificar las especies clave de acuerdo a sus características biológicas e importancia ecológica, de adaptación, socioeconómica y tradicional/cultural (fitoindicadores).
- Caracterizar comunidades vegetales en proceso de repoblamiento o de adaptación, externas a la cuenca (ecosistemas de menor altitud).
- Identificar potencialidades para el suministro sostenible de bienes y servicios procedentes de los bosques, con el fin de aumentar sus contribuciones fundamentales para el desarrollo socioeconómico (prestación de funciones ambientales).

El estudio de la vegetación caracterizará a las comunidades vegetales e identificará su uso, su importancia dentro del ecosistema y su fitosociología, además de su vulnerabilidad o adaptación al cambio climático.<sup>13</sup> Se considera la dinámica de espacio y territorio de la flora, tomando en cuenta la intervención antrópica y la posibilidad de colonización y adaptación de nuevas especies de altitudes menores a la definida en el territorio en estudio. El estudio considera la definición de zonas de riesgo debido al cambio climático. Se analizan los mecanismos alternativos de valoración de las funciones ambientales de los bosques y su comercialización, que generen mayores oportunidades de ingreso en el marco del manejo sostenible del bosque.

---

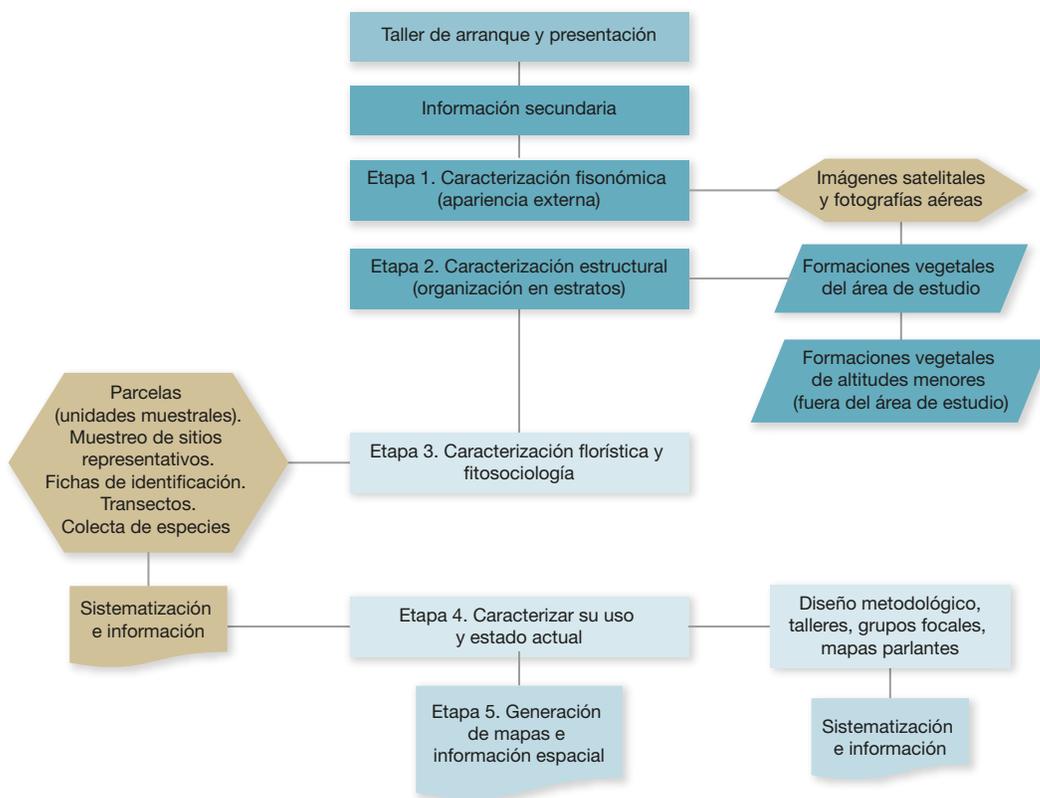
13 La cobertura vegetal tiene directa relación y proporcionalidad a la disponibilidad de agua en la cuenca, factor que modela el paisaje y define la composición de las especies y los ecosistemas.

## ACTIVIDADES DE CARACTERIZACIÓN DE LA FLORA



Para el estudio de vegetación se aplican diferentes métodos en forma progresiva, de acuerdo al nivel de detalle requerido por las características del estudio. En este sentido, la propuesta metodológica se organiza en cinco etapas con diferentes escalas de análisis, a través de las cuales el nivel de información obtenido se profundiza. En el siguiente diagrama de flujo se muestra la metodología propuesta:

FIGURA 22. FLUJO METODOLÓGICO, POR ETAPAS, ACTIVIDADES Y PRODUCTOS (SISTEMATIZACIONES Y MAPAS)



El inicio de todo proceso implica la presentación del equipo técnico responsable de realizar el trabajo, en este caso a las autoridades gubernamentales y originarias o naturales del territorio donde se realizará el estudio, para lo cual es importante un taller de arranque y presentación.

Esta parte del estudio se inicia con la colecta de información secundaria, para posteriormente seguir con la descripción de la forma o apariencia externa de las comunidades vegetales (fisonomía); se continúa con la determinación de la organización espacial (estructura), para posteriormente plantear el listado de especies y su abundancia relativa (composición florística y fitosociológica). En base a los resultados de las diferentes etapas se procede a una caracterización por uso, para luego identificar la vulnerabilidad, el riesgo y la afectación al cambio climático, y posteriormente generar los respectivos mapas y análisis espaciales por etapa. A continuación se describen los métodos a emplear en dichas etapas.

### *a) Etapa 1: Caracterización fisonómica*

Para la identificación de las formaciones vegetales a nivel fisonómico se utilizarán imágenes satelitales Landsat TM o similares, apoyadas con fotografías aéreas (imágenes pancromáticas) a escala 1:20.000, lo que permitirá cubrir rápida y sistemáticamente toda la superficie bajo estudio. La fisonomía estará determinada por la “apariencia externa” de la vegetación, por lo que las categorías de clasificación obtenidas serán amplias (por ejemplo: matorral, pajonal). Este nivel de reconocimiento “global” permitirá ponderar la importancia relativa del área impactada por las actividades humanas, determinando el porcentaje de superficie ocupada por tipo de comunidad vegetal, el porcentaje de superficie de cada tipo afectada y otras comparaciones que se consideren relevantes.

De forma paralela, se deben identificar los ecosistemas de menor altitud que presenten características o especies que se puedan adaptar y colonizar como nuevas formaciones vegetales identificadas en el territorio en estudio.

### *b) Etapa 2: Caracterización estructural*

Una vez definida la “apariencia externa”, debido a la variabilidad de la vegetación y la extensión del área de estudio, se continuará con la descripción, incorporando atributos estructurales. Con esto se evaluará la disposición espacial de la vegetación, vale decir, su organización en estratos (herbáceo, arbustivo), grados de apertura, etc. Este criterio será combinado con la fisonomía, preparando categorías ad hoc de clasificación a partir de la fotointerpretación.

Combinando la fisonomía con las variantes estructurales, se definirá tipos fisonómico-estructurales, los que, a su vez, serán denominados según las especies dominantes, que en el caso del presente análisis probablemente corresponderán a aquellas de mayor cobertura, que incluyan también a los ecosistemas identificados de menor altitud.

La tipología será asimilada a clasificaciones reconocidas a nivel mundial (Fosberg, 1967) [2.2.2.1-1] y preferentemente asignados de acuerdo a Huber & Riina (1997) [2.2.2.1-2] que unifican los criterios y categorías similares de vegetación en ecosistemas de montaña.

### *c) Etapa 3: Caracterización florística y fitosociológica*

Definidos los tipos fisonómico-estructurales, en esta fase, la información alcanzará su mayor grado de detalle, puesto que se orientará a establecer qué especies, y en qué proporciones de abundancia, integran las distintas comunidades presentes en el área de estudio y el área donde se identificaron comunidades vegetales (de menor altitud) que pueden adaptarse al territorio en estudio. El enfoque propuesto es esencialmente fitosociológico y para su obtención se deberán aplicar procedimientos clásicos de análisis de vegetación (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974) [2.2.2.1-3].

Para esta caracterización deberá aplicarse un diseño de muestreo que optimice la definición de puntos para la instalación de parcelas (unidades muestrales). En función a las características del área en estudio, se propone realizar un muestreo en sitios representativos para cada uno de los tipos de vegetación. Este tipo de enfoque permitirá estudiar las unidades de vegetación situadas en aquellas áreas que tienen alguna característica especial, por ejemplo sitios donde se observe una particular combinación entre especies y características del hábitat, o que cuenten con especies consideradas raras, únicas, sensibles, ecológicamente importantes o representativas de la región, generando –de cada una de ellas– una ficha de identificación (características generales, imagen fotográfica, coordenada de ubicación, altitud, nombre común y uso tradicional/cultural).

En los sitios elegidos se demarcarán parcelas en las que se listarán todas las especies presentes y se calculará su frecuencia, es decir, el número de unidades de muestreo en que aparece una especie respecto al número total de parcelas. Asimismo se estimará visualmente su abundancia-cobertura según la escala de Braun-Blanquet (Van der Maarel 1979) [2.2.2.1-4]. Este método permitirá obtener datos semi-cuantitativos que describirán la proporción de la superficie que está recubierta por la proyección vertical de la parte aérea de las especies presentes en cada parcela. De forma paralela, en las parcelas se colocarán trampas entomológicas a diferente altura para identificar insectos diurnos y nocturnos, como parte de la fitosociología entomológica de la flora (identificando sinergias, o formas de control biológico).

Adicionalmente se preparará un listado florístico de las áreas de estudio, registrando aquellas especies existentes fuera de las parcelas instaladas. En caso de encontrarse especies que requieran una confirmación taxonómica adicional, se buscará ejemplares con estructuras reproductivas (fértils), los mismos que serán colectados y prensados para la posterior confirmación de su identidad con el uso de claves dicotómicas y/o la comparación de ejemplares de colección en herbarios reconocidos en cada país.

Los datos de campo serán procesados posteriormente para obtener información estadística sobre la composición de las especies y abundancia relativa, porcentaje de cobertura, riqueza y diversidad de las especies. Toda la información obtenida será comparada y complementada con listas de especies registradas para la zona obtenidas en estudios existentes.

La diversidad biológica en las diferentes áreas de estudio se medirá utilizando métodos estadísticos ecológicos convencionales, fundamentalmente el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1998) [2.2.2.1-5]. Éste índice o función permitirá medir la diversidad de las especies combinando dos componentes: el número de especies diferentes y la equidad en la uniformidad de distribución de los individuos entre las especies presentes.

## *d) Etapa 4: Caracterización por su uso y estado actual*

### *d.1) Socioeconómico o tradicional cultural*

Para esta etapa es importante tener una interrelación con la comunidad, por ser ésta la que conoce mejor la vegetación de su entorno y los cambios que han existido en el mismo; será necesario plantear diseños metodológicos de talleres o grupos focales donde se proceda a consultar de forma intergeneracional (niños, jóvenes, adultos y ancianos) y se identifique el nombre, uso e importancia socioeconómica (transecto altitudinal) y cultural de las caracterizaciones fisonómica, estructural, florística y fitosociológica, sistematizándolas de una forma “amigable” para proceder a la devolución de la información y, en torno a los mapas temáticos ya generados, pedir la percepción de los pobladores sobre el “antes, ahora y después” de las caracterizaciones, a fin de analizar el impacto de las intervenciones antrópicas, la respuesta de la vegetación y los cambios percibidos por efecto del cambio climático en el territorio en estudio.

### *d.2) Funciones ambientales de los bosques y especies de flora en general [2.2.3.2.4]<sup>14</sup>*

Los beneficios que se generan por la presencia de los bosques y selvas se obtienen principalmente de los procesos y funciones biológicas propias del ecosistema, el que, además de influir directamente en el equilibrio ecológico, genera beneficios específicos tanto para las personas y las comunidades que lo habitan, como para la sociedad global. Los servicios o funciones ambientales son precisamente todos los beneficios que proporcionan los distintos ecosistemas por el simple hecho de existir, ya sea en estado prístino o bajo manejo sustentable.

Las principales funciones ambientales que brindan los bosques son:

- La provisión del agua en calidad y cantidad adecuadas.
- La captura de carbono.
- La generación de oxígeno.
- El amortiguamiento del impacto de fenómenos naturales como deslaves e inundaciones.
- La modulación o regulación climática.
- La protección de la biodiversidad, los ecosistemas y formas de vida.
- La protección y recuperación de suelos.
- El paisaje y la recreación, entre otros.

Entre la gama de funciones ambientales que un ecosistema forestal puede generar, interesa el análisis de las funciones ambientales hidrológicas, entre las que se destacan:

---

14 Extraído de Instituto Nacional de Ecología, 2005, *Manual para pagos por servicios ambientales*, México

- La recarga de los mantos acuíferos.
- El mejoramiento de la calidad del agua.
- El incremento de los flujos hídricos.
- La prevención de desastres naturales, como inundaciones o deslaves.
- La reducción de sedimentos.

La provisión de estas cinco funciones ambientales, así como de muchas otras, se mejora en la medida en que se logre la conservación de los recursos forestales a través de su manejo sustentable.

Existen varios factores que intervienen para que los bosques generen funciones ambientales, entre ellos destacan los siguientes:

- El régimen de lluvias y la dinámica del sistema de aguas subterráneas.
- Las características de su cobertura forestal.
- La topografía y geomorfología del terreno.
- El manejo del bosque, que depende a su vez de múltiples variables socioeconómicas

El cambio en la percepción del valor total de los bosques y cómo deben ser utilizados está marcado por una creciente concienciación sobre la importancia de las funciones ambientales y por las propuestas para captar parte de este valor a fin de reducir la deforestación (Ruiz y otros, 2008) [2.2.2.1-6].

Como se mencionó anteriormente, la conservación de la biodiversidad y la función protectora de suelos y cuencas hidrográficas son los servicios reconocidos desde hace más tiempo, por lo que ya existen figuras específicas de protección forestal para estos fines: las áreas protegidas con bosques maduros de gran valor escénico y de biodiversidad. Los servicios de ocio y educación se han ido incorporando paulatinamente a las funciones ya reconocidas de las áreas protegidas a medida que ha ido aumentando la conciencia ambiental de la sociedad. El valor del bosque como fijador y almacenador de carbono es sobradamente conocido, aunque la conceptualización de este proceso como una función ambiental solo ha aparecido con la conciencia sobre el papel de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el cambio climático.

La evaluación de las funciones ambientales que ofrecen los bosques conlleva una serie de dificultades y limitaciones, derivadas de poner un precio a la naturaleza (Daily et al., 2000) [2.2.2.1-7]. Junto al problema de la ausencia de mercados, el establecimiento de una clara relación causal que vincule el bosque a un determinado servicio es una de las limitaciones señaladas habitualmente (Landell-Mills y Porras, 2002; McCauley, 2006; Wunder, 2005) [2.2.2.1-7]. Esta dificultad es particularmente acusada en el caso de las funciones hidrológicas y climáticas, donde hay fuertes discrepancias de apreciación. Así, aunque la relación de la cubierta forestal con la calidad del agua y el control de erosión está generalmente reconocida, su relación con la disponibilidad de agua y el control de inundaciones está sujeta a interpretaciones variadas (Bradshaw et al., 2007; Bruijnzeel, 2004; Calder, 2006; FAO-CIFOR 2005) [2.2.2.1-7]. Igualmente, el papel de los bosques y plantaciones como

depósito de carbono que contribuya a disminuir el calentamiento global puede verse en parte contrarrestado por los cambios en el albedo y la mayor capacidad de absorción de radiación, especialmente en latitudes altas (Bala et al., 2007; Peltoniemi et al., 2006) [2.2.2.1-8]. No obstante, las incertidumbres sobre estimaciones globales (como el carbono total que contienen los bosques) no deberían impedir la apreciación local de su contribución. Una primera conclusión es la necesidad de evaluar estas funciones ajustándolas a las condiciones concretas de cada zona. Otra característica a resaltar es la frecuente indivisibilidad de las funciones ambientales que ofrecen los bosques; agua, biomasa, biodiversidad y hábitat, componentes habituales de los análisis económicos de estas funciones, no son partes separables en el todo funcional que constituyen los ecosistemas forestales.

Como parte del análisis del uso de los recursos forestales, es importante evaluar la potencialidad de la prestación de funciones ambientales, principalmente relacionadas con las funciones de los bosques y su influencia en la recarga de acuíferos, la reducción de la erosión, la retención temporal de escorrentía, etc.

En tal sentido, para evaluar las funciones ambientales de los bosques o de otras especies de flora, además de los estudios ya indicados en la metodología para caracterizar la flora en la cuenca, se requiere recopilar la siguiente información:

- Estudio hidrológico superficial y subterráneo.
- Estudios sobre vocación de suelo.
- Mapas temáticos (hidrográfico, geológico, altitudinal, suelos, etc.)
- Imágenes satelitales.

Los mapas y las imágenes satelitales permitirán apreciar la cuenca, la ubicación de bosques, los usos de la tierra, las zonas de abastecimiento de agua, las zonas de recarga de acuíferos, las zonas de riesgo de origen geológico o hídrico, etc.

### *e) Etapa 5: Generación de mapas y análisis espaciales*

Las diversas etapas descritas culminan con la elaboración de tres mapas. Uno de vegetación con los tipos fisonómico-estructurales del área de interés, el mismo que servirá como base para realizar un análisis espacial del impacto ambiental en el área de influencia del estudio. Un mapa de zonas vulnerables y de riesgo (incluida la variable del cambio climático) y un mapa temático situacional de las percepciones locales en torno al cambio antrópico y climático.

Con el empleo conjunto de georeferenciación, cartografía digitalizada y sistemas de información geográfica (SIG) se podrá cuantificar la cobertura de cada uno de los tipos vegetacionales y determinará con precisión su estado actual y la medida en que han sido impactados. Otras capas de información espacial podrán ser superpuestas (mapa de suelos, mapa hidrológico) para obtener conclusiones sobre áreas de interés especial (vulnerables, en buen estado de conservación). Asimismo será posible realizar la transferencia de información a otras bases de datos, con objetivos diferentes; por ejemplo, para la evaluación del riesgo de erosión, potencial de restauración, dinámica respecto a los regímenes de perturbación antrópica y otros.

### f) *Cómo presentar las conclusiones del diagnóstico*

Se sintetizará los aspectos más salientes del estudio realizado, resaltando de forma particular el estado de la flora en la cuenca, las zonas intervenidas, las zonas sensibles y las áreas vulnerables, así como las posibles funciones ambientales de bosques y otras especies de flora.

#### 2.2.2.2. Fauna

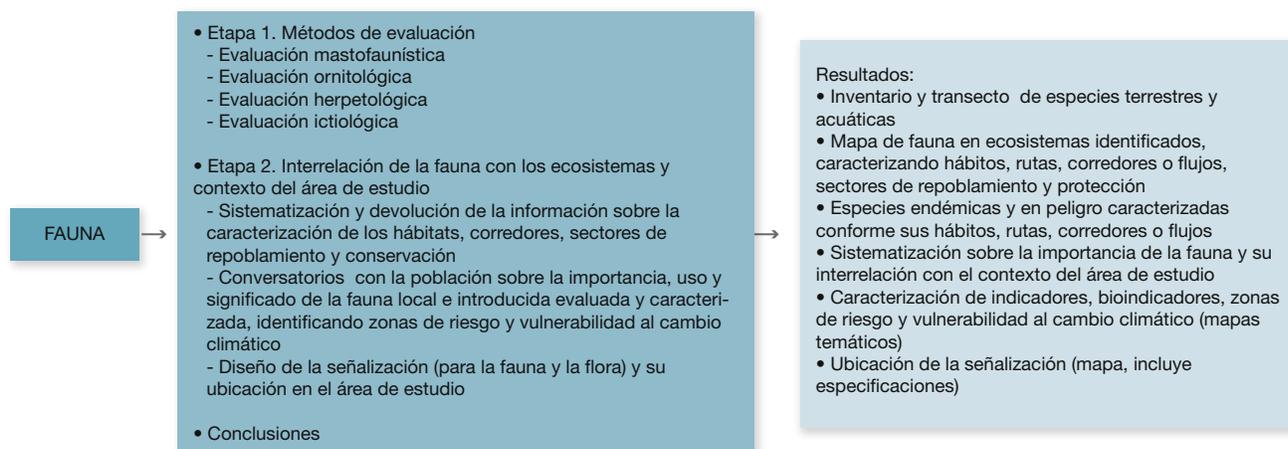
Los objetivos en este caso son:

- Inventariar las especies de vertebrados terrestres (mamíferos, reptiles, anfibios y aves) y acuáticos que la habitan, incluyendo especies endémicas e introducidas (antrópicas).
- Caracterizar sus hábitos, rutas o flujos, y los ecosistemas en los cuales son observados o fueron observados. Incluyendo los sistemas productivos identificados.
- Identificar aquellas especies que sean endémicas, raras o que presenten algún problema de conservación, incluido sus hábitat en caso de que se identifiquen corredores; incluyen áreas de alimento, descanso o reproducción.
- Identificar áreas con buenas condiciones de repoblamiento o protección.
- Obtener indicadores y bioindicadores sobre los efectos de la fauna en las diferentes perturbaciones naturales o antrópicas en la región de estudio.
- Diseñar la información pertinente y la señalización, conforme al contexto de la región en estudio, sobre la fauna, incluida la flora.

El estudio de la fauna caracterizará los corredores y las poblaciones, e identificará sus hábitats (su uso, su importancia dentro del ecosistema, además de su vulnerabilidad o adaptación al cambio climático). Se considera importante entender la dinámica del manejo del espacio de la fauna, tomando en cuenta la intervención antrópica y la posibilidad de colonización/adaptación de nuevas especies de altitudes menores a la definida en el territorio en estudio o corredor establecido. Es necesario comprender el uso, significado, simbología e importancia de la fauna de acuerdo a los pobladores que viven en la zona de estudio. El estudio considera fundamental sensibilizar a todos los pobladores (de forma generacional), sobre el rol o roles de la fauna en el ecosistema (variables de endémicas, control biológico, de preservación, u otros identificados).

- La ubicación y definición de zonas vulnerables o de riesgo se relacionan con el estado del cambio climático.

## ACTIVIDADES DE CARACTERIZACIÓN DE LA FAUNA



El inicio de todo proceso implica la presentación del equipo técnico responsable de realizar el trabajo, en este caso a las autoridades gubernamentales y originarias o naturales del territorio donde se realizará el estudio, para lo cual es importante un taller de arranque y presentación.

Esta parte del estudio se inicia con la colecta de información secundaria, como primera actividad específica.

### a) Etapa 1. Métodos de evaluación

#### a.1) Evaluación mastofaunística

Para la evaluación de mamíferos se emplearán métodos directos (observación) e indirectos (indicios o rastros y encuestas). En función a las características del área del proyecto, el estudio de campo estará dirigido hacia los sitios que se considere pudieran presentar poblaciones de animales silvestres en mejor estado de conservación, antes que aquellas poblaciones próximas a los centros poblados y zonas intervenidas.

Se enfatizará en la búsqueda de indicios dejados por los animales, entre los que se encuentran huellas, heces, restos alimenticios, senderos, madrigueras, sitios de descanso y otros. Los mamíferos también podrán ser identificados a través de olores, voces y sonidos, o bien por restos de sus cuerpos (cráneos, huesos, pelos, etc.). Para la búsqueda de tales señales se establecerán transectos en los sitios mencionados o que se reconozcan como rutas de desplazamiento de la fauna y al momento de caracterizar el mismo se georeferenciará.

De forma paralela se caracterizará y evaluará a la fauna local introducida (antrópica), identificando su interrelación (sinergia o competencia).

Se sugiere instalar estaciones de muestreo, para identificar las especies presentes.

Por otro lado, se realizarán encuestas y entrevistas a informantes claves para confirmar los datos obtenidos en el relevamiento de campo y registrar especies no avistadas. La encuesta será aplicada a informantes locales, asistida por láminas, fotografías a color identificadas en un mapa, en la cual se trazarán los hábitats, corredores, rutas, áreas de alimento, descanso y reproducción.

### *a.2) Evaluación ornitológica*

La evaluación de aves se efectuará mediante observaciones directas. Para la evaluación se realizarán transectos lineales a lo largo de los cuales el observador caminará lentamente y atendiendo las señales visuales y auditivas de las aves, las que servirán para su identificación; entonces se caracterizarán y georeferenciarán.

Dadas las características del área de estudio, no se realizará una evaluación cuantitativa estandarizada para determinar la abundancia de las especies. Los resultados serán apenas una indicación de la composición de las comunidades de aves de la región.

El registro de los datos obtenidos incluirá los siguientes aspectos:

- Identificación de la especie con ayuda de la guía de campo: aves de Sudamérica, lista de aves propias de cada país y otras.
- Hábitat donde el individuo fue encontrado.
- Números de individuos de la misma especie al momento del avistamiento y su interrelación con otras especies (lagunas).
- Rutas, flujos migratorios, sectores de alimentación y descanso.

Todos los sitios de muestreo serán geoposicionados para posteriormente ser utilizados en el análisis espacial, junto con la caracterización estructural de la flora.

### *a.3) Evaluación herpetológica*

El registro de información herpetológica (clase amphibia y reptilia) se realizará en transectos. Considerando que la herpetofauna es especialmente sensible a gradientes ambientales, especialmente de humedad, se procurará situar los transectos atravesando los microhábitats donde haya mayor probabilidad de éxito en las capturas y observaciones.

Con el objetivo de complementar los registros herpetofaunísticos se realizarán además reconocimientos libres fuera de los sitios de muestreo citados. También se obtendrá información en entrevistas a pobladores locales.

En el caso de las especies de anuros (sapos y ranas), la evaluación será realizada en la época lluviosa del año ya que estos anfibios pueden ser muy difíciles de localizar en la época seca, cuando se entierran o esconden perma-

neciendo inactivos. Asimismo, se intentará identificarlos visualmente o a través de los cantos particulares que emiten; también se verificará la existencia de cordones de huevos en cuerpos de agua (permanentes y temporales), así como la presencia de renacuajos. En caso de ser necesario, se procederá a la captura de individuos para proceder a su identificación y posterior liberación.

Para los ofidios (culebras) y lagartijas, normalmente de difícil detección debido a sus hábitos fosoriales, se intentará localizar a los individuos, rastrillando por debajo de rocas, huecos y grietas, donde la mayoría de las especies permanecen escondidas.

#### *a.4) Evaluación ictiológica*

La evaluación ictiológica se realizará mediante colectas en cuerpos de agua. La técnica de muestreo se basa en el empleo de redes manuales que permitirán atrapar inclusive las especies de menor tamaño. Los especímenes colectados se fijan en formol y envían al laboratorio para su identificación, conforme ya se ha descrito.

### *b) Etapa 2. Interrelación de la fauna con los ecosistemas y contexto del área de estudio*

Esta segunda etapa tiene estrecha relación con los procesos de consulta, talleres o grupos focales planificados a lo largo de la elaboración del estudio, a fin de lograr una interrelación fluida con la población afectada.

#### *b.1) Sistematización y devolución de la información sobre la caracterización de los hábitat, corredores, sectores de repoblamiento y conservación*

Una vez concluida la aplicación de los métodos de evaluación, se procede a sistematizar la información y a devolverla y validarla por medio de un taller, grupo focal o conversatorio. Este debe incluir niños, jóvenes, adultos y ancianos.

Para este encuentro se deben preparar mapas, fotografías y grabadoras para presentar lo “hallado” y “redescubierto” en el inventario de la fauna. Esto le dará legitimidad al trabajo de evaluación y caracterización de especies ya realizado.

Con ello se indagará la visión de la población en torno a la importancia de la fauna en su vida cotidiana y su valor cultural en su cosmovisión.

#### *b.2) Conversatorios con la población sobre la importancia, uso y significado de la fauna local e introducida que ha sido evaluada y caracterizada, identificando zonas de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático*

Por medio de un mapa temático se identifican las zonas de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático de la fauna, sensibilizando a la población y recogiendo sus opiniones. Se debe identificar los corredores y las rutas de observación de las especies locales, endémicas e introducidas y su dinámica con el cambio climático.

El producto es nuevamente un mapa temático (el “antes, ahora, después” de la fauna).

### *b.3) Diseño de la señalización (para la fauna, incluida la flora) y su ubicación en el área de estudio*

Una vez sistematizada toda la información precedente, se debe crear una señalización de la flora y fauna del área de estudio, la cual puede incluir datos culturales, turísticos, advertencias o alertas sobre cada sitio. La señalización facilita la gestión sostenible de la cuenca.

### *c) Cómo presentar las conclusiones del diagnóstico*

Las conclusiones del diagnóstico de la fauna en la cuenca deben señalar, además de las especies existentes, aquellas que se encuentren en peligro.

## 2.2.3 DIAGNÓSTICO DEL MEDIO SOCIOCULTURAL Y SOCIOECONÓMICO

### 2.2.3.1. El diagnóstico sociocultural

El diagnóstico sociocultural es un documento que no solo permite conocer al sujeto que vive en una determinada área geográfica, sino también es el documento que refleja la participación de las comunidades locales en la construcción y realización general del estudio.

Este documento debe constituirse en la principal fuente de información de carácter social del estudio. El diagnóstico sociocultural debe responder a los principales lineamientos del problema de la investigación que lo origina (siempre y cuando el diagnóstico no sea el fin en sí mismo).

El diagnóstico sociocultural permitirá precisar, por ejemplo, el grado y características de la consciencia social local sobre el cambio climático y cómo se está respondiendo al mismo. Debe establecer las estrategias necesarias para dar respuesta a las demandas de abastecimiento de agua de consumo por medio de los principios de manejo integral de los recursos hídricos en una cuenca. Si bien el cambio climático es el contexto o escenario de la investigación, el objetivo central de ésta es analizar y proponer diversas posibilidades para el manejo del agua en un área que ya experimenta una crisis. De ahí la importancia de la delimitación e identificación del área que se investigará, la cual tiene una población, una historia y una cultura características.

En la presente Guía se considera que “cultura es todo aquello que el ser humano crea, produce, hereda, se apropia y transmite a lo largo de su existencia con el objetivo de satisfacer sus necesidades tanto de carácter biológico-vital como social, político, económico y simbólico.”

El esquema básico del diagnóstico debe estar diseñado en concordancia a los principales factores socio-funcionales, es decir, lo social, lo político/jurídico, lo económico y los simbólicos. En la presente propuesta lo económico y lo jurídico son objeto de un tratamiento particular y especializado, dada su importancia.

No se debe dejar de considerar el hecho de que las comunidades compuestas por poblaciones agrícolas y estructuralmente ligadas a sus ancestrales historias son las que, por naturaleza cultural, se encuentran plena y dinámicamente integradas al medio en el que viven. Esta totalidad (Pacha) estructura los mundos cosmo-mitológicos de los miembros de la comunidad, de modo que cualquier irrupción externa a ellos es una irrupción en un tejido histórico cultural con múltiples ramificaciones étnico-identitarias, irrupción que, si no es consensuada, será localmente considerada una agresión de significativas connotaciones étnicas identitarias.

Los objetivos del diagnóstico sociocultural son:

- Conocer descriptiva y analíticamente la organización estructural y la dinámica cultural de la comunidad existente en el área donde se implementarían mecanismos de manejo hídrico, en torno a distintos ejes socio funcionales: lo social (eje: demografía y realizaciones familiares en comunidad), lo político/jurídico (eje: gobernabilidad local y normatividad básica) y lo simbólico (eje: religiosidad cosmo-mitológica y territorialidad).
- Conocer y analizar las experiencias y percepciones sociales relacionadas con el cambio climático en cada una de las áreas socio-funcionales (social, política y simbólica).
- Rescatar conocimientos sobre eventos climatológicos extremos, cómo y con qué frecuencia se han dado, qué efectos y reacciones han producido en la población local y aledaña.
- Conocer y analizar las características básicas de las relaciones sociales, políticas y simbólicas con las regiones aledañas.
- Conocer y analizar las predisposiciones socioculturales y afectivas emergentes de las relaciones con las regiones aledañas.
- Conocer y analizar las experiencias socioculturales producidas por las relaciones entre la comunidad y las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y religiosas.
- Conocer y analizar las fortalezas, potencialidades, debilidades y vulnerabilidades de los aspectos socioculturales del manejo integral de la cuenca y, en función de ellos, planificar de manera participativa los cambios en la dinámica sociocultural que sean necesarios.
- Conocer y determinar la ubicación y características del patrimonio cultural antropológico y/o arqueológico existente en el territorio de las comunidades involucradas en el área en estudio. Dado que dicho patrimonio tiene un valor, este se puede calcular.
- Conocer el ámbito socio-geográfico y cultural de expansión, difusión, realización y esparcimiento de lo sociocultural local.

El trabajo a desarrollarse de manera complementaria en el área aledaña o circundante al núcleo geográfico-social en el que se hace una intervención considerará los siguientes datos:

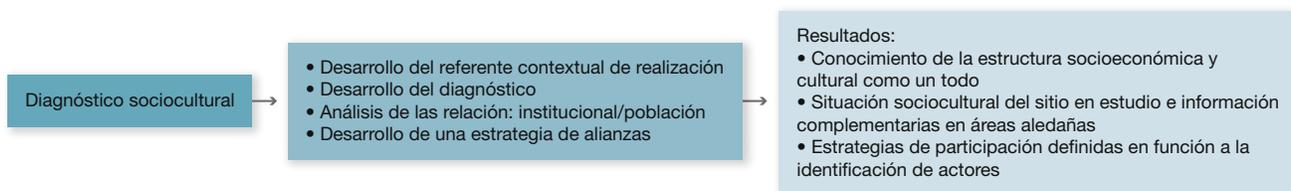
- Sobre el carácter y grado de interacción social, política, económica y simbólica entre la población y el área en la que se realiza el diagnóstico sociocultural.

- Sobre las predisposiciones socioculturales y afectivas de la población sobre la que se realiza el diagnóstico sociocultural.
- Sobre las experiencias de la población con las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y religiosas.
- Sobre la cotidiana demanda de agua.
- Sobre los distintos usos del agua (doméstico, industrial, servicios, etc.) y su posible variación por el cambio climático.
- Sobre el sistema de distribución del agua, y el control y tratamiento de la misma.
- Sobre las fuentes de contaminación del agua, el impacto social de la contaminación y las respectivas medidas de salubridad.
- Sobre el nivel de consciencia respecto al problema climático.

Se debe tomar en cuenta el hecho de que el compacto sociocultural identificado, definido y directamente afectado en su realización vital (vivir y existir) es el mismo que debe realizar el manejo integral de la cuenca.

Se debe considerar a la vez, que un *diagnóstico sociocultural* permite recrear escenarios con el objetivo de evaluar los efectos del cambio climático en general o sobre cada uno de los factores socio funcionales de la región, evaluación que no debe dejar de considerar las características de las relaciones interétnicas regionales, o relaciones de poder y prestigio que frecuentemente se dan entre comunidades agrarias y las ciudades inmediatamente aledañas a ellas. Del conocimiento estructural, funcional y analítico de estas características depende, o puede depender, el éxito de una empresa.

## ACTIVIDADES DEL DIAGNÓSTICO SOCIOCULTURAL



El principal referente contextual de las actividades a desarrollarse es la constitución del Estado respectivo y, en segunda instancia, las políticas de las instituciones estatales responsables del medio ambiente. El mandato constitucional y el mandato de estas instituciones están regidos por leyes y reglamentos, por sus respectivas misiones y objetivos.

## a) En áreas rurales

Teniendo en cuenta que no todas las naciones latinoamericanas son socioculturalmente o identitariamente homogéneas, las responsabilidades de los consultores u otros ejecutores de estos procesos son:

- Sistematizar la caracterología étnico-cultural de las poblaciones donde se llevarán a cabo los procesos.
- Establecer la relación entre las instituciones gubernamentales de pertinencia y las poblaciones del área en la que se desarrollará la intervención; en función de carácter de dicha relación, deben desplegar una estrategia de interacción, tomando en cuenta el hecho de que en sociedades complejas en lo étnico-identitario, las relaciones interétnicas suelen ser percibidas, implícita o explícitamente, desde el ámbito de las relaciones de poder. Por esto, es prioritario realizar un diagnóstico de la situación política de las poblaciones del sitio de intervención.
- En caso de no existir antecedentes significativos ni perturbadores de carácter institucional o personal (es decir de las personas/investigadores responsables de la realización del proyecto), los investigadores deberán buscar establecer relaciones amistosas y significativas; desde un inicio se debe crear un ámbito de confianza y seguridad.
- Los ejecutores también podrían desarrollar una estrategia de “alianzas” con personas o instituciones gubernamentales o no gubernamentales que posean *amistosas y significativas* relaciones con las comunidades de las que se trata, a fin de desarrollar el proyecto bajo el manto de estas relaciones. En este caso, quienes encabecen la realización del proyecto deberán ser los portadores de los atributos de cercanía.
- Desde los primeros contactos se debe tomar en cuenta la importancia de entablar una buena relación con la población. Se debe considerar que ésta posee una rutina o protocolo de contacto que siempre incluye a la autoridad local. Si los investigadores “aparecen” en la población e inician “su” trabajo, por ejemplo encuestando a los pobladores, habrán dado un primer –y casi irreversible– paso hacia el fracaso y el consecuente conflicto. Los primeros contactos se realizan entre sujetos con capacidad de decisión; el proyecto se inicia “realizándolo entre todos”, es decir, resaltando la significación de los conceptos “participativo” y, muy especialmente, el de “manejo integral”. Esto significa que las expectativas y estrategias sociales locales que pueda generar el proyecto serán definidas interactivamente.
- Es altamente recomendable que la formalización del inicio del proyecto, que, reiteramos, demanda la interacción con la población, se realice en presencia de una alta autoridad de la principal institución responsable, para mostrar capacidad de decisión.
- En cuanto al diagnóstico socio-cultural, se sugiere usar la metodología *estructuro-funcionalista* de carácter etnográfico, es decir, organizarlo en función a la descripción y análisis de los factores socio funcionales en base a los cuales se organiza toda sociedad humana; es decir, reiteramos, lo social, lo político/jurídico y lo simbólico.
- La “territorialidad” trata sobre la culturización del espacio en el que tradicionalmente habita la comunidad; espacio en el cual, debido a los cambios en el clima, se están dando importantes transformaciones. La territorialidad “transversaliza” al conjunto de los factores socio funcionales, a consecuencia del carácter predominantemente agrario de las sociedades rurales.

- La investigación de la situación sociocultural recurrirá a información de fuentes primarias y secundarias. Con la información de fuentes secundarias se realizará un análisis documental, priorizando los aspectos inherentes a las alteraciones producidas por los cambios climatológicos a lo largo de un tiempo histórico (aspectos estadísticos demográficos, etc.). En base a la información de fuentes primarias se definirá la situación sociocultural de la población objeto del estudio.
- Las técnicas a emplearse en la obtención de información de fuentes primarias son:
  - Métodos de interacción local tradicional, para que los comunarios puedan desenvolverse de acuerdo a sus usos y costumbres, al mismo tiempo que están al corriente de la presencia del investigador, que actúa por medio de la observación participante.
  - Entrevistas con informantes clave por factores y/o temas de atención; entrevistas que bien podrían derivar en la elaboración de historias de vida.
  - Talleres de trabajo con grupos específicos, en los que se lleven a cabo conversatorios sobre temas específicos (los ejes de cada factor socio funcional) y se trate las fortalezas y debilidades de la comunidad en los escenarios emergentes del cambio del clima, es decir, sus vulnerabilidades y posibilidades de adaptación. También debe hablarse del relacionamiento de la comunidad con las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, de las relaciones interregionales y las interétnicas. Finalmente, se debe hablar de las percepciones y expectativas sociales inmediatas y mediatas sobre el futuro de la comunidad y sus pobladores.
  - En cuanto al tema transversal territorial, se sugiere emplear la técnica de la elaboración de maquetas y/o mapas parlantes en calidad de referentes fácticos de lo que se prevé tocar durante el conversatorio. En torno a la elaboración social de la maqueta, el conversatorio debe ayudar a rememorar la territorialidad actual respecto a la que había en el pasado.
  - Se puede desarrollar participativamente cuadros síntesis, mapas incluidos, sobre las potencialidades, debilidades, riesgos y vulnerabilidades de cuenca.
  - Durante el desarrollo de las entrevistas y de los talleres de trabajo, el investigador debe contar con una ayuda memoria de todos los temas que necesita desarrollar.

### *b) En áreas urbanas*

El abordaje es diferente a nivel urbano ciudadano, área de la que emergen las principales demandas de consumo de agua.

El ciudadano de una urbe difícilmente puede ser incluido en un proceso de gestión integral; sin embargo, la institución municipal y departamental de la que depende administrativamente la ciudad o ciudades, sí tiene y debe participar del proceso mediante sus dependencias con competencia.

Luego de involucrar a las instituciones señaladas, o las competentes en cada país, el investigador debe completar la siguiente información, recurriendo a información primaria o secundaria:

- Conocer y analizar la estructura y la dinámica socioeconómica y política de la urbe.
- Conocer y analizar las formas de organización social ciudadana, por ejemplo las “juntas vecinales” y su dinámica relacional con el municipio; dado el caso, recurrir a ellas en calidad de fuentes de información primaria.
- Conocer y analizar las experiencias que emergen de las relaciones con las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y religiosas.
- Realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de la demanda de agua, y de cómo es que ésta incide en la dinámica de la institución municipal respectiva.
- Conocer y analizar el sistema de distribución, control y tratamiento de agua.
- Conocer y analizar las fuentes de contaminación del agua, su impacto social y las medidas de salubridad necesarias.
- Conocer y analizar el nivel de consciencia sobre las soluciones al problema climatológico y lo desarrollado en educación ambiental.
- Conocer y analizar las percepciones sociales sobre el futuro de la ciudad respecto al agua y el cambio del clima.
- Conocer y analizar las posibles manifestaciones sociales relacionadas con el tema del agua y el cambio del clima.
- Conocer y analizar el carácter y el grado de interacción social, política, económica y simbólica en la que se realiza el diagnóstico sociocultural.
- Conocer y analizar los criterios y los afectos de las poblaciones existentes respecto a las áreas de origen o “fuente” del recurso hídrico.
- Desarrollar cuadros síntesis, mapas incluidos, sobre las potencialidades, las debilidades, los riesgos y las vulnerabilidades de la urbe involucrada en la cuenca.

En las siguientes páginas web se encuentra información sobre métodos cualitativos que podrían usarse en la Fase de diagnóstico:

[2.2.3.1-1] [WWW.ehowenspanol.com](http://WWW.ehowenspanol.com)

[2.2.3.1-2] [WWW.ualberta.ca](http://WWW.ualberta.ca)

[2.2.3.1-3] [WWW.healthnet.unam.mx](http://WWW.healthnet.unam.mx)

[2.2.3.1-4] [WWW.guía.oitcinterfor](http://WWW.guía.oitcinterfor)

[2.2.3.1-5] S.J. Taylor, R. Bordan.2000. *Introducción a los métodos cualitativos de investigación* (WWW.terras.edu.ar).

[2.2.3.1-6] Thomas Abre.2006. *Caminos de la memoria y el poder: Etnografía e Historia en una comunidad andina*. Publicaciones Sierpe. La Paz.

[2.2.3.1-7] María José Aguilar. 1995. *Técnicas de animación grupal*. Ed. Espacio. Buenos Aires.

[2.2.3.1-8] Arnoldo, Denise. 2006. *Metodologías cualitativas*. Ed. PIEB. La Paz.

### c) *Cómo presentar las conclusiones del estudio sociocultural*

El estudio sociocultural debe concluir con una síntesis de los aspectos más salientes que propone, y proporcionar elementos para la estructuración del mapa de actores.

#### 2.2.3.2. El diagnóstico socioeconómico

Los objetivos generales de esta actividad son:

- Identificar, conocer y analizar: i) las características económicas de la región de análisis (mirada macro) y ii) los usuarios del recurso hídrico, sus actividades económico productivas y su relación económica con el recurso hídrico (mirada micro).
- Identificar las actividades productivas relevantes de la cuenca, para poder caracterizarlas y cuantificarlas en lo posible, a fin de construir la línea de base del área de estudio.
- Identificar y definir el área de análisis socioeconómico, que comprende el área definida por la cuenca y las subcuencas relevantes involucradas, tanto la zona rural como la urbana que son beneficiadas por los recursos hídricos; conocer las poblaciones que habitan dichas áreas y cuál es el uso (productivo, servicio, etc.) de los recursos hídricos.
- Construir en lo posible indicadores a partir de la línea de base, para evaluar los impactos del cambio climático en las actividades económicas.
- Conocer las percepciones sobre los impactos económicos de los eventos de cambio climático en la producción y calidad de vida en general.
- Conocer las percepciones sobre las medidas de adaptación ejecutadas por la población en la cuenca.
- Conocer las percepciones de la población acerca de los recursos hídricos como proveedores de “funciones ambientales”.

Los objetivos específicos de esta actividad son:

En el área rural:

- Elaborar indicadores socioeconómicos relevantes a partir de las fuentes de información secundaria y primaria: Actividades económico productivas, volumen de producción, valor de producción, rendimientos, uso y manejo del suelo.
- Elaborar indicadores sociales (si es considerado relevante) a partir de fuentes de información secundaria y primaria.
- Identificar las percepciones de afectación del cambio climático en temas productivos, sociales, de salud y calidad de vida, a través de los cambios registrados en dichas actividades a lo largo del tiempo (cantidad, calidad, cambios de actividad) y las razones atribuidas por la población a esos cambios.
- Determinar el riesgo, en términos de la magnitud estimada de la pérdida, de suelos, sistemas productivos y medio ambiente en general, cuando sobrevienen inundaciones, sequías y otros eventos extremos.
- Identificar y tipificar a los usuarios de los recursos hídricos, y analizar si existe competencia por el uso de agua (actual o potencial), que pueda ser fuente de un conflicto por el uso del recurso.

En el área urbana:

- Obtener información sobre los diferentes usos que se dan al agua: uso doméstico, industrial, servicios, generación de energía hidroeléctrica.
- Caracterizar en lo posible los distintos usos y usuarios del agua, cuantificar las proporciones de uso del recurso.
- Conocer cómo se determina el costo del agua y los precios de las tarifas de agua.
- Conocer las prácticas de uso del agua.
- Conocer las percepciones de los usuarios urbanos sobre el concepto de “funciones ambientales” del recurso hídrico y la necesidad de la conservación del mismo
- Conocer las percepciones sobre los impactos económicos de los eventos de cambio climático en la dotación de agua, así como los riesgos y la vulnerabilidad en áreas urbanas ante eventos de cambio climático.

TABLA 4. LA LÍNEA DE BASE

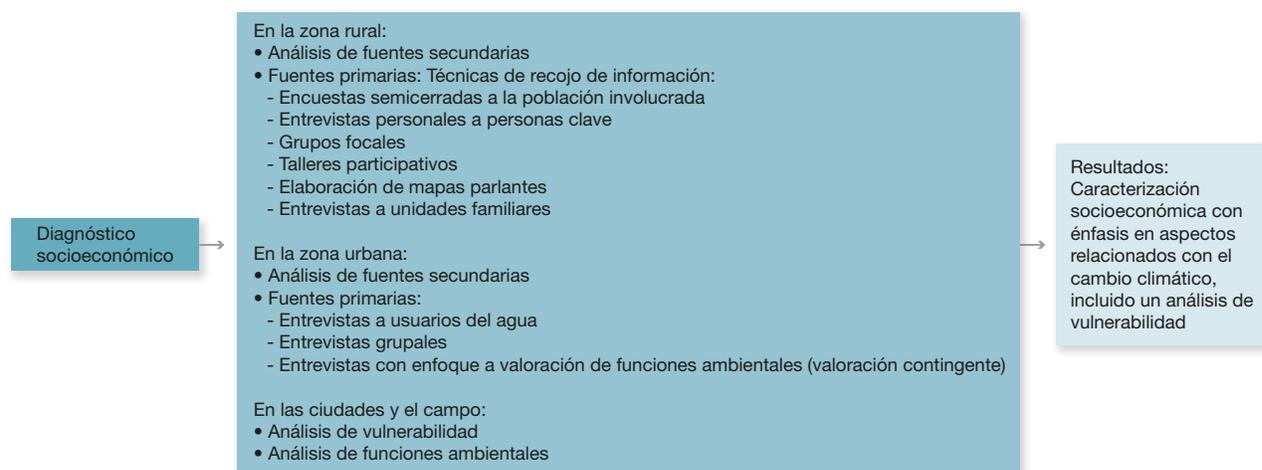
El diagnóstico a realizarse conformará una línea de base en el área socioeconómica que se sustentará en la información recopilada; los fundamentos básicos para elaborar esta línea de base se citan a continuación.

- La línea de base refleja la situación actual, el punto de partida sobre las características socioeconómicas, ambientales y físicas, tanto a nivel rural como urbano, que permitirá ir monitoreando los cambios de acuerdo a los indicadores que se vayan a definir.
- La línea de base es un conjunto de indicadores que sirven como marco de referencia cualitativo y cuantitativo para poder verificar, analizar, monitorear, dar seguimiento y evaluar los resultados, impactos y cambios a nivel biofísico, socioeconómico y ambiental, relacionados con la implementación de actividades de un programa de manejo de cuencas hidrográficas.
- La línea de base se fundamenta en indicadores cuantitativos y/o cualitativos relacionados con los problemas priorizados en el diagnóstico. Estos indicadores deben ser fijados por el consultor y socializados con la población involucrada.
- Los indicadores, en la medida de lo posible, deben ser indicadores específicos, medibles, realizables, relevantes y oportunos (SMART es el acrónimo en inglés).
- La estructura de una matriz de resultados (“Matriz de evaluación de desempeño del Servicio Nacional de Áreas Protegidas Bolivia” SNAP, 2011) [2.2.3.2.1] que refleja la línea de base y los respectivos indicadores puede estructurarse de la siguiente manera, por ejemplo:
  - Objetivo/impacto.
  - Línea de base: Estado del indicador al inicio de la intervención.
  - Indicadores: Variable o factor cuantitativo o cualitativo que permite medir el impacto a mediano y largo plazo.
  - Meta: Situación prevista del indicador al final de la intervención, que muestra el cambio de la línea de base.
  - Medios de verificación: Fuentes primarias o secundarias de información que aporten evidencia del cumplimiento de la meta
  - Métodos de recolección de información: Procedimientos o mecanismos para obtener información sobre el indicador de impacto.
  - Responsable de recolección de información: Personas encargadas de aplicar los métodos de recolección de información
  - Supuestos/riesgos: Condiciones positivas o negativas para lograr o no lograr el resultado.

#### Información básica

- Para el diagnóstico socioeconómico se debe analizar datos de fuentes secundarias municipales, estatales, provinciales o departamentales, con el fin de determinar el grado de aporte económico a nivel municipal y/o regional.
- Se analizan los documentos de planificación regionales, así como los planes de desarrollo municipal y departamental, gracias a los cuales se podrá conocer las prioridades de desarrollo del área de estudio y se podrán determinar los potenciales usuarios de agua y las demandas futuras. En las ciudades el análisis de la demanda de agua se relaciona con los diferentes usos que se da al recurso, que tiene que ver con variables de desarrollo, pobreza y crecimiento urbano. Desde el punto de vista de la oferta es importante analizar la disponibilidad actual y futura de agua desde la perspectiva de los actores responsables de la dotación de agua y cómo los mismos responden al cambio climático.

## ACTIVIDADES DEL DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO



### a) Actividades del diagnóstico socioeconómico en la zona rural

- Analizar, en fuentes secundarias, los datos estadísticos de la cuenca, así como trabajos relevantes sobre la zona en estudio. El análisis debe orientarse a la influencia del cambio climático en los diferentes indicadores. Lo ideal es contar con datos históricos para poder realizar comparaciones.
- Incluir indicadores que muestren la vulnerabilidad de la cuenca y su capacidad de adaptación, tales como:
- Analizar aspectos económicos y productivos (producción, valor de la producción y productividad en las áreas productivas relevantes).
- Uso del agua.
- Relacionamiento con las instituciones gubernamentales.
- Problemática social y económica de la región.
- Problemas del marco institucional relacionados con la producción.
- Actividades económico-productivas desarrolladas.
- Superficie de suelo utilizada para las actividades económico productivas.
- Cantidad producida y volumen de producción (comercialización y autoconsumo).
- Valor de producción de las actividades productivas.
- Rendimientos de producción (eficiencia en la producción).

- Manejo del suelo para agricultura y ganadería: Uso del suelo y sobreuso (prácticas agrícolas ineficientes, uso de pesticidas, bajo rendimiento, etc.)
- Elaborar indicadores sociales:
- Indicadores de salud, educación, servicios básicos, etc. (si es necesario para fines del proyecto).
- Indicadores de pobreza (si es necesario para fines del proyecto)
- Identificar las percepciones sobre el efecto del cambio climático en temas productivos, sociales, de salud y calidad de vida a través del tiempo (cantidad, calidad, cambios de actividad) y las razones atribuidas por la población a estos cambios. Describir y tipificar a los usuarios internos y externos, y analizar si existe competencia por el uso de agua (actual o potencial) que pueda ser fuente de un conflicto por el uso del recurso.
- Realizar entrevistas semiestructuradas a la población sobre temas económico-productivos: Entrevistas a unidades familiares específicas y a informantes claves (autoridades comunales, municipales, médico de la posta, maestro de la escuela, etc.) para obtener información acerca de características demográficas de la población, actividades productivas y extractivas, calendario de actividades económicas, perspectivas de desarrollo y problemas, relaciones con la población. También sobre rendimientos, capacidad de uso del suelo por sobrepastoreo o sobreproducción. Esta forma de recabar información puede ser útil para conocer las percepciones de la población en torno al cambio climático. Las personas mayores de las comunidades poseen la memoria del entorno y pueden brindar la información con gran detalle.
- Realizar talleres participativos: Reuniones con los pobladores locales para conocer sus percepciones acerca de la afectación del cambio climático en sus actividades económicas productivas y sociales. Indagar acerca de posibles conflictos que se generan por los impactos del cambio climático.
- Eventualmente se puede utilizar la metodología de mapas parlantes para reconstruir los hechos del pasado y los hechos actuales en forma cronológica.
- Ingresar al área de estudio con el objetivo de obtener datos primarios y para corroborar los datos obtenidos en los talleres.

### *b) Actividades del diagnóstico socioeconómico en la zona urbana*

Realizar un análisis de las fuentes secundarias:

- Aspectos demográficos: Tipos de ciudades: grandes, intermedias y chicas y distribución de la población.
- Usos del suelo: suelo ocupado, planificado, disponible. Densidad poblacional. Tipos de usos: vivienda, industria, comercio, servicios
- Usos del agua: identificación de fuentes de agua urbana.
- Información de la empresa proveedora de agua potable y alcantarillado.

- Aspectos socioeconómicos: Datos de pobreza (Necesidades Básicas Insatisfechas), carencia de saneamiento y servicios básicos, hacinamiento, alcantarillado, equipamiento de viviendas, accesibilidad a servicios de salud.
- Medio ambiente: áreas verdes, tratamiento de aguas servidas, fuentes emisoras de residuos contaminantes.
- Organizaciones ciudadanas.
- Calidad de vida urbana: acceso a salud, tratamiento de aguas servidas.
- Realizarentrevistas a diferentes usuarios del agua: viviendas, empresas, y servicios.
- Conocer sus percepciones acerca del cambio climático.
- Conocer el comportamiento respecto al uso del agua como individuos, empresas, sector público.
- Discriminar las entrevistas entre grupos de ingreso bajo, medio, alto e identificar las diferencias de percepción sobre el uso del agua y el cambio climático.
- En algunos casos se puede aplicar entrevistas a un grupo de personas para identificar el valor que éstas otorgan al recurso agua; incluso se puede indagar acerca de su disponibilidad a pagar por este recurso si, por ejemplo, éste se volviera escaso. Los resultados serían una medida del valor que estas personas dan al agua.

### *c) Actividades del diagnóstico socioeconómico en las ciudades y en el campo*

En las ciudades y el campo se debe hacer un análisis de vulnerabilidad. Para determinar la vulnerabilidad al cambio climático en una economía, se debe conocer si ya existen medidas de prevención y adaptación al cambio climático en la etapa de elaboración del diagnóstico.

Se debe identificar ex ante si existen sistemas de riesgo, sistemas de alerta temprana y otro tipo de herramientas de prevención.

Resulta importante conocer cómo es el funcionamiento de estos sistemas, cuánto tiempo están en funcionamiento y si son eficientes y eficaces para disminuir la vulnerabilidad. También es necesario conocer cómo estas medidas son asumidas por los tomadores de decisión, y en qué medida los actores del sector público las asumen (incluyéndolas en su presupuesto).

La tabla a continuación presenta como referencia los sectores considerados vulnerables, así como las causas para la vulnerabilidad y algunos mecanismos para disminuir los factores de vulnerabilidad.

TABLA 5. VULNERABILIDAD A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Sector vulnerable	Causas de vulnerabilidad	Mecanismos para disminuir la vulnerabilidad
Salud	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones sectoriales no preparadas para nuevos impactos del cambio climático</li> <li>• Instituciones estatales responsables inestables y débiles</li> <li>• Poca planificación sobre los impactos del cambio climático</li> <li>• Limitados recursos económicos asignados al sector</li> <li>• Información limitada</li> <li>• Capacidades técnicas limitadas</li> <li>• Crecimiento de la población</li> <li>• Aumento de la contaminación</li> <li>• Prácticas productivas dañinas a la salud</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento de la infraestructura y sistema de funcionamiento de la salud pública con inclusión de aspectos de cambio climático</li> <li>• Gestión orientada hacia la mejora de la salud del medio ambiente (incluida la calidad del aire y de las aguas, seguridad alimentaria, diseño urbano y análisis y ordenamiento de aguas superficiales)</li> <li>• Programas, servicios y sistemas de seguimiento de la salud pública, que debe ser fortalecida y mantenida hacia las nuevas necesidades que impone el cambio climático</li> <li>• Mayor investigación sobre impactos del cambio climático en la salud</li> <li>• Constante seguimiento y monitoreo en sectores más vulnerables a impactos sobre salud</li> <li>• Cambio de políticas</li> <li>• Mejorar gestión de riesgos ambientales</li> <li>• Facilitar acceso al recurso hídrico</li> <li>• Asegurar atención de la salud</li> <li>• Incluir los riesgos climáticos en el diseño y la ejecución de políticas de salud</li> </ul>
Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones sectoriales no preparadas para nuevos impactos del cambio climático</li> <li>• Instituciones estatales responsables inestables y débiles</li> <li>• Poca planificación sobre los impactos del cambio climático</li> <li>• Limitados recursos económicos asignados al sector</li> <li>• Capacidades técnicas limitadas</li> <li>• Crecimiento de la población</li> <li>• Aumento de la contaminación</li> <li>• Prácticas productivas dañinas a la salud</li> <li>• Bajo nivel tecnológico</li> <li>• Infraestructura deficiente</li> <li>• Información limitada</li> <li>• Agotamiento de recursos naturales</li> <li>• Desconocimiento de soluciones alternativas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y valorar conocimientos ancestrales de las comunidades asentadas en lugares de impacto</li> <li>• Fortalecimiento institucional de instituciones sectoriales y estatales con inclusión de aspectos de cambio climático</li> <li>• Capacitación y desarrollo de capacidades en sectores productivos respecto a temas de cambio climático</li> <li>• Gestión de riesgos</li> <li>• Sistemas de alerta temprana</li> </ul>
Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituciones sectoriales no preparadas para nuevos impactos del cambio climático</li> <li>• Instituciones estatales responsables inestables y débiles</li> <li>• Bajo nivel tecnológico</li> <li>• Información limitada</li> <li>• Capacidades técnicas limitadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortalecimiento institucional de instituciones sectoriales y estatales con inclusión de aspectos de cambio climático</li> <li>• Gestión de riesgos</li> <li>• Sistemas de alerta temprana</li> </ul>

Sector vulnerable	Causas de vulnerabilidad	Mecanismos para disminuir la vulnerabilidad
Asentamientos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poca o nula planificación estatal de asentamientos humanos en lugares adecuados</li> <li>Construcción y asentamiento en zonas inestables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planificación de los asentamientos y de su infraestructura, así como el traslado de instalaciones industriales a lugares adecuados</li> <li>Gestión de riesgos</li> <li>Sistemas de alerta temprana</li> </ul>
Eventos extremos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poca o nula planificación hacia la ocurrencia de eventos extremos</li> <li>La no inclusión de la problemática de ocurrencia (cada vez más frecuente) de eventos extremos en instituciones relevantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguros: servicios de seguros en casos de desastre, bancarios y de gestión de activos</li> </ul>

Fuente: [2.2.3.2.2]

#### d) La importancia de la regulación hídrica a partir de las funciones ambientales de la naturaleza<sup>15</sup>

Los páramos, los bosques y las ciénagas son ecosistemas de montaña andinos, estratégicos en términos de provisión de servicios o funciones ambientales, sobre todo por su capacidad de provisión y regulación hídrica.

Es importante distinguir entre el valor de uso de la especie y el valor de no uso. El primero se refiere al valor que adquiere una especie al ser utilizada, es decir, al precio de mercado por el cual el bien se transa y es “consumido” por el usuario. Este valor puede ser directo, indirecto y de opción. Pero también existe el valor de no uso, que se divide en valor de existencia y valor de herencia.

Por otro lado, si se toma en cuenta que el bosque tiene una “función ambiental” es necesario calcular el valor de uso (en este caso, indirecto) de sus servicios ambientales. Un ejemplo se encuentra en CAF/The Nature Conservancy, 2012, *Las funciones ambientales de la naturaleza, las experiencias de Bolivia, Colombia y Ecuador*.

Las funciones ambientales provistas por el ecosistema son, específicamente, provisión y regulación hídrica, y captura de carbono. Otros servicios importantes del bosque son de recreación, gracias a su belleza escénica, existencia y legado.

La valoración de estos servicios ambientales es un insumo necesario para las decisiones de conservación que se tomen y para buscar mecanismos de financiamiento para la conservación.

##### d.1.) Pago por funciones ambientales

Los mecanismos de pago por funciones o servicios ambientales (PSA) consisten en incentivar la conservación de áreas forestales relevantes para la generación de algún beneficio derivado del funcionamiento del ecosistema

15 Información extraída de: CAF/TNC, 2012, *Las funciones ambientales de la Naturaleza, Las experiencias de Bolivia, Colombia y Ecuador*; García H., 2013, *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán*; Instituto Nacional de Ecología, 2005, *Manual para pagos por servicios ambientales*.

(como la biodiversidad o las cuencas hidrológicas) a través de un pago a los propietarios de los bosques. El PSA ha funcionado con buenos resultados en varios países latinoamericanos. Se basa en el siguiente principio: “el que conserva recibe una compensación” [2.2.3.2.5].<sup>16</sup>

Otros mecanismos intentan que la sociedad asuma su responsabilidad de manera global y provea los medios necesarios para la consecución de los objetivos de conservación. Por ello se ha buscado valorar las funciones ambientales de la naturaleza y se ha creado mecanismos tales como los fondos de agua o los fondos de conservación [2.2.3.2.6].<sup>17</sup>

Resulta importante incorporar estos aspectos al diagnóstico socioeconómico, cuando sea pertinente, porque es en esta fase que se determina si es posible aplicar un esquema de pago por funciones ambientales en el proyecto que se vaya a desarrollar.

El objetivo en esta etapa es identificar, recopilar y ordenar la información relevante que se usará a lo largo del diseño del programa o proyecto. Entre la información necesaria está:

- Las características generales del área de la cuenca (municipios, áreas protegidas, territorios comunitarios de origen y otras estructuras representativas) y los estudios disponibles.
- Los receptores de los servicios ambientales: son los usuarios del recurso hídrico en la zona, ya sean domésticos, comerciales, industriales o públicos. Los receptores son quienes harán el pago por la conservación de las zonas definidas.
- Los proveedores potenciales: son los poseedores de los recursos forestales, ya sea comunidades o pequeños propietarios, así como las asociaciones que conformen entre sí.
- Las áreas que deben integrarse en el programa y la evaluación de las posibilidades para llevar a cabo un esquema local de pago por servicios ambientales hidrológicos.

A partir de la recopilación y sistematización de la información general del área, la identificación de los beneficiarios y proveedores, así como la identificación de los potenciales vínculos con otras áreas aledañas, se puede llevar a cabo una evaluación general de todos los componentes requeridos para el diseño del programa de PSA y evaluar su viabilidad.

Los pasos que se requiere dar para realizar el diagnóstico son cinco:

#### *Paso 1: Recopilación de información*

Recopilar información general sobre:

- Población.
- Servicios públicos de los que dispone.

<sup>16</sup> Instituto Nacional de Ecología, 2005, *Manual para pagos por servicios ambientales*, México.

<sup>17</sup> CAF/TNC, 2012, *Las funciones ambientales de la naturaleza, Las experiencias de Bolivia, Colombia y Ecuador*.

- Grupos indígenas.
- Actividades económicas principales.
- Número de comunidades.
- Características hidrológicas y principales ecosistemas.
- Principales localidades.
- Datos generales sobre el gobierno municipal/departamental.
- Estudios existentes que puedan ser de utilidad para el desarrollo del programa. En concreto se solicita recopilar:
  - Estudios sobre vocación de suelo y sistema hidrológico.
  - Programas de ordenamiento territorial.
  - Mapas temáticos disponibles (hidrográfico, de suelos, de vegetación, usos del agua, geológico, etc.)
  - Imágenes de satélite.

El objetivo fundamental de los mapas y de las imágenes satelitales durante esta etapa es recuperar la información necesaria sobre las cuencas y subcuencas de mayor importancia para la recarga de acuíferos y fuentes de abastecimiento en la zona, así como datos relacionados con la sobreexplotación de acuíferos. Uno de los pilares para el desarrollo de esquemas locales de pago por funciones ambientales es darle prioridad a aquellas áreas con problemas de agua o con riesgos mayores de desastres naturales.

#### *Paso 2. Identificación de los beneficiarios del programa*

En este paso se identificarán los potenciales beneficiarios del programa tomando en consideración su ubicación en las zonas receptoras, sus características, así como su percepción de la problemática del agua a nivel local.

Los resultados esperados son:

- Identificar a los beneficiarios que se sitúan en las zonas receptoras y sistematizar la percepción/información de la problemática del agua y los desastres naturales.
- Contar con información sobre el número de tomas de agua, el tipo de toma, los volúmenes consumidos y la capacidad de pago.
- Contar con información sobre posibles aportaciones adicionales (donaciones de los distintos usuarios).

Los beneficiarios son los usuarios domésticos, comerciales, industriales y públicos.

Para los usuarios domésticos es necesario recopilar información sobre la problemática del agua en la zona:

- Identificar las localidades más importantes de acuerdo con su tamaño y el número total de habitantes.
- Para cada localidad, identificar y ordenar los posibles problemas relacionados con el agua, tales como: i) la mala calidad (contaminación); ii) la disminución de los volúmenes de agua provenientes de las fuentes (ojos de agua, manantiales), y iii) los potenciales riesgos o desastres naturales (deslaves, inundaciones).
- Indicar si la problemática relacionada con el agua se vincula con el manejo forestal de la región.

Para el caso de los usuarios industriales, se debe identificar las posibles industrias que se encuentren en la zona; por ejemplo: hidroeléctricas, industrias refresqueras o cerveceras, cementeras, lavanderías, entre otras. En este sentido, es de suma importancia registrar la siguiente información:

- Rama de la industria a la que pertenece.
- Percepción de las empresas sobre la relación entre la problemática del agua y su relación con el manejo forestal de la región.

Para el resto de los usuarios se recomienda identificar:

- Rama o tipo de comercio, así como la percepción de las problemáticas relacionadas con el agua.

Adicionalmente, para cada usuario se debe obtener la información sobre las tarifas correspondientes al cobro del agua, volúmenes consumidos y porcentajes totales de pago por toma y/o por periodo.

### *Paso 3. Identificación de los proveedores de los servicios ambientales y su estatus*

En este paso se identifican las zonas, regiones y predios de propiedad común o privada que cuentan con las características de cobertura forestal más adecuada para ser tomados en consideración como potenciales proveedores de los servicios ambientales.

### *Paso 4. Evaluación general de la información del diagnóstico*

Se trata de analizar la información adquirida en los pasos previos para determinar la viabilidad de establecer un programa de pago por servicios o funciones ambientales.

Al finalizar este paso los tomadores de decisiones deben contar, a partir de la evaluación de la información recabada previamente, con los elementos necesarios para definir la viabilidad y pertinencia de establecer o no un programa.

El análisis de la información se dividirá en dos rubros, de acuerdo con las oportunidades existentes, identificadas a partir de las áreas receptoras y proveedoras de los servicios ambientales hidrológicos:

- Identificación del número de usuarios con una percepción alta sobre la problemática del agua.

- Porcentaje del pago por concepto de agua de los usuarios.

Estos puntos se definirán al aplicarse una metodología de valoración contingente, mediante la cual podrá determinarse la disponibilidad a pagar de los usuarios

#### *d.2.) Valoración de servicios ambientales (ecosistémicos) [2.2.2.1.2]<sup>18</sup>*

Se conoce que el medio ambiente provee numerosos servicios directos e indirectos a la sociedad. Muchos de estos servicios no tienen precio en el mercado, en parte por su naturaleza de bienes públicos. Al no tener un precio de mercado que permita una buena asignación y conservación del recurso, se genera una situación subóptima y no se asegura la adecuada provisión de los bienes y servicios. Por eso es necesario valorar los servicios y bienes ambientales provistos por los ecosistemas. Se ha impulsado el desarrollo de distintos modelos para este fin.

Los bienes y servicios ambientales pueden clasificarse en valores de uso y valores de no uso. El valor de uso es el valor económico asociado con el uso propiamente dicho de un recurso. A su vez se subdivide en valor de uso directo, indirecto, y de opción. El valor de uso directo se refiere al valor por el uso de un recurso en un lugar específico. Este uso puede ser consuntivo o no consuntivo. En el primero, el recurso es consumido por la actividad que se desarrolla en él, por ejemplo la extracción de leña y frutos, la caza y la pesca. En el uso no consuntivo el recurso se usa de manera contemplativa, tal es el caso de visitas a un lugar recreativo o paisajístico.

El valor de uso indirecto, por su parte, surge cuando las personas no entran en contacto directo con el recurso en su estado natural, pero aun así el individuo se beneficia de él. Este es el caso de las funciones ecológicas o ecosistémicas, como regulación de clima, reciclaje de nutrientes y de residuos, entre otros. El valor de opción se refiere al valor de uso de un recurso en el futuro. Adicionalmente, algunos autores han desarrollado el concepto de valor de cuasi-opción, el cual refleja el beneficio neto obtenido al posponer una decisión de usar o no un recurso, en espera de tener mayor información.

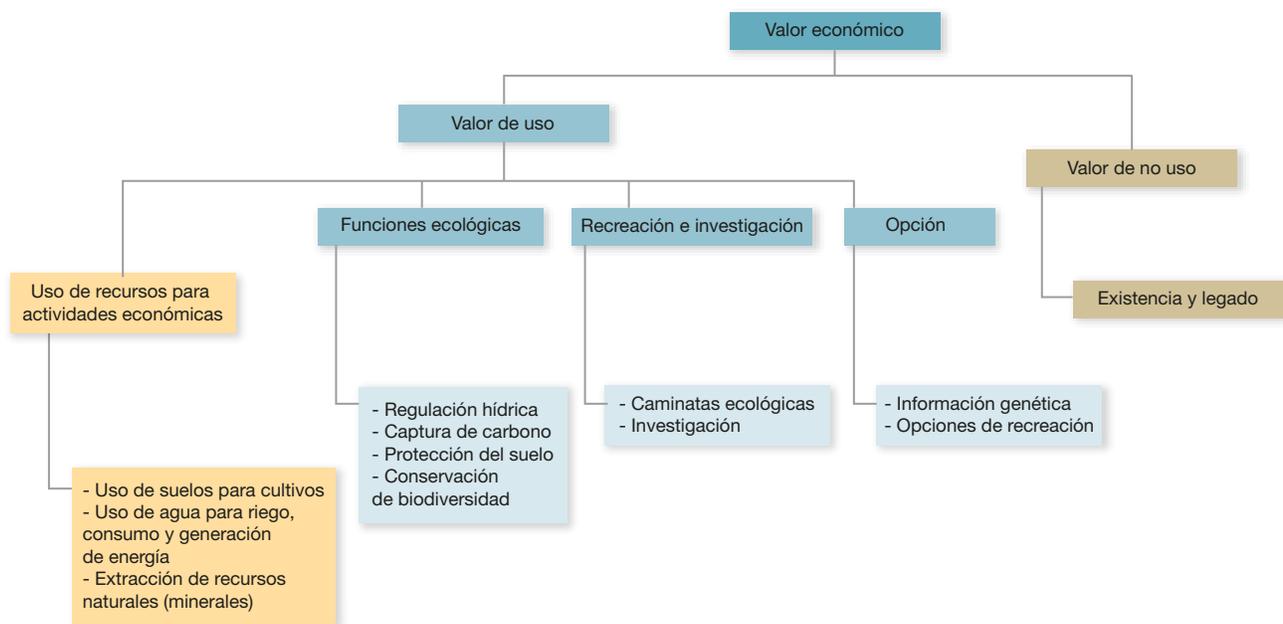
Los valores de no uso o valores intrínsecos se refieren a valores que están en la propia naturaleza de las cosas, pero a la vez están disociados de su uso o incluso de la opción de usarlas. El valor de no uso incluye el valor de legado y el valor de existencia. El primero se refiere al valor que cualquier individuo le asigna a un recurso al saber que otros puedan beneficiarse del mismo en el futuro. El segundo es el valor que se le asigna a un recurso simplemente porque existe, aun cuando los individuos no entren en contacto con él, ni lo hagan en el futuro.

El Valor Económico Total (VET) es el valor total de los bienes y servicios de un ecosistema, es decir, la sumatoria de los valores de uso y de no uso. Véase la figura siguiente.

---

18 Información extraída de: García H., Calderón L., Hernández A., Lopez JL, 2013, *Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán*, Colombia.  
[http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Valoraci%C3%B3n-de-los-bienes-y-servicios-ambientales-provistos-por-el-P%C3%A1ramo-de-Santurb%C3%A1n\\_reporte-final\\_P.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Valoraci%C3%B3n-de-los-bienes-y-servicios-ambientales-provistos-por-el-P%C3%A1ramo-de-Santurb%C3%A1n_reporte-final_P.pdf)

FIGURA 23. VALOR ECONÓMICO DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES



Los resultados esperados de la valoración de los servicios ambientales son:

- Contar con la identificación de las zonas proveedoras de mayor importancia que podrán incorporarse al programa.
- Contar con estimaciones de la tasa de deforestación de la zona identificada.
- Contar con información sobre los núcleos agrarios y los propietarios privados que se encuentran ubicados en estas zonas.

Para alcanzar estos resultados, se divide la información en dos secciones. La primera identifica las zonas que serán consideradas en el programa, y la segunda contempla los predios de propiedad común o privada en estas zonas.

A partir de la información recopilada y la obtención de los mapas, se deben identificar las zonas proveedoras relevantes a partir de la densidad de cobertura de la vegetación. Una vez identificadas las zonas proveedoras relevantes es importante ubicarlas espacialmente para obtener los mapas de posicionamiento, con el objeto de identificar el número y tipo de predios existentes en la zona, así como la calidad de la cobertura vegetal en la zona.

Las zonas consideradas como zonas elegibles son las que cumplen con los siguientes criterios:

- El área considerada posee una cubierta forestal en buen estado.
- Son áreas altas de la cuenca donde nacen los manantiales que abastecen a la población beneficiada.

Para cada una de estas zonas, se identificarán los terrenos boscosos y los núcleos agrarios con cobertura forestal que se encuentren en el municipio. Se especificará de forma detallada su localización y el estado de conservación de la vegetación. Se aprovechará la información contenida en los sistemas de información geográfica, y se recopilará información sobre los programas de manejo forestal que existan.

### *e) Cómo presentar las conclusiones del diagnóstico socioeconómico*

El estudio socioeconómico debe concluir con una síntesis y un análisis de los resultados obtenidos, haciendo hincapié en los factores que pudieran haber sido afectados por el cambio climático y otros aspectos sensibles de la cuenca.

### 2.2.3.3. Cómo presentar las conclusiones del diagnóstico sociocultural y socioeconómico

El medio humano debe describirse sintéticamente en sus aspectos más salientes en lo sociocultural y lo socioeconómico, haciendo énfasis en aspectos relacionados con los efectos del cambio climático. Adicionalmente, el diagnóstico en esta área debe proporcionar elementos para la estructuración del mapa de actores.

### 2.2.4. ANÁLISIS DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Los objetivos de esta actividad son:

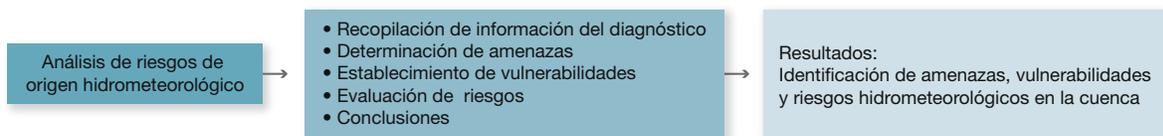
- Identificar las amenazas naturales en la cuenca de origen climático.
- Identificar las vulnerabilidades en el área en estudio.
- Identificar los riesgos hidrometeorológicos en el área en estudio.

Se debe tomar en cuenta que:

- Las amenazas hidrometeorológicas se consideran eventos climatológicos “normales” y eventos afectados por los cambios climáticos.
- La vulnerabilidad, considera, además de la infraestructura, los asentamientos humanos, la actividad económica, las funciones ambientales, la salud y la educación.
- El riesgo evaluado como el producto de la amenaza se circunscribe a aspectos climáticos; sin embargo, si la información existe, se incluyen riesgos que consideran otro tipo de amenazas naturales.
- El análisis de riesgos se incorpora a la metodología como una herramienta más para el análisis de impactos potenciales del cambio climático y para el planteamiento de medidas de adaptación, que estarán relacionadas con la gestión del riesgo en la cuenca.

- El análisis de riesgos es realizado por técnicos expertos, ya que en cada caso se debe apropiarse metodologías existentes y adecuadas al caso en estudio.
- Si la información es escasa, este análisis se puede realizar de forma cualitativa, tomando en cuenta los componentes del riesgo (amenaza y vulnerabilidad).

## ACTIVIDADES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS



El planteamiento que se presenta a continuación se basa en trabajos realizados por Javier Saborío, experto en gestión de riesgos ([https://www.google.com.bo/?gws\\_rd=ssl#q=riesgos+hidrometeorologicos+saborio&start=10](https://www.google.com.bo/?gws_rd=ssl#q=riesgos+hidrometeorologicos+saborio&start=10) [2.2.4-1], <http://www.inbio.eas.ualberta.ca/araucaria/riesgo.pdf> [2.2.4-2]) y se constituyen en una referencia para aplicar como parte del diagnóstico en la cuenca, si es que se dispusiera de la información necesaria, ya que los resultados aportarían información importante sobre los riesgos que podrían ser incrementados por efectos del cambio climático.

### 2.2.4.1. Recopilación de información

Una vez que en el diagnóstico se generó información suficiente para establecer las amenazas en la cuenca, sus vulnerabilidades y las zonas de riesgos, esta actividad comprende las siguientes tareas:

- Recopilación de las conclusiones del diagnóstico hidrológico relacionadas con los efectos del cambio climático (parámetros hidrometeorológicos) y del diagnóstico de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, del medio biótico, socioeconómico y sociocultural.
- Recopilación de los mapas hidrográfico, geológico, geomorfológico, de uso del suelo, de las pendientes, de la cobertura vegetal, de las poblaciones, etc. y un modelo digital de terreno.
- Recopilación de información meteorológica e información sobre áreas de influencia de las estaciones de observación.
- Recopilación de información y mapeo de puntos críticos (poblaciones, tomas de agua, puentes u otra infraestructura de interés) relacionados con el factor agua e identificados en las diferentes temáticas del diagnóstico.

## 2.2.4.2. Determinación de amenazas en la cuenca

La amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido. La determinación de estos eventos se puede basar en la frecuencia histórica y, en este caso específico, adicionalmente, en los resultados del diagnóstico hidrológico, que indicará cuáles son las alteraciones en el clima que genera el cambio climático. También contribuyen los resultados del diagnóstico de recursos hídricos, con información de eventos extremos y de las características de las fuentes superficiales y subterráneas.

La amenaza puede evaluarse en dos ámbitos:

- El ámbito macro: eventos extremos en la cuenca,
- El ámbito específico, en áreas o puntos particulares como un río o quebrada y sus áreas de inundación, las áreas pobladas, las zonas productivas, etc. Sitios donde un detonante, como el cambio en las precipitaciones (mayor intensidad, concentración, reducción en cantidad, etc.), en las temperaturas máximas o mínimas extremas, etc. provocarían un desastre en conjunción con otros factores físicos, por ejemplo, crecidas extraordinarias atípicas, arrastre de sedimentos, inundaciones, sequías, etc.

La amenaza que incluye los componentes citados tiene la siguiente expresión:

$$A = FS * FD$$

Donde:

A = Amenaza.

FS = Factor susceptible.

FD = Factor de disparo.

Tanto el factor de susceptibilidad como el factor de disparo pueden depender a su vez de otros parámetros, a los cuales se les puede asignar pesos, según el juicio experto. Por ejemplo, si se quiere analizar la amenaza de inundación de un río al ingreso a una población, se podría considerar, para determinar el factor de susceptibilidad, la pendiente del cauce (I), si el área de inundación (AI) es importante y si hay material de acarreo (MA). A cada parámetro se le asigna un peso:

$$FS = I * 0.5 + AI * 0.2 + MA * 0.3$$

De forma similar, para el factor de disparo, se puede tomar en cuenta los factores que condicionan la formación de los caudales que provocarían la inundación, factores físicos (FF) y meteorológicos (FM), por ejemplo así:

$$FF = \text{Relieve} * 0.15 + \text{Suelos} * 0.2 + \text{Cobertura vegetal} * 0.15 + \text{Superficie del área} * 0.2 + \text{Tiempo de concentración} * 0.3$$

$$FM = \text{Precipitación (intensidad)} * 0.7 + \text{Prec. (cantidad)} * 0.3$$

Entonces:  $FD = FF * FM$

### 2.2.4.3. Establecimiento de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad es la susceptibilidad o predisposición que tiene la gente, infraestructura, bienes, el ambiente, etc., a sufrir daños por eventos externos. La vulnerabilidad pretende valorar el daño potencial, en general a la vida humana y al ambiente, asociado a la probabilidad de que, debido a la intensidad del evento y a la fragilidad de los elementos expuestos, ocurran daños a la economía, la vida humana y el ambiente (La Red, 1998).

Otra definición importante de vulnerabilidad la presenta el IPCC (2001), que indica que la vulnerabilidad es el grado en el que un sistema es susceptible a los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la inhabilidad del sistema para adaptarse a ellos.

La vulnerabilidad puede manifestarse de diferentes formas, como se enumera a continuación:

- Vulnerabilidad física: Considera la localización de asentamientos humanos en zonas ya catalogadas como riesgosas, y a las deficiencias de sus estructuras físicas para soportar los efectos de un evento de importancia; por tanto, incluye la infraestructura.
- Vulnerabilidad económica: Incluye las capacidades económicas para enfrentar los impactos de un evento extraordinario.
- Vulnerabilidad política: Indica el nivel de autonomía que tiene una comunidad para tomar decisiones que la afectan y le competen.
- Vulnerabilidad técnica: Abarca las capacidades técnicas que se tienen en la cuenca, para dar respuesta a los problemas que derivan de la ocurrencia de un evento; está asociada a las características físicas de la infraestructura y al nivel educativo.
- Vulnerabilidad ecológica: Considera el modelo de desarrollo que rige y sus resultados: conservación o deterioro de los ecosistemas.
- Vulnerabilidad institucional: Valora la visión institucional para enfrentar crisis, desastres naturales, etc.

Los diferentes tipos de vulnerabilidad (V) se analizan en el diagnóstico socioeconómico de la presente Guía, y pueden considerarse a un nivel macro, al igual que la amenaza, a nivel decuenca, y en específico, considerando áreas particulares.

Por ejemplo, en el caso de una inundación, citada anteriormente, se podría considerar la dificultad técnica de responder a emergencias (VT), el impacto por daños a infraestructura (VF) y la capacidad económica para enfrentar las pérdidas (VE). En estas circunstancias, la vulnerabilidad tendría la siguiente expresión:

$$V=VT*0.4+VF*0.3+VE*0.3$$

#### 2.2.4.4. Evaluación de riesgos

La amenaza y la vulnerabilidad están relacionadas por una expresión matemática que, una vez aplicada, representa el riesgo, el cual puede posteriormente ser calificado como bajo, medio y alto. Esta calificación de riesgo es empleada para la planificación de intervenciones y como componente fundamental de la gestión de prevención.

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

El análisis de riesgos debe tener como herramienta básica, además de la información básica, la información geográfica, a fin de contar con información global del estado de la cuenca y sus zonas de riesgo, catalogadas en diferentes niveles. Debería tener la posibilidad de actualizar datos.

Si bien el análisis se centra en riesgos de tipo hidrometeorológico, si la información del diagnóstico lo permite, puede ampliarse a riesgos de deslizamientos, sísmicos, etc.

#### 2.2.4.5. Cómo presentar las conclusiones del análisis

Como conclusión de esta actividad se sintetizará las amenazas y la vulnerabilidad de la cuenca, y se describirán los niveles de riesgo y su tipo, clasificándose de forma gráfica las áreas de interés. Si no es posible la definición cuantitativa de los riesgos, se describirá las amenazas y vulnerabilidades de forma cualitativa. Los resultados se emplearán como una herramienta extra para el análisis de impactos y también para definir medidas de adaptación planificadas para áreas críticas.

### 2.3. ANÁLISIS JURÍDICO LEGAL

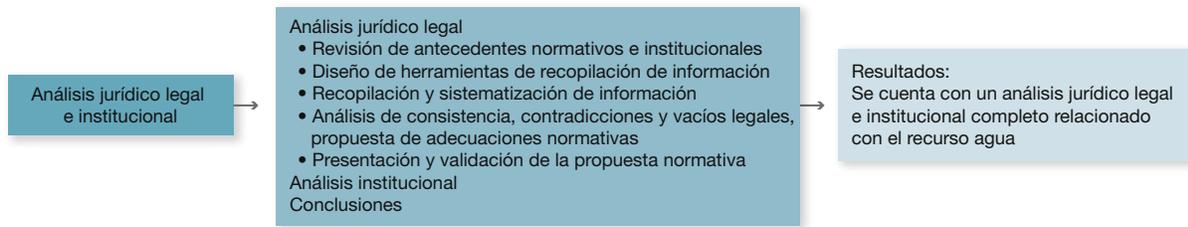
---

El objetivo de esta actividad es establecer el marco jurídico legal relacionado con los derechos, usos y aprovechamiento del recurso agua. Para ello se necesita:

- Identificar la normativa aplicable (uso de suelos, planes de gestión, explotación de áridos, recursos hídricos, medio ambiente, agua para consumo humano, normativa sectorial de minería, electricidad, riego, industria, normas técnicas, convenios internacionales en caso de cuencas binacionales , etc.)
- Analizar e identificar las contradicciones y vacíos legales en las normas vigentes que regulan los recursos hídricos de la cuenca.
- Proponer la normativa a desarrollar, adecuada a la Constitución, las leyes orgánicas, y otra normativa aplicable al manejo del recurso agua, así como las modificaciones requeridas en el marco institucional.

El enfoque del análisis jurídico legal se centra en los aspectos normativos e institucionales que están relacionados con el agua y con las actividades que se desarrollan en la cuenca y su área de influencia. Dada la diversidad de normativa en el área andina, las conclusiones son genéricas.

## ACTIVIDADES DEL ANÁLISIS JURÍDICO LEGAL



### 2.3.1. REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL MARCO NORMATIVO VIGENTE

El análisis jurídico considera las siguientes etapas:

#### *Etapas 1. Revisión de antecedentes normativos e institucionales*

De acuerdo a UN Water [2.2.5-1], la mayoría de los países tiene obstáculos relativos a marcos legales para el manejo de cuencas. Los principales problemas encontrados están relacionados con marcos legales muy débiles o conflictivos. Por ejemplo, las leyes nacionales pueden estar en conflicto con los usos y costumbres tradicionales [2.2.5-1].

En esta etapa se propone la revisión e identificación detallada de los antecedentes normativos e institucionales, relacionada al uso y aprovechamiento de cuencas.

#### *Etapas 2. Diseño de herramientas para la recopilación de información primaria y secundaria*

Para este efecto se elaborará una matriz de información que permita:

- Identificar los antecedentes del marco legal e institucional del uso y aprovechamiento de cuencas, incluyendo los derechos de uso preexistentes.
- Determinar la composición y funcionamiento del sistema de manejo de cuencas, si es un enfoque de gestión integral de recursos hídricos participativo conjunto ([www.un.org/spanish/water for life decade/iwrm](http://www.un.org/spanish/water_for_life/decade/iwrm) ; [ftp fao.org/docrep/fao/girh](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/girh) [2.2.5-2]).
- Informar sobre normativas y estructuras organizacionales que administran el manejo de cuencas que se identifique como comparables y/o compartidas, para la implementación y réplica de buenas prácticas.

También se deben realizar entrevistas estructuradas con personas que se identifiquen como representantes clave de los sectores involucrados (público, social y privado) que realicen propuestas para el ordenamiento normativo e institucional del manejo de cuencas.

#### *Etapas 3. Recopilación y sistematización de información primaria y secundaria*

En base a la metodología de la etapa anterior, se sistematizará la información, se identificarán procesos y se elaborará flujogramas para determinar el estado actual de la administración y las actividades de los órganos de manejo y control de cuencas.

#### *Etapa 4. Análisis de consistencia, contradicciones y vacíos legales y propuesta de adecuaciones normativas*

En esta etapa se realizará un análisis de identificación de problemas, vacíos y posibles contradicciones normativas, considerando:

- Falta de normativa relacionada al manejo de cuencas.
- Vacíos normativos e institucionales para la aplicación ordenada de la normativa nacional o internacional del sistema de cuencas, o que contradigan los enfoques de uso de los recursos hídricos (el agua como derecho humano, el desarrollo económico plural, etc.), a fin de realizar propuesta de complementación y adecuación.
- Incorporación de temas transversales (cambio climático, género, etc.) en la nueva normativa.

e) Etapa 5. Presentación y validación de una propuesta normativa en una mesa de diálogo

El siguiente paso consiste en divulgar la evaluación normativa e institucional y las propuestas para la adecuación normativa y administrativa del sistema de manejo de cuencas, en talleres participativos a nivel nacional.

### 2.3.2. REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL MARCO INSTITUCIONAL VIGENTE

Se debe revisar y analizar el marco institucional vigente para identificar las competencias de las diferentes instituciones involucradas en el otorgamiento de derechos y en la regulación de los recursos hídricos. También se debe hacer un análisis competencial de los distintos niveles de gobierno (nacional, regional, municipal, local, indígena) con relación a la cuenca.

En cuanto a los aspectos institucionales, existen dos tareas fundamentales: i) conocer muy bien las normas y organizaciones existentes y definir estrategias para lograr coordinación y sinergias, y ii) definir la organización que puede permitir la implementación de programas y proyectos en la cuenca (Moreno Alonso, 2007 [2.2.5-3]).

Como resultado del análisis institucional, se deben plantear propuestas de fortalecimiento, modificación o creación de instituciones especializadas en manejo de cuencas. Las instituciones existentes pueden ser modificadas o crearse nuevas instituciones para enfrentar los requerimientos de gobernanza de la cuenca (Vuille, M BID 2007 [2.2.5-4]).

Inicialmente se identificarán instituciones nacionales, y progresivamente se llegará al nivel local.

### 2.3.3. CÓMO PRESENTAR LAS CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS JURÍDICO

Las conclusiones del área jurídica se centrarán en los aspectos más importantes a considerar para adoptar medidas de aprovechamiento del recurso agua, como parte del manejo integral de la cuenca.

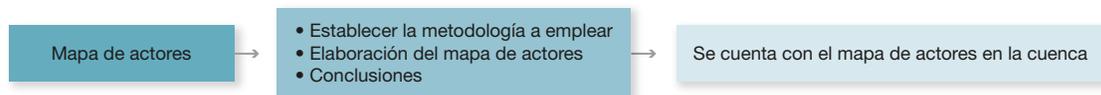
## 2.4. MAPA DE ACTORES

Se deberá contar con un mapa de actores en el área en estudio, que permita construir un plan de manejo de la cuenca y, posteriormente, formará parte de su gestión.

El énfasis de un mapa de actores está puesto en la comprensión de los diversos tipos de relaciones o agrupación entre sujetos, y también en las diferencias de las relaciones entre ellos.

La metodología para establecer un mapa de actores es referencial. El especialista encargado de esta tarea está libre de emplear su experiencia para definir la metodología más adecuada y la mejor forma de aproximarse a los actores.

### ACTIVIDADES



El mapa de actores es en uno de los elementos más importantes en el proceso de elaboración del plan de manejo de la cuenca. El éxito de una buena gestión de los recursos hídricos de la cuenca dependerá de que se forme un adecuado grupo, conformado por actores clave, que tenga a su cargo la dirección de todo el proceso.

Los pasos recomendados a seguir para la elaboración del mapa de actores son los siguientes (Tapella, E.-2007 [2.2.6-1]):

#### *Paso 1. Propuesta de clasificación de actores*

Consiste en identificar las instituciones, grupos organizados o personas que podrían ser relevantes en el entorno que se desea estudiar. Se requiere establecer los posibles actores con los que se debe tener comunicación, el tipo de relaciones que se establecerá con ellos y cuál será su nivel de participación. Para dar este primer paso se puede reunir pequeños grupos de informantes, hacer listados de posibles actores y clasificarlos.

#### *Paso 2. Identificación de funciones de cada actor*

Es necesario determinar las principales funciones de los actores en todos los ámbitos del plan de manejo. En esta fase se puede ir perfilando una red de alianzas interinstitucionales en función a los objetivos.

### *Paso 3. Análisis de los actores*

Se debe realizar un análisis cualitativo de los diferentes actores y sus relaciones, en dos categorías:

- Relaciones entre los actores: “A favor” cuando predominan relaciones de confianza y colaboración mutua; “En contra” cuando predominan relaciones de conflicto. E “Indeciso/indiferente”.
- Niveles de poder o influencia sobre otros actores: “Alto”, cuando tengan una alta influencia sobre los demás; “Medio”, cuando la influencia sea mediana; “Bajo”, cuando el actor no ejerza influencia sobre los demás.

### *Paso 4. Elaboración de la matriz del mapa de actores*

La matriz podría estar conformada por un cuadro de doble entrada en el que se ubiquen a los actores según su grado de influencia y su posición respecto a las posibles intervenciones en la cuenca. Esta matriz se puede elaborar con discusiones entre los participantes.

### *Paso 5. Reconocimiento de las relaciones sociales*

El objetivo de este paso es identificar y analizar el tipo de relaciones que pueden existir entre actores, por ejemplo, relaciones de coordinación, de trabajo conjunto, de resolución de conflictos, etc.

### *Paso 6. Reconocimiento de las redes sociales existentes*

Se debe identificar las redes existentes, por ejemplo, las que coordinan actividades en común, las que requiere fortalecer sus relaciones o las que presentan conflictos. A partir de este análisis se puede trabajar con las redes consolidadas y fortalecer las que son débiles.

### *Paso 7. Presentación del mapa de actores*

Finalmente se elabora el mapa de actores, con una presentación gráfica libre, aunque acompañada de un análisis de todos los factores presentados en la metodología.

## 2.5. CÓMO PRESENTAR LAS CONCLUSIONES GLOBALES DEL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

---

Las conclusiones finales del diagnóstico ambiental deben compilar los resultados de los diagnósticos del área física, biótica, sociocultural y socioeconómica, del análisis de riesgo hidrometeorológico y del análisis jurídico legal, en sus aspectos más salientes, resaltando los relacionados con el cambio climático. Este acápite se complementará con un resumen del mapa de actores de la cuenca, el cual será desarrollado en las siguientes fases.



*Entre Santa Bárbara y Quiquibey*

### 3. FASE III. IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN



### 3. FASE III.

# IDENTIFICACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

#### OBJETIVO:

- Establecer los efectos que el cambio climático tiene sobre los medios físico, biótico y humano
- Plantear medidas de adaptación al cambio climático

#### ACTIVIDADES:

- Identificación de efectos del cambio climático sobre:
  - El medio físico: agua (retroceso de glaciares, disponibilidad de recursos hídricos)
  - El medio biótico: ecosistemas
  - El medio humano: socioeconómico (productivo) y sociocultural
- Planteamiento de medidas de adaptación:
  - Eje agua
  - Eje ecosistemas
  - Eje socioeconómico
  - Eje sociocultural
  - Valoración económica de las medidas de adaptabilidad

#### RESULTADOS:

Información específica sobre los efectos del cambio climático sobre los medios físico, biótico y humano

Medidas de adaptabilidad tendentes a mitigar los efectos del cambio climático

Valoración económica de las medidas de adaptabilidad

#### HERRAMIENTAS:

Resultados del diagnóstico hidrológico y ambiental  
Información primaria y secundaria, de instituciones relacionadas con el agua

Los objetivos de esta Fase son:

- Establecer los efectos que el cambio climático tiene sobre los medios físico, biótico y humano
- Plantear medidas de adaptación al cambio climático

En esta Fase es posible identificar los efectos del cambio climático sobre el medio físico, biótico y humano en una cuenca, para, posteriormente, plantear medidas que permitan adaptarse a estos cambios.

Una herramienta básica para la identificación de impactos son los resultados del diagnóstico, es decir, los resultados del análisis hidrológico considerando el cambio climático, que se relacionan con los resultados del diagnóstico ambiental, la interacción entre ambos proporciona el impacto, al que se responde con medidas de prevención y mitigación.

El componente social que acompaña esta fase se denomina “Construcción de saberes” y consiste en lo siguiente:

### CONSTRUCCIÓN DE SABERES

Si un proyecto se sustenta en la “participación y construcción conjunta” se trata de un proceso de identificación de saberes orientados a los objetivos consensuados.

Los saberes mediante los cuales se intenta incidir positivamente en la mejora de los niveles de vida se caracterizan por la concreta objetividad, sin que ello implique que no puedan modificar estructuras de carácter simbólico cosmo-mitológico.

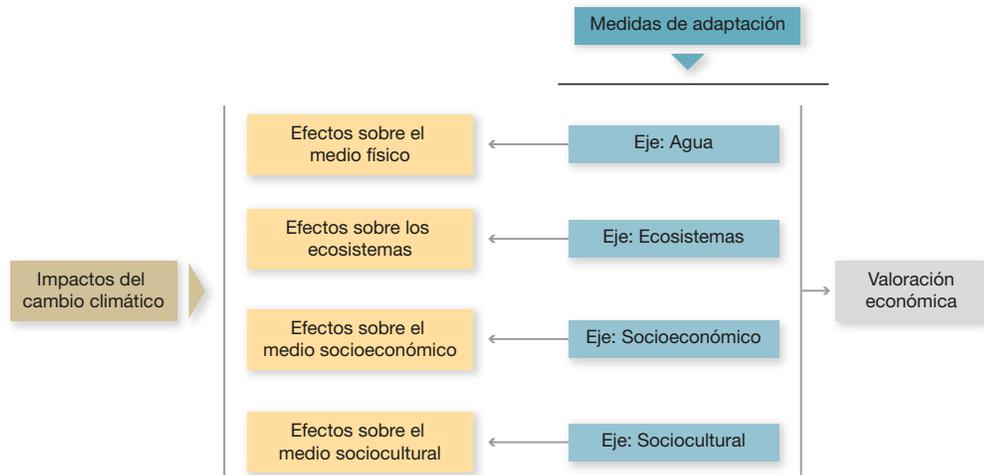
La identificación es un proceso de ubicación contextual y de descripción de la experiencia ancestral generada por la realización del problema objeto de atención.

Se trata de un proceso generador de alternativas, no de solución al problema, pero sí de control del mismo, que son actividades del ámbito de lo físico, lo biótico y lo humano, que posibilitan o inciden en la realización del *buen vivir y existir*.

---

## ACTIVIDADES DE LA FASE III

---



### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS FACTORES AMBIENTALES

---

El objetivo de esta actividad es establecer los efectos del cambio climático sobre los factores físicos, bióticos y humanos en la cuenca en análisis.

#### 3.1.1. EFECTOS SOBRE EL RECURSO AGUA

Los efectos primarios del cambio climático se detectan a partir de los resultados del estudio hidrológico elaborado como parte de la Fase II, es decir, retroceso de glaciares y alteraciones en la disponibilidad de agua (mayor o menor).

Estos impactos primarios, a su vez, tienen efecto en la demanda de agua, en la generación de energía, en el adecuado funcionamiento de los embalses, y también en el incremento de niveles de riesgo por las amenazas naturales, tanto en ámbitos rurales como urbanos.

Para identificar los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad del agua, en relación a sus usos y aprovechamiento, se recomienda trabajar con indicadores o parámetros que muestren su alteración respecto a patrones de años anteriores, considerando además su variabilidad a nivel anual; por tanto, se deberá analizar principalmente, tanto en el ámbito rural como urbano:

- Modificaciones en la oferta/ demanda de hidroelectricidad.
- Modificaciones en el consumo de agua.
- Modificaciones en la oferta de agua.

- Ocurrencia de inundaciones (frecuencia e intensidad).
- Ocurrencia de sequías (frecuencia e intensidad).
- Ocurrencia de crecidas de mayor magnitud (frecuencia).
- Alteraciones en el régimen de generación y transporte de sedimentos.

Los indicadores señalados, o la información base a partir de la cual se puede definir dichos indicadores, se los obtiene de las empresas de aguas, las empresas de generación de energía, los municipios y las instituciones que tengan a su cargo el registro de información ambiental.

La información deberá ser complementada con un análisis de tendencias de los efectos del cambio climático, determinadas en el estudio hidrológico, esta vez contrastadas directamente con los efectos ya registrados.

### 3.1.2. EFECTOS SOBRE LOS ECOSISTEMAS

Los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas se pueden identificar a través de los indicadores de impacto que se muestran a continuación:

TABLA 6. INDICADORES DEL IMPACTO SOBRE LOS ECOSISTEMAS

Factor climático. Tendencia	Eventos extremos relacionados	Efectos/impacto en agroecosistemas y socioeconómicos	Indicadores de impacto
Incremento de CO <sub>2</sub>	Afecta a la atmósfera y la incidencia de efectos climáticos adversos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de cultivos</li> <li>• Pérdida de ganado</li> <li>• Pérdida de biodiversidad</li> <li>• Reducción o pérdida de reservas de semilla</li> <li>• Desertificación</li> <li>• Erosión</li> <li>• Salinización de suelos</li> <li>• Incendios forestales</li> <li>• Contaminación de suelos y aguas</li> <li>• Reducción del agua dulce</li> <li>• Reducción de fertilidad potencial de suelos</li> </ul>	a) Agroeconómicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índices de rendimiento agrícola y pecuario (Ej. Toneladas métricas producidas por ha, litros de leche por ha, litros de leche por día por vaca y tasa de extracción comercial, etc.)</li> <li>• Destino de los recursos para recuperación de tierras</li> <li>• Ingreso agrícola de las familias/Ingreso total por familia</li> <li>• Producción para subsistencia/Producción total</li> <li>• Expansión de la frontera agropecuaria</li> <li>• Tasa de soporte por especie</li> <li>• Tamaño de las propiedades rurales</li> <li>• Porcentaje de la población que usa leña y carbón como combustible</li> <li>• Valor de una manzana de tierra (dólares)</li> <li>• Valor contingente de la renta de la tierra (dólares)</li> <li>• Costos económicos por pérdida de cultivos, ganado, etc., o daños por inundaciones y sequías que no se pueden cuantificar</li> </ul>
Incremento de temperatura	Sequías Incendios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del rendimiento productivo (cultivos, ganadería)</li> <li>• Explotación indiscriminada de RRNN</li> <li>• Pérdida de capacidad regenerativa del ecosistema</li> <li>• Incremento de enfermedades y plagas</li> <li>• Reducción de ingresos económicos</li> <li>• Migración</li> <li>• Pérdida de vidas humanas</li> </ul>	

Factor climático. Tendencia	Eventos extremos relacionados	Efectos/impacto en agroecosistemas y socioeconómicos	Indicadores de impacto
Incremento de del rango o amplitud de variación tér- mica	Heladas Granizadas Vientos fuertes Inundaciones		b) Sociodemográficos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de migración neta</li> <li>• Porcentaje de mujeres jefas de hogar</li> <li>• Densidad demográfica</li> <li>• Tasa media de crecimiento anual de la población</li> <li>• Estructura de edad</li> <li>• Incidencia de pobreza</li> <li>• Enfermedades de mayor incidencia (conducción hídrica)</li> <li>• Educación del jefe del hogar (años)</li> </ul>
Incremento de pre- cipitaciones o con- centración	Inundaciones Granizadas		
Decremento de precipitaciones	Sequías		c) Variables climáticas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura mínima promedio anual (°C)</li> <li>• Temperatura máxima promedio anual (°C)</li> <li>• Temperatura promedio anual (°C)</li> <li>• Temperatura promedio en estación lluviosa (°C)</li> <li>• Temperatura promedio en estación seca (°C)</li> <li>• Temperatura máxima promedio en estación lluviosa (°C)</li> <li>• Temperatura máxima promedio en estación seca (°C)</li> <li>• Temperatura mínima promedio en estación lluviosa (°C)</li> <li>• Temperatura mínima promedio en estación seca (°C)</li> <li>• Precipitación promedio anual (mm)</li> <li>• Precipitación acumulada anual (mm)</li> <li>• Precipitación promedio en estación lluviosa (mm)</li> <li>• Precipitación promedio en estación seca (mm)</li> <li>• PPM de CO<sub>2</sub></li> </ul> d) Astro y bioindicadores (ver Anexo 5)

Fuente: Elaboración propia.

Además de los indicadores descritos, existen otros que engloban los ya expuestos, y que pueden aprovecharse tanto para la identificación de impactos (si éstos ya estuvieran disponibles), como para el monitoreo de su evolución, así como para la posterior implementación de medidas de adaptación en el marco de un plan de manejo de la cuenca; hablamos de indicadores del monitoreo de agroecosistemas y biodiversidad, los cuales se describen con detalle en el Anexo 6. Aquí sólo haremos una referencia somera a los bioindicadores. La combinación de la predicción climática local a corto y mediano plazo a través de bioindicadores, con otros de largo plazo como el análisis de datos climáticos, el modelaje de las tendencias climáticas y las tecnologías de información geográfica y espacial para la gestión de riesgos, sirve para la toma de decisiones sobre inversiones y políticas frente al cambio climático. Además de generar procesos de capacitación en el espacio local, para que la gente tenga acceso directo a información actualizada y completa que le ayude a tomar medidas adecuadas frente al nuevo contexto climático (PNUD 2013) [3.1.2-5].

Los estudios recientes, especialmente de la última década, muestran la factibilidad y la importancia del uso de bioindicadores. Sin embargo los indicadores locales del clima anual están entrando en desuso, fundamentalmente debido a factores sociales, culturales y económicos (CIDES-UMSA 2013) [3.1.2-6]. Aunque el clima y su variabilidad obviamente influyen en esto, no son el factor más importante para explicar su pérdida. Por tanto, es posible plantear algunas acciones para mantenerlos en vigencia. Hay tres acciones posibles: crear nuevos espacios para la transmisión de estos conocimientos, crear la capacidad de utilizar estos indicadores y realizar más investigaciones sobre su uso actual.

El seguimiento de los bioindicadores naturales es determinante para predecir el comportamiento climático y tomar decisiones para los cultivos, es decir, acciones de adaptación de los sistemas productivos al cambio climático. Esto exige observar la flora, la fauna, los fenómenos físicos, atmosféricos y astronómicos. Por motivos de sistematización, los indicadores tradicionales del clima han sido clasificados en tres grupos:

TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE LOS INDICADORES DEL CLIMA COMO INDICADORES BIOCLIMÁTICOS

Indicadores biológicos	Zooindicadores	Consisten en la observación del comportamiento de ciertos animales que tienen la característica de ser sensibles a los cambios climáticos que ocurren en su hábitat	Predicción a corto plazo
Producción	Fitoindicadores	Consisten en el análisis de plantas no cultivadas propias de la zona, las que son sensibles a la variación del clima. Sobre todo se debe observar dónde crecen, cómo brotan, floración, fructificación y rebrote	Predicción a mediano plazo
Indicadores atmosféricos o físicos		Consisten en la observación de los fenómenos meteorológicos como las lluvias, vientos, nevadas, granizadas, las nubes, el arco iris, que dan pautas sobre cómo va a ser el comportamiento del clima a corto o largo plazo	Predicción a mediano y largo plazo
Indicadores astronómicos		Consisten en analizar los astros, el sol, las fases lunares, las estrellas y su comportamiento, ya que inciden directamente en el clima	Predicción a mediano y largo plazo

Fuente: Ponce, 2003; Chirveches, 2006 y Aguilar, 1997. CIDES. [3.1.2-6].

Este documento no tiene la intención de detallar los bioindicadores que se pueden aplicar, ya que estos varían según el ecosistema y las zonas de vida a lo largo de la región andina; sin embargo a continuación proporciona información sobre sitios web en los que se puede obtener insumos para construir sistemas locales de monitoreo de bioindicadores.

[http://clima.missouri.edu/Articles/Claverias\\_Bioindicadores.pdf](http://clima.missouri.edu/Articles/Claverias_Bioindicadores.pdf)

[http://www.nlcap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Bolivia/Bolivia\\_V\\_A\\_REPORT01-02-06.pdf](http://www.nlcap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Bolivia/Bolivia_V_A_REPORT01-02-06.pdf)

<http://fundacion.usal.es/conaec/pendrive/ficheros/ponencias/ponencias3/19-Impactos.pdf>

<http://cambioclimatico-pnud.org.bo/paginas/admin/uploaded/trashuellas.pdf>

### 3.1.3. EFECTOS SOBRE EL ÁREA SOCIOECONÓMICA

Para el análisis del efecto del cambio climático sobre el medio socioeconómico, se deben tomar en cuenta:

- Los impactos que se producen en las actividades económico-productivas actuales y potenciales, así como en el valor de la producción.
- Los impactos en el nivel de producción, los rendimientos, y en el aporte económico regional [3.1.1].<sup>19</sup>
- Los impactos en los diferentes usos del agua y la competencia entre usuarios por el uso del agua. Los cambios en las prácticas de uso del agua.

También es importante determinar si ya se han implementado algunas medidas para contrarrestar los cambios negativos y fortalecer los cambios positivos. Estas medidas pueden ya estar funcionando; las veremos en detalle cuando toquemos las medidas de adaptación.

El cambio climático se refleja en el ámbito económico a través de la generación de costos y beneficios, los cuáles pueden ser valorados. Como los costos superan los beneficios, individuos, comunidades y gobiernos adoptan medidas de adaptación. Idealmente, los costos de esta adaptación deben ser considerados dentro de los costos de gestión o desarrollo.

La valoración es útil para conocer la magnitud de los costos adicionales del cambio climático en una economía, además, constituye un criterio importante para definir si son o no necesarias las medidas de adaptación. Adicionalmente, este análisis permite identificar a las instituciones que deben incorporar este costo en sus presupuestos. Esto es importante, porque muchas de ellas aún no están preparadas para asumir estos costos, o no cuentan con los medios para hacerlo. Resulta relevante, entonces, analizar cómo estos costos pueden ser distribuidos de forma adecuada.

En una economía dada, será preciso analizar:

- Los costos en los sectores agrícola, forestal, ganadero, turístico, hidroeléctrico, minero, etc. por efecto del cambio climático, así como los beneficios obtenidos por impactos positivos (por ejemplo mejoras del rendimiento de ciertos productos agrícolas).
- Los costos en el sector salud.

---

19 Un ejemplo muy ilustrativo que vale la pena mencionar es el impacto socioeconómico de las inundaciones en Bolivia el 2014. La ganadería del Oriente boliviano ha sido la más afectada. A diciembre del 2013, el número total de cabezas de ganado en el país era de aproximadamente 8.700.000. Los datos a marzo 6 del 2014 señalan una pérdida de 290.000 cabezas de ganado bovino, que representa el 3,3 por ciento de la masa ganadera total. Las pérdidas económicas ascienden a los \$US 90,5 millones; la merma del peso del ganado se estima en \$US 12 millones. Hay que añadir el costo del traslado de ganado a otros sectores o zonas, que asciende a \$US 15,8 millones. Las pérdidas en este sector se prolongarán por lo menos en los siguientes dos años, por la mortandad de miles de terneros. Lo anterior representa una caída del 3,3 por ciento en el PIB pecuario de 2014. En materia de cultivos, los informes señalan pérdidas en el Beni de arroz, yuca, frejoles, productos básicos en la alimentación de las poblaciones locales. Las pérdidas deben cuantificarse en el largo plazo, ya que tomará cinco años poder recuperar lo que se ha perdido por las aguas. También se registró la pérdida de 10 mil hectáreas de soya, es decir, el 1 por ciento del área cultivada, la que asciende a 900 mil hectáreas. El número de familias afectadas en todo el territorio alcanza 60.000, es decir, se trata de un enorme daño moral y material, cuya reparación tendrá un costo que inicialmente se calcula en \$US 2 millones. (Fundación Milenio, Boletín de Coyuntura 232, La Paz.)

- Los costos en la biodiversidad y los ecosistemas (que se valoran mediante técnicas que, puesto que estos recursos no cuentan con un precio de mercado, se basan en precios sombra).
- Si se considera a los recursos hídricos y a la biodiversidad como servicios ambientales, éstos deben ser cuantificados mediante metodologías tales como la valoración contingente, que determina mediante encuestas el costo de oportunidad de conservar un bien ambiental, en este caso el agua. (CAF/TNC, op. cit.; CATIE, *Pago por servicios ambientales*;<sup>3</sup> Fundación Amigos de la Naturaleza, *Impactos del cambio climático en el rendimiento de cultivos a partir del uso de modelos PRECIS, SWAT/WEAP, DSSAT, LPI-GUESS*) [3.1.2]
- Los costos causados por eventos extremos sobre la infraestructura, y otros bienes.

Al final se obtendrá el costo agregado (beneficios menos costos) de los impactos en la economía del país, que, para mostrar su relevancia, puede ser reflejado como porcentaje del PIB.

Es importante mencionar que la valoración de los impactos depende de la existencia y la disponibilidad de información económica. Cuanto más desarrollada y accesible sea dicha información, mejor será el resultado.

### 3.1.4. EFECTOS SOCIOCULTURALES

El efecto del cambio climático en la dinámica sociocultural en poblaciones rurales está en directa relación con la posibilidad de obtención de los medios de subsistencia local tradicional. Por eso es necesario conocer la dinámica social relacionada con el valor de uso y el valor de cambio de la producción local.

Una alta incidencia se manifestará en la dinámica sociocultural de cada uno de los factores socio-funcionales:

- Factor social:
  - Cambios en la estructura local familiar debido a la migración por motivos de subsistencia.
  - Cambios en las estructuras de alianzas familiares locales que ya no son funcionales por la ausencia continua de los jefes de familia.
  - Comunidades pobladas por personas de la tercera edad a causa de su incompetencia laboral en las altamente competitivas áreas urbanas.
- Factor político:
  - Desestructuración de la organización política local.
  - Incapacidad o significativas debilidades de articulación política entre la población y las instituciones gubernamentales y no gubernamentales.
  - Aislamiento sociopolítico.

- Factor simbólico:
  - Crisis de identidad étnica o cultural debido a una cada vez mayor pérdida de sentido de lo tradicional.
  - Paulatina desestructuración del universo cosmo-mitológico tradicional.

### 3.2. PLANTEAMIENTO DE MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

---

El objetivo de este capítulo es plantear medidas que permitan garantizar la disponibilidad de agua frente a los efectos del cambio climático y proponer medidas tendentes a mitigar los efectos del cambio climático en los medios físico, biótico y humano.

Las medidas que se plantean consideran, como elemento básico de acción, la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH). Las medidas en áreas diferentes al agua son de aplicación necesaria, en consideración a la integralidad de la cuenca.

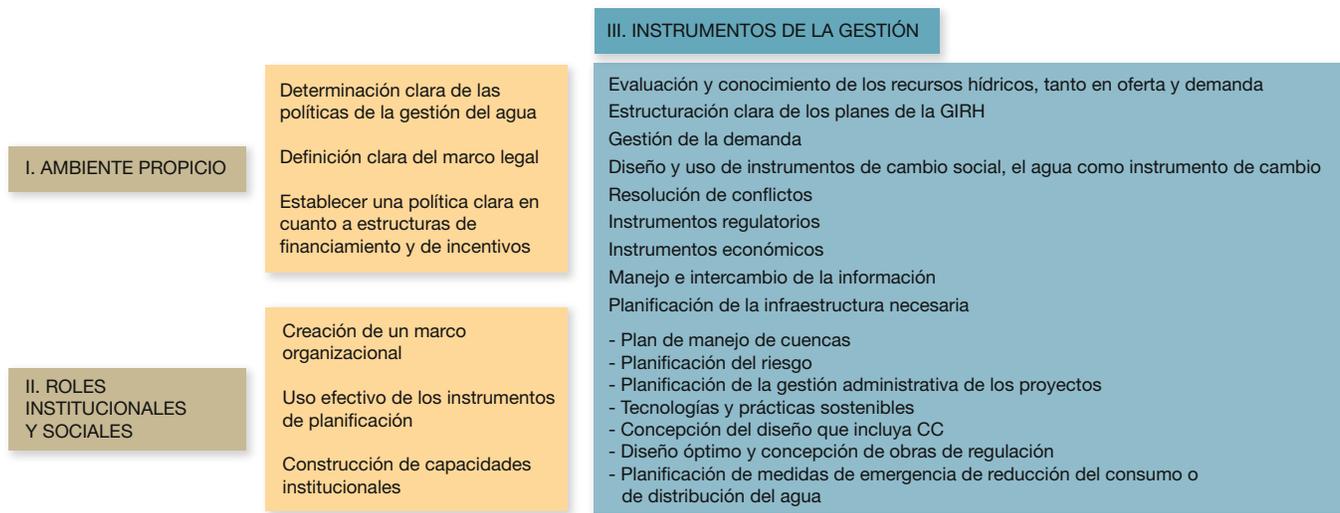
Un concepto básico que rige la GIRH es la gobernabilidad del agua, el proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, de la tierra y de recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales. (GWP, 2000; <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/IntegratedWaterResourcesManagementGWP2000> . [3.2.1-4]).

Para llegar a la gobernabilidad del agua se plantean tres ejes de trabajo:

- La creación de un ambiente propicio para la gestión del agua.
- La definición clara de un marco institucional que impulse y apoye la gestión del agua.
- La construcción de instrumentos que sirvan a la gestión del agua.

Cada uno de estos ejes de trabajo plantea líneas de acción a ser implementadas, las dos primeras que corresponden a niveles de decisión gubernamentales, mientras que la tercera, corresponde al ámbito de desarrollo de la metodología.

FIGURA 24. LÍNEAS DE ACCIÓN PARA LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN SUGERIDAS



Elaboración propia a partir de criterios de la GIRH propuestos por el GWP, 2000.

### I. AMBIENTE PROPICIO PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

- Determinación de las políticas de gestión: Determinar objetivos para el uso, protección y conservación del agua.
- Definición nítida del marco legal: Determinar las reglas necesarias para cumplir las políticas y metas de la gestión. Esta línea de trabajo incluye aspectos tales como:
  - Determinación clara y sin traslapes de los derechos del agua en situaciones particulares.
  - Establecer la legislación necesaria para normar y monitorear la calidad del agua.
  - Si es necesario, establecer los mecanismos para reformar la legislación existente en función de los requerimientos específicos que produzcan los impactos a los cuales se desea adaptarse.
- Establecer una política en cuanto a estructuras de financiamiento y de incentivos: Los gobiernos locales y el nacional deberán asignar los recursos financieros necesarios para satisfacer las necesidades hídricas y mitigar los impactos a los cuales se desea hacer frente.
  - Establecer de forma idónea las políticas de inversión y sus prioridades sobre la base de investigaciones serias sobre la temática de cambio climático y la disponibilidad de recursos.
  - Identificación de las fuentes de financiamiento, ya sean internas o provenientes de organismos de financiamiento bilateral y multilateral, estableciendo los mecanismos, tiempos de gestión y ejecución de los fondos, para que éstos sean tomados en cuenta en la planificación.

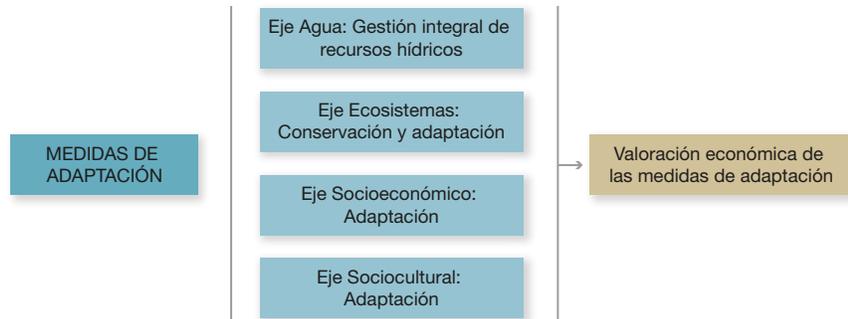
## II. ROLES INSTITUCIONALES QUE IMPULSEN Y APOYEN LA GESTIÓN DEL AGUA.

- Creación de un marco organizacional: Determinación inequívoca de las funciones de cada institución, su tuición y responsabilidad. Esta línea de trabajo incluye la consideración de los siguientes aspectos entre otros:
  - Posible reforma a las instituciones y/o creación de despachos exclusivos para llegar a una mejor gobernabilidad del agua.
  - Establecimiento adecuado de los objetivos de la gestión del agua y su inclusión en los instrumentos de planificación, verificando que los objetivos y planteamientos establecidos en ellos no se traslapen y sean coherentes en el marco del desarrollo, local y regional.
  - Creación de organizaciones que trasciendan los límites de jurisdicción de los gobiernos locales (municipios, departamentos, organizaciones territoriales) para la gestión conjunta de los recursos hídricos.
  - Estructuración de grupos cumbre nacionales que revisen constantemente la legislación y que puedan constituirse en organizaciones de arbitraje para casos de resolución de conflictos del agua.
  - Creación de organizaciones de cuencas hidrográficas (autoridad de la cuenca que garantice el uso del agua para los fines previamente planificados).
  - Creación de organizaciones reguladoras y agencias de control.
  - Organización de proveedores de servicios que respondan a los lineamientos de uso y gestión del agua, previamente establecidos en los instrumentos de planificación (PDM, POT, PIMC).
  - Fortalecimiento de los servicios hídricos en el sector público.
  - Asignación de un rol a actores fundamentales en la gestión del agua como las universidades (investigación y aplicación), el sector privado, la cooperación internacional, la sociedad civil y los movimientos sociales, las autoridades locales, las ONG, otras asociaciones.
  - Establecimiento de un pacto y acuerdo nacional, regional y municipal, para seguir los lineamientos establecidos en la gestión del agua, a diversas escalas.
- Construcción de capacidades institucionales: Creación de capacidades en las instituciones y las personas para que sean capaces de realizar el seguimiento de la gestión, de adaptarla y de generar nuevas políticas cuando se requiera. Las principales áreas de trabajo de esta línea son la participación de la población en las decisiones (sin que se vuelva burocrática e impida la aplicación de las decisiones), la formación de profesionales del sector hídrico que comprendan la gestión del agua en sus aspectos sociales, ambientales, técnicos y políticos.

## III. INSTRUMENTOS QUE SIRVAN A LA GESTIÓN DEL AGUA.

Los instrumentos de la GIRH se constituyen en sus gestores, a través de componentes que giran en torno al recurso agua, los cuales se desarrollan como parte de planes, programas y proyectos.

## EJES DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN



## 3.2.1. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN: EJE AGUA

Se trata de plantear medidas de adaptación referidas al recurso agua, que se enmarquen dentro la gestión integral de recursos hídricos.

El manejo del agua y principalmente el planteamiento de medidas de adaptación respecto a potenciales impactos atribuibles ya sea al cambio climático o al efecto del aumento vegetativo o extraordinario de la demanda u otros fenómenos externos, es un tema complejo, debido a que no tiene soluciones puntuales, como la construcción de reservorios o la limitación de la demanda. Si bien estas medidas permiten regular la disponibilidad de agua, necesariamente deben ser acompañadas por la organización de una estructura social y técnica que maneje el recurso de una forma sostenible.

Las medidas de adaptación, entonces, deben responder a una planificación integral del uso del recurso, y provenir de una organización que sea capaz de responder a las contingencias causadas por el cambio climático, la variabilidad interanual de disponibilidad de agua o los efectos del crecimiento de la demanda.

Para este fin se debe aplicar los instrumentos de planificación y gestión planteados por instituciones tales como de la Global Water Partnership (GWP),<sup>20</sup> el World Water Council (WWC),<sup>21</sup> y el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de la UNESCO.<sup>22</sup>

## 3.2.1.1. Evaluación y conocimiento de los recursos hídricos

Es preciso conocer de forma clara y objetiva la disponibilidad de recursos hídricos y las demandas en agua de los diferentes usuarios. Es preciso establecer las siguientes premisas: i) el agua es un bien natural escaso y finito, ii)

20 (<http://www.gwp.org/GWP-Sud-America/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/> [3.2.1-1])

21 [http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre\\_ministerio/do/productos/V%20Cont.%20Abr%2009%20a%20Nov%2009/Informe%20final%20V%20etapa-2/Proyectos%20adicionales/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.A%20productos/Anexo%202.A.4/Base%20Datos%20ambito%20Agua/Consejo%20Mundial%20del%20Agua%20\(WWC\)%20&%20GIRH/](http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/do/productos/V%20Cont.%20Abr%2009%20a%20Nov%2009/Informe%20final%20V%20etapa-2/Proyectos%20adicionales/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.A%20productos/Anexo%202.A.4/Base%20Datos%20ambito%20Agua/Consejo%20Mundial%20del%20Agua%20(WWC)%20&%20GIRH/) [3.2.1-2],

22 [http://www.unesco.org/water/wwap/partners/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/partners/index_es.shtml) [3.2.1-3]

en caso de que los requerimientos de agua superen a la disponibilidad, se debe considerar que el agua es un bien económico cuya repartición debe depender de las prioridades de desarrollo de la región establecidas por los instrumentos de planificación, privilegiando por sobre todo el uso social (consumo humano, en la agricultura, etc.)

Tomar el agua como un bien económico no se hace por un sentido del lucro, sino para enfatizar el alto valor que tiene.

En suma, se debe contar con la siguiente información:

- Conocimiento de los recursos hídricos.
- Evaluación de los recursos hídricos.
- Modelación de la gestión integral de los recursos hídricos.
- Desarrollo de indicadores de la gestión del agua.
- Evaluación de los ecosistemas y sus necesidades.
  - Instrumentación y estructuración de redes de medición y monitoreo, principalmente de precipitación, caudales, temperatura, seguimiento de la cobertura y uso de suelos, que están vinculados la disponibilidad del agua.

### 3.2.1.2. Estructuración clara de los planes

Los instrumentos de planificación que se requieren son:

- Planes nacionales integrados de recursos hídricos.
- Planes para las cuencas hidrográficas, con objetivos claros y priorización de uso del agua en caso de carencia.
- Planes para la gestión de las aguas subterráneas.
- Evaluación y gestión del riesgo.
- Evaluaciones ambientales, sociales y económicas permanentes para el seguimiento y replanteamiento de la gestión del agua en caso necesario.

### 3.2.1.3. Gestión de la demanda

Otra medida de adaptación al cambio climático está relacionada con la gestión de la demanda, a fin de que los recursos hídricos se utilicen de forma eficiente. Esto implica:

- Mejora en la eficiencia en las redes de abastecimiento: disminución de pérdidas en el proceso de potabilización, tratamiento, conducción y entrega al usuario, y mayores coberturas.
- Análisis de la posibilidad del reciclaje y la reutilización.
- Uso óptimo del agua por parte del usuario (tecnologías mejoradas y uso consciente del recurso).

#### 3.2.1.4. Diseño y uso de instrumentos de cambio social

Se debe orientar a la sociedad civil hacia un buen uso de los recursos hídricos con medidas como:

- Impulsar un currículo educativo sobre la importancia del buen uso del agua.
- Fomentar la comunicación entre los centros de toma de decisión y las partes interesadas, y entre ellas.
- Organizar campañas de concientización sobre los recursos hídricos.
- Manejar las disputas, asegurando el uso compartido y equitativo de los recursos en agua.
- Identificar claramente la oferta y demanda de agua, a fin de eliminar posibles fuentes de conflictos relacionadas con el uso del recurso.
- Prevenir los conflictos antes de que estallen.
- Lograr una visión compartida sobre el uso del agua y sus prioridades. Construir consensos.

#### 3.2.1.5 Instrumentos regulatorios

- Límites en la asignación y uso del agua.
- Regulaciones para la calidad, la cantidad, los servicios del agua.
- Controles para la planificación del uso de la tierra y la protección de la naturaleza (deben estar contenidos de forma específica en los instrumentos de planificación).

#### 3.2.1.6. Instrumentos económicos

- Valoración del agua como un bien económico y social, en la búsqueda de eficiencia y equidad.
- Estimar los precios del agua, considerando su explotación y los servicios que brinda, teniendo en mente su uso y fin social, buscando el equilibrio entre la realidad económica del usuario y la sostenibilidad del servicio y la protección de fuentes.

- En el caso de que exista contaminación de los recursos hídricos, aplicar una tasa o cargo a los contaminadores, por ejemplo a las operaciones mineras o hidrocarburíferas.
- Analizar sistemas de subsidios e incentivos monetarios en el caso en que los actores decidan proteger o conservar las fuentes de agua.
- Trabajar con el concepto de “servicios ambientales de la cuenca” a las comunidades que habitan en ellas, especialmente aguas abajo.

### 3.2.1.7. Manejo e intercambio de la información

Con el fin de aumentar y mejorar el conocimiento necesario para una mejor gestión hídrica, se deben estructurar sistemas de manejo e intercambio de información.

### 3.2.1.8. Planificación de la infraestructura necesaria

Lo ideal es establecer todos los puntos antes referidos antes de construir la infraestructura necesaria; sin embargo, en la práctica esta situación no es la más común, por lo cual es recomendable que la planificación tome en cuenta las necesidades organizacionales, políticas, técnicas, administrativas, ambientales y sociales de la gestión del agua.

- Los planes de manejo de cuencas deben estar estructurados en el marco de la gestión sostenible del agua, estableciendo de forma clara cuales son los objetivos del plan y las prioridades de uso en caso de que la misma sea escasa. La infraestructura prevista debe responder a estas premisas y objetivos.
- Se debe planificar los tiempos de gestión administrativa de la infraestructura del agua, tomando en cuenta los plazos reales en que en un país dado se tarda en: i) establecer la idea de proyecto, ii) impulsar el mismo, iii) buscar financiamiento, iv) realizar los estudios y de las licitaciones necesarias, v) poner en marcha del proyecto y vi) construir. La planificación de agua debe establecer tiempos reales y, por tanto, la anticipación debida.
- Se deben concebir las obras de infraestructura de forma que su diseño tome en cuenta los impactos externos, entre ellos los de cambio climático. Por ejemplo, presas que contemplen posibles cambios en el régimen de precipitaciones.
- Se deben aplicar tecnologías y prácticas sostenibles, como las de ahorro del agua mediante la gestión del agua de lluvia, el reciclaje de aguas grises, los sanitarios ecológicos, el vermi-compostaje, las iniciativas de potabilización del agua en el hogar, etc.
- En general la infraestructura clave de la regulación del agua son los reservorios (represas, tanques de almacenamiento, lagunas, atajados, etc.). El diseño de la misma debe mejorar para mitigar los impactos climáticos: por ejemplo, i) para casos de mayor evaporación por incremento de temperaturas, se deben disminuir y optimizar los espejos de inundación o cambiar su gestión si existen múltiples embalses; ii) para un incremento en la cantidad de precipitación, se deben construir embalses o sistemas de embalses optimizados para poder aprovechar al máximo el aporte de la cuenca (se deben usar modelos de simula-

ción de la operación de los embalses); iii) en caso de un mayor arrastre de sedimentos, se debe mejorar o construir trampas de sedimentación y explotar los mismos, en caso de ser posible; iv) si se observa fuentes en retroceso, tales como el agua proveniente del aporte glaciar, se debe buscar nuevas fuentes y diseñar la infraestructura necesaria para su explotación.

### 3.2.1.9. Planificación de la gestión de riesgo

- Un primer paso para la planificación de la gestión del riesgo es la identificación de las “fuentes de riesgo” en la cuenca, ya sea generales o atribuibles al cambio climático, que puedan comprometer el abastecimiento o la disponibilidad del agua. A partir de esta identificación, se deben tomar las previsiones necesarias: medidas de mitigación y, eventualmente, un plan de riesgos o de contingencias potenciales en la cuenca.
- En casos extremos será necesaria la regulación del consumo a través de cortes y racionamiento. Sin embargo, estas medidas deberán estar acompañadas de un proceso de información y concientización del usuario. También deben ser antecedidas por procesos de concientización del uso óptimo del agua. Este proceso debe quedar documentado, para registrar la sensibilidad con la que la sociedad percibe esta problemática.

### 3.2.2. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN: EJE ECOSISTEMAS

Se trata de promover el manejo, el aprovechamiento sostenible y la conservación de los recursos naturales (físicos y bióticos) del ecosistema, a fin de garantizar la base productiva y su uso integral en el largo plazo.

Esto implica promover prácticas culturales y de manejo integrado de los agroecosistemas<sup>23</sup> (agrícolas, pecuarios y forestales) para garantizar la productividad y la seguridad alimentaria de las poblaciones que habitan y se sostienen en las cuencas de la región andina y subandina. Se busca el uso y la conservación de la biodiversidad<sup>24</sup> existente.

Las medidas de adaptación planteadas en el Eje Ecosistemas consideran ecosistemas naturales y agroecosistemas productivos. Los conceptos que han dirigido el desarrollo de las medidas de adaptación son los siguientes:

- Manejo y conservación de recursos hídricos y suelo: Uso adecuado, eficiente y sostenible de los recursos hídricos (manejo integrado de cuencas), mediante su captura (cosecha de agua), almacenaje, protección y utilización racional, a fin de garantizar la seguridad de agua (disponibilidad, acceso, calidad y la gestión integrada). Prácticas de conservación de suelos.

23 El agroecosistema, también conocido como sistema agrícola, es un ecosistema que se encuentra sometido a continuas modificaciones en sus componentes bióticos y abióticos, por parte del hombre. Estas modificaciones afectan prácticamente todos los procesos, desde el comportamiento de los individuos de la flora y la fauna, hasta la composición de las poblaciones vivas y los flujos de materia y energía. Los agroecosistemas son el fenómeno de perturbación ecológica más extendido. Según algunas estimaciones, “más de la mitad de la superficie de la corteza terrestre ha sido destinada a la práctica de la agricultura (12%), la ganadería (25%) y la plantación de bosques artificiales (15%)”.

24 La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los complejos ecológicos de los que forman parte; también comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas (Convenio de Naciones Unidas sobre Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica).

- Agricultura y seguridad alimentaria: Adaptación de los sistemas agrícolas, pecuarios y forestales, así como las estrategias de generación de medios de vida, a las condiciones agroecológicas en rápido cambio, mediante el uso y difusión de tecnología apropiada, investigación, intercambio y divulgación de mejores prácticas nutricionales y agropecuarias (conservación de suelos, diversificación de recursos genéticos, reducción de pérdidas, tolerancia a inundaciones y salinidad, adecuación de los ciclos productivos) y no agropecuarias (uso adecuado de energía en la transformación, comercio justo y otras actividades).
- Manejo sostenible de los ecosistemas, conservación y desarrollo de los recursos naturales y de la biodiversidad, para la prestación de servicios ambientales, la reducción de la pobreza, bienestar humano y el ejercicio de derechos humanos.
- Garantizar la salud humana. Desarrollo de modelos de gestión del sector salud para que se articulen con programas ambientales para la reducción de factores de riesgo, cambio de estilos de vida, estudio y vigilancia de enfermedades emergentes y reemergentes. Prácticas nutricionales preventivas.
- Asentamientos humanos y energía. Acciones de abogacía e incidencia para un asentamiento planificado y seguro de la población, el logro del ordenamiento territorial y el cambio paulatino de fuentes de energía (fósil, leña, desechos orgánicos) a energías limpias y sostenibles (biogás, energía eólica, hídrica y solar).
- Participación. Promover esfuerzos interinstitucionales para el emprendimiento de acciones conjuntas entre el Estado, la sociedad civil y la cooperación al desarrollo, la comunidad educativa y académica y la comunidad local. Impulsar el diálogo de entre el conocimiento técnico científico y los saberes y prácticas ancestrales locales, a fin de construir nuevos conocimientos y mejores prácticas mediante la investigación-acción de los propios actores.
- Educación integrada. Impulsar el uso y difusión de las innovaciones en la comunicación y la educación, desarrollando capacidades propias, una cultura de seguridad y resiliencia, respeto al entorno y sistemas productivos sustentables que disminuyen la vulnerabilidad.

### 3.2.2.1. Medidas de adaptación de los ecosistemas

Se recomiendan las siguientes acciones clave:

- Definición de forma participativa e incluyente por derecho de los actores institucionales y sociales representativos, con legitimidad, del territorio.
- Planteamiento de medidas apropiadas a los ecosistemas del territorio de intervención.
- Aprendizaje social de la actitud de resiliencia y de las nuevas competencias necesarias para enfrentar la vulneración originada por el cambio climático.
- Planteamiento de indicadores representativos y concretos de vulnerabilidad del ecosistema, a fin de monitorear el avance de las medidas de mitigación.

Los pasos que se deben tomar son los siguientes:

*Primer paso. Organización, coordinación y conformación*

- En base al diagnóstico, se debe identificar los actores pertinentes y que tienen competencias para conformar el “Comité de adaptación”, en el cual tienen que estar representadas las organizaciones del lugar (naturales como privadas), los gobiernos municipales, las gobernaciones y el Estado. Entre todos deben definir una representación (directorio), una agenda de compromisos y un plan de trabajo con un cronograma validado y concertado.
- La representación tendrá que tener competencias de supervisión, gerencia, control social, así como de rendición de cuentas; para ello debe contar con el apoyo de supervisores y facilitadores.
- El directorio debe designar una comisión específica responsable de ejecutar las medidas de adaptación de este Eje.

*Segundo paso. Ejecución de las medidas de adaptación*

- La primera medida es la señalización planteada en la sección dedicada al diagnóstico de la flora y fauna. Las señales con información sobre el ecosistema se distribuirán por los sitios de mayor biodiversidad, para brindar información y concienciar a la población.
- Se aplican las otras medidas de adaptación que se haya definido.
- Se establece relación con programas municipales, de gobernación y estatales para coordinar lo que se hace en este Eje con los otros.

*Tercer paso. Generación de indicadores de monitoreo*

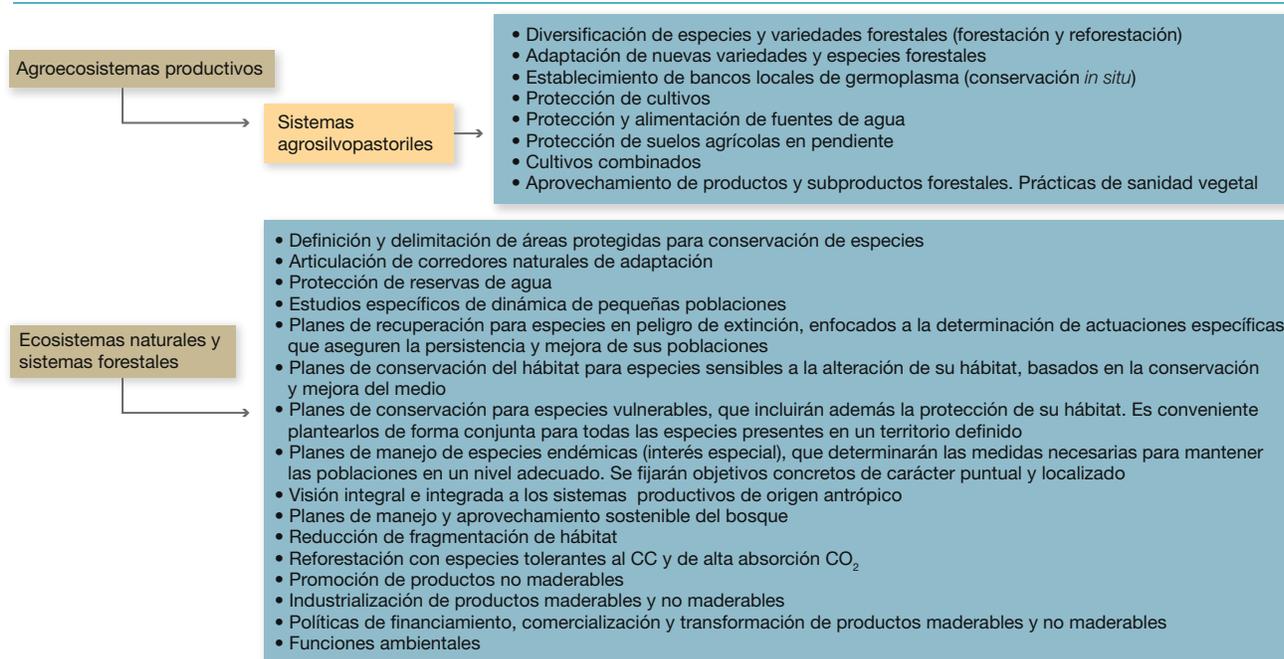
- Se monitoreará el avance y resultado de las medidas de adaptación con arreglo a los indicadores propuestos en el acápite de identificación de impactos.
- Este es un proceso de aprendizaje, que permite elaborar nuevas estrategias multidisciplinarias, participativas e incluyentes, de apoyo a las medidas de adaptación ya establecidas y en funcionamiento.
- Se impulsará estudios sobre el estado de conservación de la flora y fauna, y sobre el impacto climático que recibe el sistema.

*Cuarto paso. Resiliencia colectiva y aprendizaje social*

- Se debe apoyar el fortalecimiento del directorio, de los comités y del resto de los actores identificados.
- Se debe plantear y generar mallas curriculares (concretas y aplicables) para establecer programas integrados de capacitación.
- Se debe motivar y sensibilizar a las organizaciones sociales sobre su responsabilidad en el cuidado de los ecosistemas.

- Es necesario informar sobre el avance de las medidas de adaptación en cumbres municipales, ampliados, cabildos, etc. El directorio y los comités tienen que rendir cuentas periódicamente.
- Se debe sistematizar la experiencia de la gestión y promover encuentros, foros y otros escenarios para realizar abogacía a favor de las medidas adoptadas.

FIGURA 25. ACTIVIDADES DE ADAPTACIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



### 3.2.2.2. Medidas de adaptación en agroecosistemas productivos

Es importante tomar en cuenta que en la región andina y subandina no existen sistemas productivos “puros”, es decir, dedicados exclusivamente a la agricultura o la ganadería. Por el contrario, se trata de sistemas productivos integrados y dedicados a ambas actividades, pero que además integran el uso de subproductos, como por ejemplo el estiércol del ganado, el que se utiliza como abono para los cultivos anuales. En la zona subandina es también frecuente encontrar sistemas de producción que integran actividades forestales e incluso la acuicultura, y por supuesto actividades no agropecuarias como la producción de áridos o la minería.

#### a) Medidas en sistemas productivos preeminentemente agrícolas

Estos sistemas de producción se caracterizan por priorizar la producción de algunos cultivos respecto a otros, generalmente orientados al mercado pero también al autoconsumo y la reserva de semilla. Las acciones sugeridas para la adaptación de estos sistemas son las siguientes:

- Diversificación de especies y variedades productivas. Consiste en incrementar la cantidad de especies cultivadas en las unidades productivas familiares y la diversificación de las variedades en producciones

extensivas o intensivas orientadas al mercado. Esta estrategia puede contradecir la clásica “especialización” que demandan ciertos mercados, sin embargo, permite reducir el impacto de las plagas y los fenómenos climáticos extremos, y tiene la ventaja de adecuarse a los mercados emergentes de la agricultura orgánica.

- Adaptación de nuevas variedades y especies. Debido al incremento de temperaturas se observa que algunas especies y variedades se adaptan a pisos ecológicos más altos en la zona andina; esta es otra forma de diversificar la producción local.
- Recuperación de especies y variedades nativas. Durante las últimas décadas se observa una reducción paulatina del uso de variedades nativas, por ejemplo en cultivos como la papa (*Solanum sp.*), es decir, una erosión genética. Sin embargo, la diversidad genética permite contar con ecotipos más resistentes a diferentes condiciones (heladas, granizadas y plagas) y por lo tanto es una estrategia principal de adaptación.
- Establecimiento de bancos locales de germoplasma (conservación in situ). Esta es una práctica que consiste en conservar las semillas en los campos de producción de los propios campesinos, lo que reduce los costos de la semilla y permite contar con sistemas de reserva para la primera atención, en caso de emergencias producidas por el clima o las plagas. Este método debe combinarse o articularse a los sistemas nacionales de conservación de germoplasma.
- Rotación de cultivos. Esta es una práctica convencional para preservar la fertilidad potencial de los suelos. Los periodos de rotación dependerán de la cantidad de tierra disponible a nivel de productor o la comunidad (aynocas). Frecuentemente se deben alternar cultivos leguminosos que fijan nitrógeno con tubérculos o cereales.
- Diversificación de fechas de siembra y cosecha. Consiste en adelantar o retrasar la fecha de siembra y por lo tanto la de cosecha. Esta práctica se emplea en cereales o tubérculos, y ha merecido investigaciones concretas. También se puede combinar con el uso de variedades tardías o tempranas, como en el caso de cítricos.
- Cultivos combinados. Consiste en alternar en una misma parcela de cultivo diferentes especies que pueden prosperar en comunidad simbiótica. Esta práctica es más frecuente en el cultivo de hortalizas, sobre todo como una estrategia para controlar la incidencia de enfermedades y plagas.
- Adaptación de prácticas culturales. La introducción de especies o variedades nuevas y reprogramar los ciclos de producción implica adecuar las técnicas de cultivo. Aunque la región aún se caracteriza por usar mano de obra de forma intensiva, es importante combinar la acción humana con procesos de mecanización agrícola; sin embargo, el factor determinante del tipo de tecnología que se debe usar tiene que ser la capacidad de los suelos.
- Diversificación de pisos ecológicos de cultivo. Esta es una estrategia particular de los pueblos originarios de los Andes, que consiste en cultivar las mismas variedades o especies en diferentes niveles o pisos ecológicos, generalmente en parcelas más pequeñas que garantizan la sobrevivencia de los cultivos a pesar de los factores climáticos adversos.
- Prácticas de sanidad vegetal. Aunque se ha generalizado el uso no siempre adecuado de pesticidas y otros agroquímicos, se recomienda emplear prácticas orgánicas de control de pestes y enfermedades. La diver-

sificación permite la variabilidad genética que es un factor de tolerancia contrario a la uniformización que impone el uso de variedades comerciales. La combinación de métodos parece ser más efectiva.

- Innovación en tecnologías de riego (incremento de eficiencia). Una de las desventajas principales de los sistemas de riego superficiales característicos de la región es su alto nivel de pérdidas (55 a 65%), lo que no es admisible. En este sentido, el uso de sistemas de riego por aspersión o goteo es la alternativa ideal, ya que estudios recientes de la FAO y otras agencias muestran que es más barato, especialmente en los países andinos en las que se cuenta con industrias derivadas de los hidrocarburos.
- Valoración nutricional de cultivos. La región se caracteriza por el autoconsumo, por tanto es importante el valor nutricional de los cultivos, por ejemplo la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild), amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*), tarwi (*Lupinus* sp.), lentejas (*Lens culinaris*) o cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) u otras altas en contenido proteico, a fin de lograr la seguridad alimentaria de la población.
- Prácticas culturales de conservación de suelos. Existe una gran variedad de prácticas conservacionistas, como las prácticas culturales transversales a la pendiente del terreno, las terrazas de formación lenta y estructurada, las zanjas de infiltración, las barreras muertas y vivas, etc.
- Agricultura atemperada. Gracias al avance de la tecnología es posible producir hortalizas de forma independiente al clima externo, es decir, en invernaderos, e incluso sin sustrato (hidroponía).
- Cosecha de agua. Complementariamente se han desarrollado experiencias exitosas de construcción de pequeños reservorios o Q'otañas, junto con otras prácticas de conservación del suelo y el agua, como las zanjas de infiltración, el control de cauces y otras.
- Sistemas complejos. Trata de la construcción de terrazas de formación lenta, taqanas, sukaquillos o camellones, manejo de bofedales entre otras.
- Bioindicadores.

## *b) Medidas de adaptación en sistemas productivos preeminentemente pecuarios*

Son sistemas orientados a la producción pecuaria, aunque generalmente incluyen la producción de especies forrajeras para el sustento del hato ganadero, ya sea en una producción extensiva o estabulada. Las medidas de adaptación incluyen:

- Manejo de especies forrajeras:
  - Introducción de nuevas variedades forrajeras. La mayoría de las especies forrajeras empleadas en la región son introducidas, es decir, no son originarias. Así tenemos la alfalfa (*Medicago sativa*), la festuca alta (*Festuca arundinacea*), el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), el kudzu (*Pueraria phaseoloides*), entre otros. Estas especies han demostrado alta adaptación a suelos salinos como los de altura o ácidos como los de la región subtropical.

- Recuperación y escalamiento de variedades nativas. Se trata de complementar las especies mencionadas con especies nativas de alto valor, como por ejemplo las adecuadas para recuperar suelos salinos: el *Atriplex* (*Atriplex halimus*) o el Cauchi (*alofita*). El escalamiento consiste en incrementar la producción de semilla, ya que no se trata de variedades comerciales.
- Sistemas de riego extensivos o riego en canapas. Es un tipo de manejo sostenible de los bofedales o pantanos de altura. Las canapas son campos naturales de pastoreo frecuentes en la parte altoandina, que permiten a las comunidades el manejo sostenible de dichas praderas en su lucha contra la desertificación y el cambio climático.
- Rotación de cultivos forrajeros. Es importante rotar los cultivos a mediano plazo (5 a 6 años) combinando el uso de leguminosas y gramíneas.
- Bancos de germoplasma locales. Orientados a la conservación in situ de las especies forrajeras y especialmente de las nativas.
- Sistema de potreros de pastoreo. Consiste en la construcción de potreros o grandes espacios cercados para que el ganado pastoree en forma ordenada y respetando la capacidad de recuperación de las praderas.
- Diversificación y uso de especies animales. Esta práctica consiste en emplear diferentes ecotipos de animales; por ejemplo, en el caso de los bovinos, es cada vez más frecuente explotar no solo animales de la raza Holstein orientada a leche o Jersey, orientada a carne, sino otras razas como la “pardo suiza”, que tiene doble propósito. Estas razas tienen diferentes rangos de tolerancia a las condiciones climáticas de la región o a las enfermedades que les afectan.
- Mejoramiento genético del ganado criollo. Consiste en mejorar las especies nativas o criollas con alta tolerancia al medio y a las enfermedades, transfiriéndoles las características genéticas de alto rendimiento de las razas introducidas.
- Prácticas mejoradas de alimentación y nutrición animal. Recientes estudios de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires han demostrado que mejorando la combinación de alimentos y el aprovechamiento de los recursos forrajeros y los alimentos complementarios, se logra reducir la emisión de gas metano por parte de, por ejemplo, el ganado bovino, lo que a gran escala tiene un impacto significativo.
- Mejoramiento de sistemas de alojamiento del ganado. Consiste en mejorar los establos y corrales para que los animales puedan tolerar mejor los efectos del clima, lo que indudablemente mejora su rendimiento. Dado el alto costo de esta práctica, en la región se emplean interesantes y diversas tecnologías para abaratarla.
- Prácticas de sanidad animal. Al igual que las personas, los animales están sometidos a nuevas enfermedades y vectores o parásitos que les afectan directamente, por lo que es necesario cumplir los calendarios de vacunación y las medidas preventivas en general.
- Cría de pequeñas especies de granja para garantizar el consumo de proteína animal. En las pequeñas producciones familiares es común esta práctica que aprovecha los restos de la cosecha y otros excedentes

para criar pequeños animales de granja, como conejos, gallinas, perdices, etc., que tienen la ventaja de ser una fuente de proteínas para las familias rurales.

- Acuicultura extensiva e intensiva. Se trata de la cría de peces de diferentes especies en los atajados o represas, como en los ríos y otras reservas de agua, o en ambientes específicos contruidos para este propósito. Esta actividad constituye una importante fuente de ingresos económicos y de proteínas.

### c) Medidas en sistemas productivos agro-silvo-pastoriles

Son sistemas que combinan los cultivos y el ganado con la plantación de árboles para aprovechamiento forestal (generalmente frutales). Este sistema es más común en la región subandina (yungas). Las medidas de adaptación propuestas son las siguientes:

- Diversificación de especies y variedades forestales (forestación y reforestación). La práctica consiste en promover el cultivo diversificado de plantaciones específicas, que son adecuadas para la producción de madera o frutales y, sin embargo, demandan mayor cuidado por plagas y enfermedades.
- Adaptación de nuevas variedades y especies forestales. Las especies forestales en general han demostrado gran capacidad de adaptación a diferentes pisos ecológicos sin tener demasiada variabilidad genética.
- Establecimiento de bancos locales de germoplasma (conservación in situ). Al igual que en otros casos, también se requiere conservar el germoplasma forestal, especialmente el de especies endémicas de la región como la Kehuiña (*Polylepis sp*), o Kishuara (*Buddleja incana*), Mutuy, Motuy, Tanquis (*Cassia Tomentosa*), Aliso (*Alnus jorullensis*) y otras propias de la región.
- Protección de cultivos. Las especies forestales y frutales se emplean para formar barreras vivas alrededor de los cultivos a fin de protegerlos contra heladas y vientos extremos. Estas barreras también ayudan a la fertilidad del suelo, cuando se implantan especies leguminosas, y contribuyen a generar un microclima. La selección de especies es determinante.
- Protección y alimentación de fuentes de agua. Se trata de implantar especies forestales que protejan o circunden a las fuentes de agua, o en la cuenca alta para reducir la escorrentía superficial e incrementar la producción de los acuíferos y las vertientes.
- Protección de suelos agrícolas en pendiente. Los árboles también ayudan a estabilizar los suelos en pendiente, por lo que son complemento ideal en terrazas de formación lenta y control de cárcavas.
- Cultivos combinados. En cultivos como el café (*Cofea arabiga*) es necesario plantar otros árboles para proporcionar sombra e incluso formar el “mulch” (cobertura natural formada por hojas, paja, hierba cortada o productos sintéticos que se echan para evitar la pérdida de humedad y evitar la erosión, y que protege al suelo). Por tanto, el uso de especies forestales, combinado con otros cultivos anuales o perennes, es una estrategia pertinente y aconsejable.
- Aprovechamiento de productos y subproductos forestales. Los árboles producen madera, cortezas y hojas medicinales, sustancias que pueden emplearse en la industrialización y tienen mucho valor comercial. Por

ejemplo, los eucaliptos producen aceites con eucaliptol, que se emplea en la fabricación de medicamentos. Otro uso es el del forraje: las especies arbóreas con potencial forrajero no forman un grupo específico en la clasificación botánica, e incluyen un número muy elevado de especies leñosas perennes (Gómez et al., 2007) [3.2.2-1]. Aunque en América Latina su uso ha cobrado importancia en tiempos recientes, en otros continentes ya era conocido.

- De igual manera se deben aplicar prácticas preventivas de sanidad vegetal.

### 3.2.2.3. Medidas de adaptación en ecosistemas naturales y sistemas forestales

#### a) *Medidas en ecosistemas naturales*

- Definición y delimitación de áreas protegidas para la conservación de especies. En base a los métodos biofitogeográficos, se delimitan las áreas potenciales de conservación y reserva natural.
- Articulación de corredores naturales de adaptación. Esta medida consiste en vincular físicamente estas áreas para permitir que las especies se movilen naturalmente y se adapten a nuevos territorios.
- Protección de reservas de agua. Esta práctica permite incrementar la biodiversidad de aves andinas, en general, y también de especies endémicas, como los peces del género orestias. Toda reserva de agua es importante para la fauna y la flora andinas.
- Estudios específicos de dinámica de pequeñas poblaciones, con el propósito de determinar el estado actual de las mismas y sus posibilidades reales de desarrollarse.
- Planes de recuperación, conservación y manejo:
  - Planes de recuperación para especies en peligro de extinción, para la determinación de acciones específicas que aseguren la persistencia y mejora de estas poblaciones.
  - Planes de conservación del hábitat para especies sensibles a la alteración de su hábitat.
  - Planes de conservación de especies vulnerables, que incluyan además la protección de su hábitat. Es conveniente plantearlos de forma conjunta para todas las especies en riesgo de un mismo territorio.
  - Planes de manejo de especies endémicas (las que son de interés especial), que incluirán las medidas necesarias para mantener sus poblaciones en un nivel adecuado. Se han de fijar unos objetivos concretos y localizados.
- Debido al crecimiento inevitable de los centros poblados y las áreas de producción agrícola, pecuaria y forestal, es importante tomar en cuenta los hábitat que se reservará para las especies no domésticas e incluso para algunas de carácter endémico.

## *b) Medidas en sistemas forestales*

Las medidas de adaptación para los sistemas forestales exigen la toma de decisiones políticas de amplio alcance, el cambio de los patrones de consumo de los productos forestales, la adopción de programas y estrategias que promuevan la innovación tecnológica y nuevos esquemas institucionales. Se trata de un desafío multicausal y multidimensional.

Aunque el pago por funciones ambientales de los bosques no tiene por qué estar directamente asociado a la existencia de un mercado para estos servicios (Gutman, 2003; Echavarría et al., 2004) [3.2.2-2], normalmente se han propuesto mecanismos de mercado para llevarlo a cabo. Wunder (2005, 2007) [3.2.2-2] considera los criterios esenciales que han de cumplir los pagos por funciones ambientales, analizando su eficiencia y los obstáculos que dificultan su desarrollo.

Algunas medidas de adaptación en sistemas forestales son:

- Planes de manejo y aprovechamiento sostenible del bosque. En el marco de la normativa de los países andinos, se debe profundizar la explotación sostenible de los bosques, es decir, de los productos maderables y no maderables (como por ejemplo la castaña y otras fibras de uso artesanal).
- Reducción de fragmentación de hábitat. Mediante políticas y normativa específica, se debe evitar que la construcción de infraestructura de cualquier tipo, incluyendo asentamientos humanos y aprovechamiento energético, produzcan la fragmentación del hábitat, tanto de fauna como de flora, ya que en la región andina los nichos de vida están sometidos a alta presión.
- Reforestación con especies tolerantes al cambio climático y de alta absorción de CO<sub>2</sub>. Recientes investigaciones han permitido identificar especies de alta tolerancia a los efectos climáticos adversos, incluyendo su capacidad de repoblamiento vertical (diferentes pisos altitudinales, por ejemplo leguminosas nativas de valles interandinos como la *Acacia* sp.). Asimismo se han identificado especies promisorias con gran capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, es decir, gran capacidad foliar y rápido crecimiento (tomando en cuenta el riesgo de proliferación de estas especies en medios sensibles).
- Promoción de productos no maderables. La producción y recolección de productos no maderables como frutas, fibra, semillas, tallos y otros, para uso alimenticio, artesanal-industrial e incluso de aprovechamiento en la elaboración de medicinas, se ha incrementado a partir de las investigaciones sobre la biodiversidad de la región andina, a pesar de que aún queda mucho por conocer sobre su enorme potencial.
- Industrialización de productos maderables y no maderables. A partir de la pérdida sensible de las especies maderables, se han empezado a desarrollar tecnologías de aprovechamiento industrial más sostenible de los recursos forestales.
- Políticas de financiamiento, comercialización y transformación de productos maderables y no maderables. Este punto complementa los anteriores, ya que sin políticas ni normativa que preserve y promueva la explotación sostenible y la generación de valor agregado in situ, no se podrá paliar la creciente presión sobre los bosques.

- Funciones ambientales. En este ámbito existen muchas posibilidades, como se describe más adelante. A pesar que todavía está en discusión y desarrollo los mecanismos para valorizar este tipo de funciones, su aplicación se ha vuelto una realidad palpable, especialmente para las comunidades y poblaciones que viven de los recursos forestales y la biodiversidad asociada a ellos. La tabla que se presenta a continuación resume dichas funciones, y presenta los productos que ofrecen, sus oportunidades y sus dificultades.

TABLA 8. PRINCIPALES RUBROS Y PRODUCTOS DE FUNCIONES AMBIENTALES DE LOS BOSQUES.

Rubros de servicio	Producto ofrecido	Oportunidades	Dificultades
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas protegidas</li> <li>• Derechos de bioprospección</li> <li>• Concesiones para la conservación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concienciación creciente</li> <li>• Aumento y diversificación de mercados</li> <li>• Innovación en diseño de productos y sistemas de pago</li> <li>• Mercados nacionales e Internacionales</li> <li>• Servicios diversos, intangibles y no separables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comercialización difícil</li> <li>• Altos costes de transacción</li> <li>• Problemas de distribución</li> <li>• Costes-beneficios y de equidad social</li> </ul>
Carbono	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado de reducción de emisiones</li> <li>• Créditos de compensación de emisiones</li> <li>• Volumen asignado de emisiones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolución, desde acuerdos individuales a pequeña escala hasta acuerdos internacionales</li> <li>• Mercados nacionales e internacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riesgo de expansión de monocultivos con pérdida de biodiversidad</li> <li>• Efectos ambiguos sobre el clima según zonas y especies</li> <li>• Falta de claridad y acuerdo sobre la deforestación evitada</li> </ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratos de gestión de cuencas</li> <li>• Créditos de calidad de aguas</li> <li>• Derecho de aprovechamiento del aguas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidad de identificar proveedores y beneficiarios</li> <li>• Mercados nacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles impactos en la cantidad y la estacionalidad del agua disponible.</li> <li>• Mucho más extendidos en países desarrollados debido a la importancia de los mercados nacionales</li> </ul>
Escénico / recreativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derechos de entrada</li> <li>• Servicios de ecoturismo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acuerdos de gestión de recursos naturales</li> <li>• Vínculo entre biodiversidad y valor escénico</li> <li>• Mercados nacionales e internacionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificultad de establecer mercados específicos</li> <li>• Riesgo de integración vertical y pérdida de control local</li> </ul>

Fuente: Ruiz y otros; basado en Landell-Mills y Porras (2002).

### 3.2.3. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN: EJE SOCIOECONÓMICO

Los objetivos que se buscan en este Eje son:

- Analizar las medidas de adaptación ya presentadas desde una perspectiva socioeconómica, a fin de elegir las opciones más apropiadas.
- Determinar las medidas apropiadas de uso de la tecnología, construcción de infraestructura, y otras que requieran inversiones grandes.
- Determinar las medidas que tienen que ver con capacitación, desarrollo de capacidades, intercambio de información, aplicación de políticas, y con cambios institucionales.
- Buscar la mejor combinación de los distintos tipos de medidas para lograr resultados efectivos en los planos ambiental, social y económico.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de las medidas, para determinar cuál es la mejor opción para aplicarlas.
- Definir estrategias de intervención que combinen los distintos tipos de medidas y logren el apoyo de los sectores involucrados.
- Realizar un trabajo conjunto con las poblaciones, para conocer sus percepciones y llegar a consensos.

Las medidas de adaptación en el área socioeconómica deben ser consistentes con los resultados recogidos de las consultas a las poblaciones locales. Por supuesto, requieren de un adecuado grado de desarrollo de las instituciones involucradas en el proceso, que además deberán tener el necesario grado de compromiso y voluntad política para aplicarlas.

Este Eje se justifica porque las actividades de mitigación deben ser evaluadas desde el punto de vista económico, a fin de determinar su factibilidad. Las medidas de adaptación referidas al manejo del suelo, del agua, de la actividad ganadera y de la agricultura deben considerar el logro de los mejores rendimientos y al mismo tiempo minimizar el daño de los suelos, el agua y los distintos tipos de producción.

Las medidas de adaptación vienen en un paquete que combina, por un lado, inversiones en infraestructura y otros bienes de capital (medidas de adaptación duras), con medidas de carácter institucional y social basadas en procesos de asistencia técnica, capacitación, desarrollo de capacidades, así como de generación de políticas, estrategias y alianzas institucionales (medidas de adaptación blandas).

---

**TABLA 9. EL ASPECTO ECONÓMICO DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN: UN EJEMPLO**


---

Los escenarios de temperaturas y precipitaciones entre el 2030 y 2100 en Bolivia concluyen que habrá un aumento de la temperatura de entre 1 y 2°C, las precipitaciones se intensificarán y habrá más precipitación en época de lluvia y menos en época seca. Los impactos proyectados en la producción agropecuaria, la disponibilidad de recursos hídricos y el estado de los ecosistemas son predominantemente negativos.

Los estudios del rendimiento de los cultivos de arroz, soya, maíz y pasturas en las tierras bajas indican que éste caerá en todos los casos. Pero estas caídas se atenuarán si se utilizan medidas de adaptación evaluadas, tales como cambios en la fecha de siembra, cambio en la variedad de semillas, mejora en las tecnologías de producción (irrigación, fertilización), es decir si se produce un buen manejo integral del suelo.

La Fundación Amigos de la Naturaleza también estudió el impacto del cambio climático en el ciclo hidrológico de la cuenca del Río Piraí, en el departamento de Santa Cruz, en Bolivia. El 86% del consumo de agua de esta cuenca es humano, 10% es riego y 4% ganadería. Los impactos del cambio climático en la disponibilidad de agua de la cuenca son altos y lo serán aún más. Dada la pérdida de bosques por deforestación, el acuífero se va a reducir por los problemas que sobrevendrán en la percolación.

Para 2030, la oferta disminuirá en 20% y la demanda crecerá hasta en 110%. Por eso la propuesta es implementar un esquema de pagos por funciones ambientales, a fin de evitar la deforestación y conservar el acuífero.

(Humberto Gómez de la FAN, *Entendiendo el cambio climático en Bolivia. Tendencias, escenarios e impactos*, Foro IBCE, marzo de 2014) [3.2.3-1]

---

Otra medida de adaptación es el fortalecimiento de instituciones sectoriales y estatales, de modo que incluyan la lucha contra el cambio climático dentro de sus procesos de planificación. También deben formar parte de los sistemas de gestión de riesgos,<sup>25</sup> así como de los sistemas de alerta temprana.

Una de las medidas económicas que puede aplicarse para mitigar los impactos del cambio climático son los seguros. Este servicio financiero se ofrece frente a eventuales catástrofes u otro tipo de eventos extremos. Es un mecanismo que distribuye los riesgos y, en caso de un evento, reparte los costos entre todos los sectores de la sociedad [3.2.3-2].<sup>26</sup>

Otros instrumentos de tipo económico que tienen que ver con la gestión del recurso hídrico son los cargos o tarifas por contaminación, así como la otorgación de subsidios e incentivos al uso adecuado del mismo.

La consideración del recurso hídrico como un “servicio ambiental” o, como se conoce actualmente, una “función ambiental”, constituye una medida de adaptación. En esta lógica, el agua trasciende su calidad de bien económico y se entiende como un servicio complejo y vital, que debe ser usado de forma eficiente y equitativa.

---

25 <http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Gestion%20del%20Riesgo%20Climatico.pdf>  
[www.undp.org/cpr/we\\_do/integrating\\_risk.shtml](http://www.undp.org/cpr/we_do/integrating_risk.shtml)  
[www.undp.org/climatechange/](http://www.undp.org/climatechange/)  
[www.adaptationlearning.net](http://www.adaptationlearning.net)  
[www.adpc.net/v2007/Programs/CRM/](http://www.adpc.net/v2007/Programs/CRM/)  
<http://www.inesad.edu.bo/bcde2013/papers/BCDE2013-99.pdf>

26 En los países andinos es cada vez más frecuente que empresas ofrezcan seguros en casos de desastre por eventos extremos como inundaciones, sequías, terremotos, huracanes y otros. El comportamiento del sector de seguros es un indicador de los posibles impactos socioeconómicos del cambio climático, por la sensibilidad que tiene a los riesgos. *IPCC, 2001, Tercer Informe de Evaluación Cambio Climático, 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad (Resumen para responsables de políticas y resumen técnico).*

El concepto de servicio ambiental se refiere a la capacidad de la regulación y renovación del agua, la protección y conservación de la biodiversidad, la belleza escénica y recreación, la bioprospección y la captura o fijación de carbono, con el objetivo social de mantener o mejorar la calidad de vida de la población, pese a los impactos del cambio climático.

Desde el punto de vista económico, los servicios ambientales son externalidades positivas generadas por actividades de producción agrícola y forestal sustentable y por la protección y conservación de los recursos hídricos, la biodiversidad y los recursos naturales [3.2.3-3].<sup>27</sup>

TABLA 10. BIENES Y FUNCIONES AMBIENTALES

Bienes ambientales	Funciones ambientales
Agua para consumo humano y animal	Belleza escénica
Riego	Fijación de carbono
Pesca	Investigación
Extracción de Madera	Captación hídrica
Plantas medicinales	Protección de suelos
Manglares	Energía
Productos no maderables	Diversidad genética (banco de genes)
Animales (cacería)	Banco de producción de oxígeno
Mimbre	
Plantas ornamentales	
Semillas forestales	
Plantas y frutas comestibles	
Leña y carbón	
Bejucos y troncos	
Biocidas naturales	
Material biológico	
Artesanías	

Elaboración propia en base a Flores, F. [3.2.3-3]

En la Tabla 10 se aprecia la diferencia entre bienes y funciones ambientales que prestan los bosques y otros ecosistemas. Para garantizar que éstos provean estos bienes y cumplan estas funciones sin interrupción es necesario cobrar por ellos.

El estudio de la CAF/TNC, *Las funciones ambientales de la naturaleza, Las experiencias de Bolivia, Colombia y Ecuador*, tuvo por objeto estimar, en términos monetarios, el valor de uso indirecto de los servicios generados por los bosques de la cuenca alta y media del río Piraiá. Se identificó claramente los servicios ambientales que se quería valorar, así como la población beneficiaria. Para estimar la disposición a pagar (DAP) de los beneficiarios de los servicios ambientales e hidrológicos e identificar los factores que podrían afectar su disponibilidad de pago, se empleó la metodología de valoración contingente.

27 Fernando Flores. *Servicios ambientales: Conceptos y desafíos*. Chile, 2006.

El método de valoración contingente supone que las personas encuestadas responderán en una simulación del mercado de servicios ambientales de la misma forma que lo harían en un mercado real de bienes y servicios (Herradoer, 2001, citado por FAN) [3.2.3-4].

Para poder ejecutar, ampliar y hacer sostenible la provisión de servicios ambientales se han desarrollado esquemas de conservación y gestión, los cuales integran simultáneamente objetivos económico-productivos, ambientales y sociales. Estos esquemas incorporan mecanismos de Pago por Servicios o Funciones Ambientales (PSA) como instrumentos financieros que expresan el reconocimiento de beneficios económicos asociados al mantenimiento y/o producción de tales servicios.<sup>28</sup>

El PSA incluye el servicio de administrar y transportar el agua con calidad hasta el consumidor, además del costo asociado a proteger y manejar el recurso hídrico, el bosque y los ecosistemas que intervienen en los procesos de captación e infiltración en el subsuelo, que brindan calidades físico-químicas y bacteriológicas adecuadas al agua.

En todo este proceso es importante el involucramiento de la población local. Por un lado ésta es una fuente de conocimiento de la cuenca, sus recursos y los cambios que ha generado el cambio climático en el tiempo, así como de las medidas de adaptación que se han venido aplicando en el último tiempo, y por otro lado, ofrece legitimidad a las decisiones. Las percepciones de los pobladores locales respecto a los servicios ecosistémicos de una cuenca son fundamentales en el diseño y el funcionamiento sostenible de mecanismos eficientes de conservación ambiental.

Como ejemplo se plantean las etapas de valoración contingente planteadas en el caso del río Pirai:

- Investigación inicial: planteamiento del problema.
- Elección de la metodología de la encuesta.
- Determinación de la población objetivo y definición de la muestra.
- Diseño del cuestionario.
- Validación del cuestionario.
- Aplicación de la encuesta final.
- Análisis de los datos.
- Estimación de la DAP de la población.
- Redacción del informe final.

---

28 Idem.

### 3.2.4. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN: EJE SOCIOCULTURAL

Las medidas de adaptación en el eje sociocultural tienen los siguientes objetivos:

- Generar un proceso de concienciación sobre las responsabilidades sociales en el manejo del problema del cambio climático, especialmente respecto a la disponibilidad del agua.
- Generar un proceso de concienciación social sobre las causas y la necesidad de enfrentar de forma significativa y sostenida los problemas que el cambio climatológico está ocasionando.
- Generar un proceso de información sobre las maneras de manejar y controlar los problemas ocasionados por el cambio climático.
- Generar procesos socio-interculturales e interétnicos y estrategias de intervención socialmente consensuadas en los problemas ocasionados por el cambio climatológico.

En primera instancia, es preciso que la población local se haga consciente de su responsabilidad en el manejo del problema del cambio climático, especialmente en cuanto a la disponibilidad del recurso agua. En este sentido, se debe generar un proceso de información sobre las posibilidades existentes, proceso que a su vez debe retroalimentarse con las opiniones de la población local. En conjunto se deben llegar a definir guías de acción para adaptarse a la nueva situación con medidas que eviten, o mitiguen, las situaciones adversas provocadas por el cambio climatológico.

Este proceso deberá realizarse por una serie de mecanismos, tales como:

- Talleres de información audiovisual sobre la cronología, la situación actual y futura del problema.
- Talleres de análisis intergeneracional local en torno al problema.
- Talleres de análisis interinstitucional en torno al problema y las posibilidades de establecer dinámicas de desarrollo sostenible local.
- Formación de una instancia interinstitucional, que incluya a las comunidades, con el objetivo de ejecutar las posibilidades de solución consensuadas.

### 3.2.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

En este punto se analizan las medidas de adaptación de todos los ejes desde el punto de vista económico. Cada eje plantea medidas específicas para mitigar los impactos del cambio climático, el análisis económico general de estas medidas será la combinación de un análisis beneficio/costo con la valoración económica de las medidas, allí donde sea pertinente.

Las medidas técnicas, económicas, sociales e institucionales de adaptación serán analizadas bajo criterios de eficiencia económica y efectividad. También se tomará en cuenta otras variables, de acuerdo a la priorización definida por los especialistas.

Los costos pueden ser altos al principio en el caso de que se necesite inversiones grandes en infraestructura y otros bienes de capital (medidas de adaptación duras); la evaluación económica financiera debe determinar en qué medida estos costos serán compensados por los beneficios que se obtendrán a futuro.

Existen otro tipo de medidas de carácter social e institucional, como asistencia técnica, capacitación, desarrollo de capacidades, políticas y estrategias, así como alianzas institucionales (medidas de adaptación blandas), cuyos costos son menores, también se deben incluir en la evaluación.

Los objetivos de la valoración económica son:

- Analizar las medidas de adaptación provenientes de los Ejes anteriormente expuestos desde una perspectiva socioeconómica, a fin de elegir las opciones más apropiadas.
- Determinar las medidas apropiadas de uso de tecnología, construcción de infraestructura, y otras que requieran inversiones grandes.
- Determinar las medidas adaptación “blandas” en términos económicos.
- Buscar la mejor combinación de estos dos tipos de medidas para lograr resultados efectivos a nivel ambiental, social y económico.
- Realizar un análisis de costo-beneficio de las medidas para poder determinar la mejor opción para aplicarlas.
- Definir estrategias de intervención que combinen los distintos tipos de medidas.
- Realizar un trabajo conjunto con las poblaciones involucradas, para conocer sus percepciones y llegar a consensos.

Para la valoración de las medidas de adaptabilidad se deberán considerar las siguientes premisas:

- Las medidas de adaptación elegidas deben ser:
  - analizadas bajo criterios de costo efectividad.
  - consistentes con los resultados recogidos en las consultas a las poblaciones locales.
- Las medidas de adaptación requieren, además, un adecuado grado de desarrollo de las instituciones involucradas, que deben demostrar compromiso y voluntad política para implementarlas.

Las medidas de adaptación valoradas económicamente consideran:

- Los impactos climáticos en las actividades económicas (agricultura, pesca), en el comportamiento humano (salud, consumo), en las condiciones ambientales (disponibilidad de agua, estado del bosque) y en el capital físico (infraestructura), se deben traducir en costos, incluyendo los costos de los eventos extremos.

Estos costos deben calcularse para obtener un dato cuantitativo del impacto del cambio climático en la economía que es objeto de análisis.

- Se debe realizar un análisis económico de las medidas de adaptación, especialmente de las medidas “duras”, para determinar si son la mejor opción en términos económicos, sociales y ambientales. Hay que aplicarles el VAN, el TIR y análisis C/B. Se debe calcular los costos de ejecución de obras, de supervisión, de indemnizaciones, de las medidas de acompañamiento y de mitigación ambiental. También se debe estimar (si no es posible cuantificar con precisión) los beneficios económicos. Se debe señalar el VAN social y C/B socioeconómico.
- Considerando al recurso hídrico como una función ambiental, se realiza la valoración económica del mismo mediante el método de valoración contingente, que se basa en las preferencias declaradas de las personas que se entrevistan a través de encuestas. Las estimaciones de valor económico obtenido por este método son “contingentes” porque los valores estimados se derivan de una situación hipotética que se presenta a los entrevistados.

Se pregunta a los consumidores potenciales de servicios ambientales por la cantidad máxima de dinero que estarían dispuestos a pagar por un servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, como hacen con los demás bienes que adquieren en el mercado. De ahí se deduce el valor económico de la función ambiental, en este caso el recurso hídrico.

Dicho valor es la base para la tarifa hídrica que se podría cobrar al usuario del recurso, una tarifa que no sólo refleja el uso económico del agua potable sino además los servicios ambientales que la producen. De este modo, la tarifa incluye el valor del agua en su sentido más amplio.

También se puede consultar otros métodos de valoración en:

<http://economia.uniandes.edu.co/publicaciones/dcede2009-23.pdf> [3.2.5.1]

[http://www.inia.es/gcontrec/pub/054-066-Esquemas\\_1208775450468.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/054-066-Esquemas_1208775450468.pdf) [3.2.5.2]

<http://publicaciones.caf.com/media/1268/91.pdf> [3.2.5.3]



*Zona altiplánica*

## 4. FASE IV. PLAN DE MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA



## 4. FASE IV

# PLAN DE MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA

### OBJETIVO:

- Plantear un plan de manejo integral de la cuenca, que permita garantizar: la disponibilidad de agua, al presente y futuro, y su aprovechamiento sostenible tanto para uso humano como para la conservación de ecosistemas
- Estructurar un sistema de gestión integral de la cuenca

### ACTIVIDADES:

- Plan de manejo de la cuenca:
  - Conceptualización del plan de manejo
  - Recopilación de información básica
  - Identificación de las potencialidades de la cuenca
  - Identificación de los efectos del cambio climático y sus medidas de adaptabilidad
  - Estructuración de los programas que conformarán el plan de manejo
  - Análisis económico (estimación de costos, priorización de intervenciones)
- Estructuración de la gestión integral de la cuenca:
  - Identificación de actores
  - Estrategias de gestión
- Conclusiones

### HERRAMIENTAS:

Información: Diagnóstico hidrológico, diagnóstico ambiental, análisis de los efectos del cambio climático sobre los factores ambientales, conocimiento de medidas de adaptabilidad, participación de los actores

### RESULTADOS:

Un plan de manejo integral de la cuenca, que incorpora como parte de sus programas, medidas de adaptación al cambio climático, que permiten garantizar la disponibilidad de agua, la sostenibilidad de las actividades económicas humanas y la preservación de los ecosistemas

Un sistema de gestión integral de la cuenca, que con la participación de los principales actores hace factible la ejecución del plan

Los objetivos de esta Fase son:

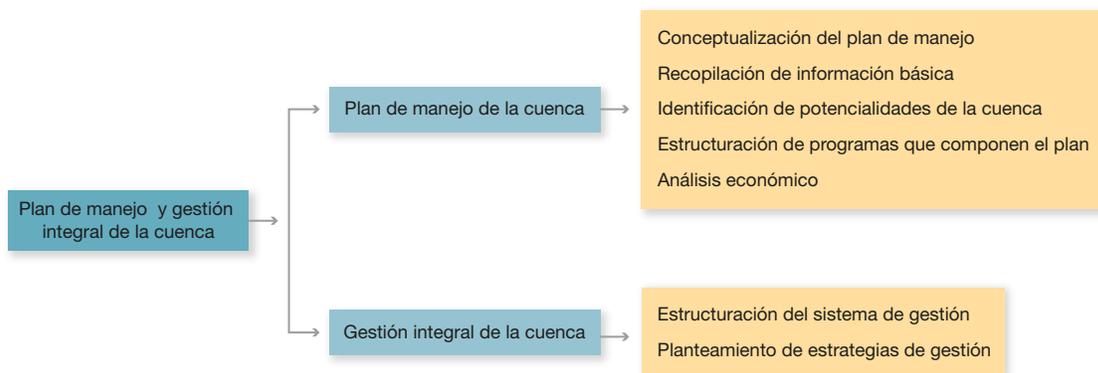
- Plantear directrices tendentes a aprovechar, proteger y conservar los recursos hídricos de la cuenca, a través de un plan de manejo integral, a fin de obtener un aprovechamiento óptimo y sostenible de este recurso, y de otros, para beneficio de los pobladores de la cuenca y áreas adyacentes.
- Proporcionar lineamientos para la estructuración de un sistema de manejo integral de la cuenca, que la hagan más sencilla.

El plan de manejo de la cuenca se desarrolla considerando como eje central “el agua”. Sin embargo, tiene un enfoque integral, es decir, incorpora aspectos físicos, bióticos, socioeconómicos y socioculturales. El componente social que acompaña esta Fase se denomina “Acuerdos y responsabilidades”, y se desarrolla según las siguientes premisas:

### ACUERDOS Y RESPONSABILIDADES

Todo el proceso debe comprender la realización de acuerdos y responsabilidades claramente plasmadas y definidas en el Plan de Manejo Integral de la Cuenca. La gestión de la cuenca está determinada --delimitada en cuanto a sus alcances—por la generación de compromisos y participación del universo interinstitucional previamente identificado, o los actores del proceso.

### ACTIVIDADES DE LA FASE IV



## 4.1. PLAN DE MANEJO

### Primer paso. Conceptualización del plan de manejo

El primer paso para la elaboración del plan de manejo integral de la cuenca consiste en la definición de conceptos básicos que permitan determinar los objetivos, las metas, las políticas y las líneas de acción o estrategias.



La conceptualización del plan, explicada por los consultores, debe ser hecha con la participación de los actores locales y externos de la cuenca.

#### *Segundo paso. Recopilación de información básica*

Para estructurar el plan de manejo de la cuenca se considera como información básica:

- Los resultados del estudio hidrológico que establece la disponibilidad de agua considerando los efectos del cambio climático.
- Los resultados del diagnóstico ambiental (medios físico, biótico y humano, análisis de riesgos hidrometeorológicos), del análisis jurídico legal e institucional, y el mapa de actores.
- Los impactos que genera el cambio climático sobre los medios físico, biótico y humano.
- Las posibilidades de aprovechamiento del recurso como parte de un sistema de gestión integral de los recursos hídricos.
- Las medidas de adaptación previstas y sus costos.

#### *Tercer paso. Identificación de las potencialidades de la cuenca*

En base al diagnóstico ambiental y principalmente al diagnóstico socioeconómico, se deberá identificar y mapear las potencialidades de la cuenca (adicionales a las del agua), por ejemplo: zonas de potencial agrícola, minero, turístico, ganadero, etc.

Las potencialidades pueden referirse al aprovechamiento futuro o al potenciamiento de las actividades actuales, a fin de permitir, por ejemplo, la seguridad alimentaria de las comunidades.

Se recomienda mapear las potencialidades de la cuenca, para apreciar gráficamente su ubicación.

#### *Cuarto paso. Identificación de los efectos del cambio climático y planteamiento de medidas de adaptación*

Se deberá sistematizar:

- Las necesidades más sentidas de los pobladores, considerando, de forma particular, las relacionadas con los efectos del cambio climático que podrían alterar sus actividades económicas.

- Las necesidades de intervención para la conservación de los ecosistemas sensibles, ya sea por efectos del cambio climático o por intervenciones antrópicas.
- Las necesidades de intervención en el medio físico para la preservación de la fuente del recurso hídrico.

Todos los aspectos citados deberían estar identificados como impactos del cambio climático sobre los factores ambientales, para cada uno de los cuales se debe asignar una medida de adaptación, la cual debe ser compatible con las potencialidades de la cuenca.

Se recomienda sistematizar los impactos y medidas de adaptación en una matriz similar a la que se expone a continuación, considerando los factores pertinentes en cada caso:

Área de análisis	Problemática	Impactos sobre los medios:				Medidas de adaptación a los impactos			
		Físico	Biótico	Socioeconómico	Sociocultural	Físicos	Bióticos	Socioeconómicos	Socioculturales
Glaciares y recursos hídricos									
Flora									
Fauna									
Agricultura									
Ganadería									
Pesca									
Turismo									
Comercio									
Energía									
Minería									
Salud									
Amenazas climáticas									

*Quinto paso. Estructuración de programas que compongan el plan de manejo*

Las medidas de adaptación planteadas se estructurarán a manera de “programas”, cada uno de ellos con el siguiente contenido recomendado:

- Análisis del problema.
- Justificación.
- Objetivo.

- Líneas de acción.
- Actividades propuestas.
- Cronograma.

*Sexto paso. Análisis económico*

El análisis económico incluye el análisis de costos y la priorización de ejecución de los programas que conforman el plan:

- **Estimación de costos:** Una vez definidos los programas que formarán parte del plan, se procederá a la estimación de los costos de cada programa.
- **Priorización de programas:** El objetivo de la priorización es coadyuvar a la asignación adecuada de recursos escasos entre diversos fines alternativos (que no necesariamente tienen la misma prioridad o necesidad); en resumen, colaborar a una distribución equitativa que responda la combinación de la visión técnica, la económica y la social. La aplicación de la metodología de priorización de programas permite la identificación de los componentes programáticos más importantes por parte de los profesionales involucrados, las autoridades, y la población directamente beneficiada. Se busca generar un listado ordenado por calificaciones, donde el programa que obtenga una calificación mayor sea el más prioritario.

En el Anexo 7 se presenta el desarrollo completo de esta metodología, mientras que un resumen de ella se presenta en las siguientes líneas.

La metodología se desarrolla en cinco fases:

- *Fase 1. Identificación:* La identificación de los programas y proyectos que se encuentran dentro del Plan de Manejo de la Cuenca.
- *Fase 2. Conformación de grupos:* Consiste en la conformación de grupos de trabajo que van a liderar la priorización de los programas. La identificación de los grupos de trabajo se fundamenta en cuatro conceptos: Grupos de expertos, reducción de la dispersión, alta representatividad, liderazgo. Con los grupos de trabajo se elaboran documentos de alcance y metodología de trabajo, se definen calendarios y cronogramas.
- *Fase 3. Determinación de los criterios de priorización:* En esta fase el grupo de trabajo determina criterios de priorización, mediante la identificación de áreas de interés, lluvia de ideas, mejores ideas y encuestas. Posteriormente se analizan los criterios de priorización y se determina su grado de importancia. En las siguientes tablas se citan como ejemplo los criterios de priorización empleados en el estudio Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión, considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis. La Paz, Bolivia (CAF, 2010).

TABLA 11. IDENTIFICACIÓN DE CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

PONDERADOR 1: Criterio técnico 1 (Pertinencia técnica de su implementación)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
PONDERADOR 2: Criterio técnico 2 (Magnitud de la infraestructura necesaria para el aprovechamiento del agua)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 2	Mínima 10	Pequeña 7	Mediana 5	Grande 3	Muy Grande 1
PONDERADOR 3: Criterio técnico 2 (Ubicación del programa en un área de riesgo o generador de posible riesgo)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 3	Sin riesgo 10	Riesgo marginal 7	Riesgo medio 5	Riesgo alto 3	Riesgo muy alto 1
PONDERADOR 4: Criterio técnico económico (Orden de magnitud de las inversiones requeridas)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 4	Menos de Bs. 1,000,000 [Aprox \$us. 141.400] 10	Entre Bs. 1,000,000 [\$us. 141.400] y Bs. 2,000,000 [\$us. 282.800] 7	Entre Bs. 2,000,000 [\$us. 282.800] y Bs. 3,000,000 [\$us. 424.328] 5	Entre Bs. 3,000,000 \$us. 424.328] y Bs. 4,000,000 [\$us. 565,770] 3	Más de Bs. 4,000,000 [\$us. 565,770] 1
PONDERADOR 5: Criterio social (Impacto en el medio social)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 5	De impacto muy alto en el medio social 10	De impacto alto en el medio social 7	De impacto medio en el medio social 5	De impacto bajo en el medio social 3	De impacto mínimo en el medio social 1
PONDERADOR 6: Criterio demográfico (Número de familias servidas)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 6	Más de 500 familias 10	Entre 200 y 500 familias 7	Entre 100 y 200 familias 5	Entre 50 y 99 familias 3	Menos a 50 familias 1
PONDERADOR 7: Criterio medioambiental 1 (Impacto de la intervención sobre el medio ambiente)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 7	Sin impacto 10	Impacto bajo 7	Impacto medio 5	Impacto alto 3	Impacto muy alto 1
PONDERADOR 8: Criterio del las instituciones relacionadas					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 8	Intervención muy necesaria 10	Intervención necesaria 7	Es indiferente a la intervención 5	Es marginal la importancia de la Intervención 3	La intervención NO es necesaria 1
PONDERADOR 9: Criterio socioeconómico (Generación de beneficios adicionales para la población del area de influencia)					
	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
P 9	Grandes beneficios 10	Beneficios considerables 7	Beneficios medios 5	Beneficios marginales 3	Ningún beneficio 1

TABLA 12. IMPORTANCIA ASIGNADA A CADA PONDERADOR

Ponderador	Importancia asignada
P 1 (Pertinencia técnica de su implementación)	5
P 2 (Magnitud de la infraestructura necesaria)	5
P 3 (Ubicación del programa en un área de riesgo o generador de posible riesgo)	2
P 4 (Orden de magnitud de las inversiones requeridas)	3
P 5 [Impacto en el medio social)	5
P 6 (Número de familias servidas)	3
P 7 (Impacto de la intervención sobre el medio ambiente)	5
P 8 (Criterio institucional)	5
P 9 (Generación de beneficios adicionales para la población del área de influencia)	4

- *Fase 4. Ponderación de los criterios:* Los grupos de trabajo deben ordenar los criterios del más importante al menos importante, obteniendo una primera propuesta de criterios de priorización ponderada; luego se deben agrupar los criterios que sean similares para obtener un listado único de criterios.

TABLA 13. CALIFICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE PONDERACIÓN DE LOS PROGRAMAS

Item	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	DESCRIPCIÓN DE LA(S) INTERVENCIÓN(ES)	Cuenca	Pertinencia técnica de su implementación	Magnitud de la infraestructura necesaria	Ubicación del programa en un área de riesgo o generador de posible riesgo sea éste geomorfológico o climático	Orden de magnitud de las inversiones requeridas	Impacto en el medio social	Criterio demográfico (número de familias servidas)	Criterio medioambiental 1 (impacto de la intervención sobre el medio ambiente)	Criterio de las instituciones relacionadas
1	Programa 1: Aprovechamiento del recurso agua	Aprovechamiento del agua (presa, camino, red agua potable)	Kaluyo	10	5	10	1	5	10	5	10
2	Programa 2: Apoyo al desarrollo del turismo en la cuenca Kaluyo	Programa de turismo	Kaluyo	7	5	10	10	5	3	7	7
3	Programa 3: Apoyo a la extracción ambientalmente adecuada de áridos	Manejo de áridos	Kaluyo	7	7	5	10	5	5	5	7
4	Programa 4: Conservación de humedales	Conservación de bofedales altoandinos	Kaluyo	7	5	7	10	5	3	5	5
5	Programa 5: Apoyo a la actividad ganadera de camélidos sudamericanos	Programa de apoyo a la actividad ganadera camélida	Kaluyo	5	5	10	10	5	5	7	7
6	Programa 6: Apoyo a la actividad extractiva de turberas altoandinas	Aprovechamiento, rescate y restauración de áreas de explotación de turberas	Kaluyo	5	5	7	10	5	3	5	5
7	Programa 7: Apoyo a la pequeña minería	Reactivación minera	Kaluyo	5	5	5	7	5	5	5	5
8	Programa 8: Manejo y conservación de suelos	Manejo y conservación de suelos	Kaluyo	5	10	10	5	5	3	7	7
9	Programa 9: Apoyo al riego parcelario	Riego parcelario	Kaluyo	3	10	7	5	5	1	7	3

Fuente: Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión, considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis, La Paz, Bolivia. (CAF, 2010) [2.1.1-1]

- *Fase 5. Elaboración de la matriz de priorización:* Luego de obtener el listado oficial de criterios de evaluación de los programas, éstos se aplican y se obtiene de esta forma una calificación para el impacto y otra para la prelación o importancia asignada. El resultado es la priorización de programas, que permitirá elaborar un programa de inversiones.

TABLA 14. RESULTADOS DE LA PRIORIZACIÓN DE PROGRAMAS

Item	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	PRIORIZAR									Ponderación final	
		P1 (Pertinencia técnica de su implementación)	P2 (Magnitud de la infraestructura necesaria)	P3 (Ubicación del programa en un área de riesgo o generador de posible riesgo sea éste geomorfológico o climático)	P4 (Orden de magnitud de las inversiones requeridas)	P5 (Impacto en el medio social)	P6 (Número de familias servidas)	P7 (Impacto de la intervención sobre el medio ambiente)	P8 (Criterio Institucional)	P9 (Generación de beneficios adicionales para la población del área de influencia)		
1	Programa 1: Aprovechamiento del recurso agua	50	25	20	3	25	30	25	50	40	268.0	1
2	Programa 2: Apoyo al desarrollo del turismo en la cuenca Kaluyo	35	25	20	30	25	9	35	35	20	234.0	2
5	Programa 5: Apoyo a la actividad ganadera de camélidos sudamericanos	25	25	20	30	25	15	35	35	20	230.0	3
3	Programa 3: Apoyo a la extracción ambientalmente adecuada de áridos	35	35	10	30	25	15	25	35	20	230.0	
8	Programa 8: Manejo y conservación de suelos	25	50	20	9	25	9	35	35	12	220.0	
6	Programa 6: Apoyo a la actividad extractiva de turberas altoandinas	35	25	14	30	25	9	25	25	20	208.0	
4	Programa 4: Conservación de humedales	25	25	10	30	25	9	25	25	20	198.0	
7	Programa 7: Apoyo a la pequeña minería	5	25	10	21	25	15	25	25	20	191.0	
9	Programa 9: Apoyo al riego parcelario	15	50	14	9	25	3	35	15	12	178.0	

Fuente: Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión, considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis, La Paz, Bolivia (CAF, 2010) [2.1.1-1]

## 4.2. GESTIÓN INTEGRAL DE LA CUENCA

La gestión de una cuenca es la dirección ejecutiva de todo el proceso de programación, coordinación y organización de la población, movilización laboral, legislación, administración y ejecución por parte de los diferentes actores sociales que operan con los recursos naturales de la cuenca (Absalón Vásquez Villanueva, 2000) [4.3-1].

La gestión de cuencas engloba todas las medidas que realizan los grupos humanos que se organizan para acordar y concertar un plan de manejo de los recursos que poseen, a fin de lograr su desarrollo sustentable.

En general, para la gestión de la cuenca se requieren los siguientes componentes:

- Equipo técnico coordinador de trabajo: el equipo multidisciplinario que desarrolla el plan de manejo de la cuenca en forma conjunta con los actores de la cuenca.

- Los actores de la cuenca, definidos a través de mapa de actores, establecido como parte del diagnóstico.
- Legislación específica para la instalación de la autoridad de cuencas como cabeza del sistema de gestión (Este elemento se encuentra detallado en el diagnóstico legal e institucional).
- Plan de manejo de la cuenca, que se compone de los programas diseñados por los actores de la cuenca y el equipo técnico del estudio.
- Presupuesto y administración. Tanto los programas propuestos en el plan de manejo como la gestión cotidiana de la cuenca deberán contar con recursos. Asimismo, la organización debe contar con un equipo administrativo.
- Instalación de la autoridad de cuencas, que debe ser representativa de todos los actores sociales de la cuenca, para coordinar los trabajos de ejecución del plan; es importante también que la autoridad designada tenga la capacidad de canalizar las demandas de cada actor, en cada programa o proyecto, y de resolver conflictos sobre el uso de recursos naturales, además de coordinar la ejecución de los programas con el equipo técnico multidisciplinario.
- Supervisión y seguimiento, que podrá ser realizada por una comisión nombrada por la autoridad de la cuenca; se recomienda que ésta sea conformada por el equipo técnico que desarrolló el plan de manejo.

La implementación de los planes de manejo integral de cuencas y la planificación de su gestión es más exitosa allí donde una estructura institucional apropiada es establecida, por ejemplo, las organizaciones de manejo de cuencas de ríos u organizaciones de drenaje de lagos (UNESCO 2009) [4.3-2].

De acuerdo a Dourojeanni et al. [4.3-3], la mayoría de los países de Latinoamérica buscan crear y operar organismos de cuenca para mejorar la gestión integral de los recursos hídricos. Existen varios países en la región que han implementado estructuras exitosas para el manejo integral de cuencas, tales como México y Colombia. Sin embargo, se requiere fortalecer la capacidad de gestión de las autoridades nacionales o centrales de aguas, mediante la creación de estructuras participativas y multisectoriales de coordinación y concertación. En suma, se debe dar un proceso de institucionalización para la gestión integral de los recursos hídricos en la región.

De acuerdo a la Global Water Partnership ([www.un.org/water](http://www.un.org/water) for life decade/iwrm.shtml), este tipo de gestión, es “el proceso que promueve el desarrollo y el manejo coordinado del agua, el suelo y los recursos relacionados, para maximizar el bienestar económico y social de una manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”.

A manera de ejemplo, véase el proceso planteado para la institucionalización de la cuenca Kaluyo, en La Paz, Bolivia [2.1.1-1].

---

## IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

---

### **Instituciones dedicadas a la regulación y control del uso de los recursos hídricos de la cuenca**

Descripción en orden de creación de las instituciones dedicadas a la regulación de la actividad, en el marco de la estructura organizativa del Estado (nacional/departamental/municipal)

### **Institución principal responsable del control del uso de los recursos hídricos**

De acuerdo a la Constitución Política del Estado, marco legal vigente, usos y costumbres según el país y estructura del estado (nacional/departamental/municipal/indígena), establecer cuáles son los principales actores encargados del control de los recursos hídricos y sus respectivas competencias.

### **Otras entidades territoriales con facultades sobre el control del uso de los recursos hídricos de la cuenca**

De acuerdo a la estructura del estado (nacional/departamental/municipal/indígena), establecer a los otros actores territoriales responsables.

### **Otras instituciones que realizan el uso de los recursos hídricos de la cuenca**

Identificar las instituciones representativas de los sectores involucrados con el manejo y gestión de los recursos hídricos de la cuenca (por ejemplo, electricidad, minería, riego, agua potable, etc.)

### **Procedimientos administrativos para el uso de los recursos hídricos de la cuenca**

Revisar las normas y procedimientos relacionados a licencias/autorizaciones/ registros conjuntos/planes de manejo, títulos de agua, concesiones de uso de los recursos hídricos, etc.)

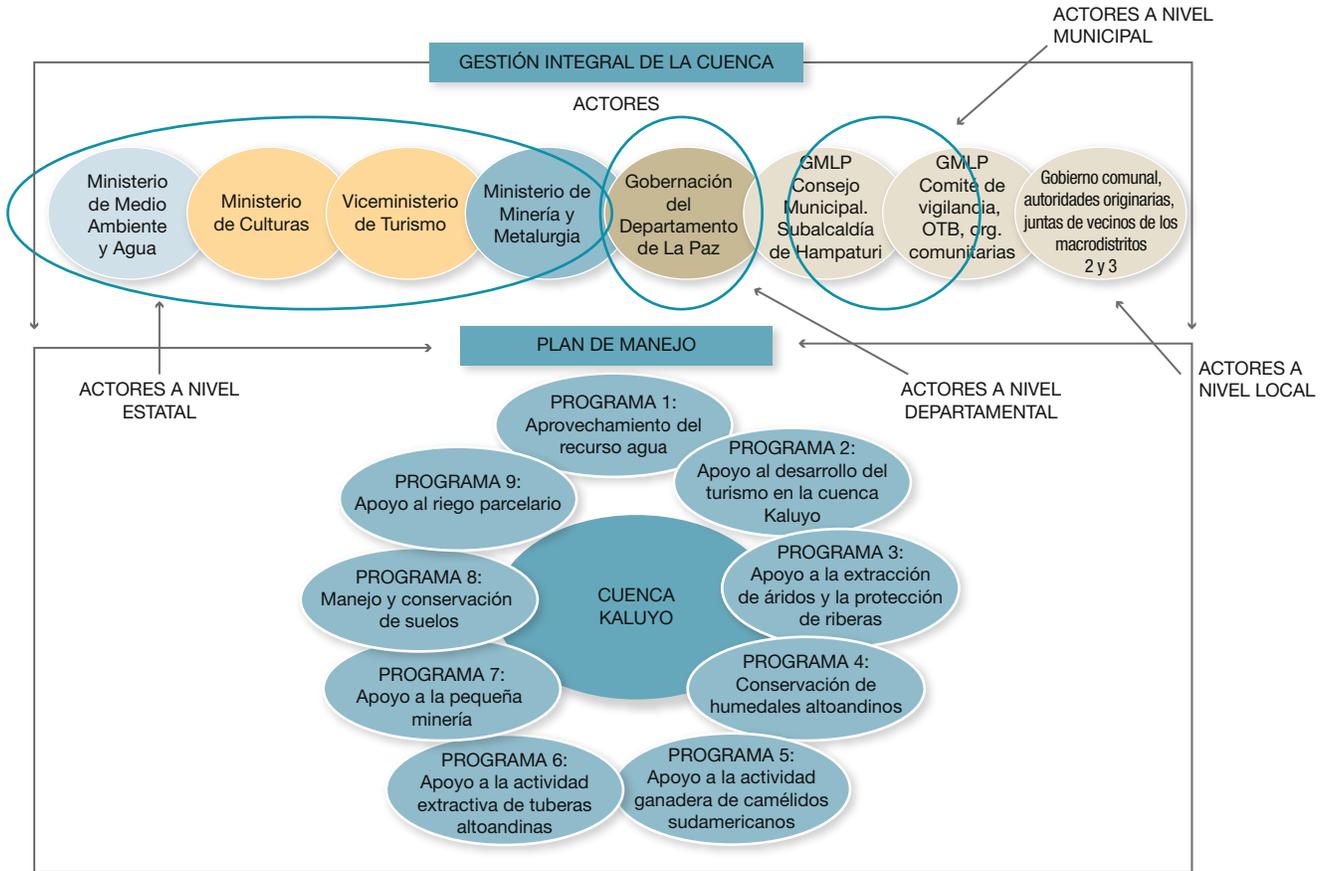
### **Fortalecimiento institucional**

Dourojeanni et al (2002) [4.3-3], señala que existen tres estructuras básicas que conforman las entidades de cuencas: a) una Estructura Directiva llamada comisión, comité de cuencas, consejo o agencia de cuencas b) Estructura Directiva que lleva a la práctica las decisiones del grupo directivo y que deberá estar conformada por personal altamente calificado y c) una Estructura Financiera que es la más difícil de implementar y de la cual existen pocos ejemplos.

---

Bajo el nuevo enfoque de GIRH, se de proponer la estructura y fortalecimiento institucional adecuado al desarrollo de los recursos hídricos de la cuenca.

Como ejemplo a continuación se muestra un diagrama con el esquema de gestión propuesto en el estudio “Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión, considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis La Paz, Bolivia” (CAF, 2010) [2.1.1-1].



Fuente: Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión, considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis, La Paz, Bolivia. (CAF, 2010) [2.1.1-1].

# GLOSARIO

## ÁREA: HIDROLOGÍA

Adaptación	Se llama adaptación a las actividades realizadas por una comunidad humana para mitigar los efectos del cambio climático en los ecosistemas, en primer lugar, y los efectos en los procesos productivos y en las formas tradicionales de convivencia, en segundo término.
Cambio climático	Se llama cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc. En teoría, son debidos tanto a causas naturales (Crowley y North, 1988) como antropogénicas (Oreskes, 2004). El término suele usarse de forma poco apropiada, para hacer referencia tan sólo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término cambio climático sólo para referirse al cambio por causas humanas: “Por ‘cambio climático’ se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables”. (Artículo 1, párrafo 2)
Coefficiente de escorrentía	Coefficiente que presenta una relación ideal (lineal) entre la precipitación y la escorrentía. En la práctica esta relación no es de tipo lineal, sin embargo este coeficiente es empleado como una relación de magnitud entre la tasa de conversión de la precipitación en escorrentía en una cuenca cualquiera.
El Niño o Southern Oscillation	Es un fenómeno climático global, erráticamente cíclico, que consiste en un cambio en los patrones de movimiento de las corrientes marinas en la zona intertropical que provoca una superposición de aguas cálidas procedentes de la zona del hemisferio norte inmediatamente al norte del ecuador, sobre las aguas de emersión muy frías que caracterizan la corriente de Humboldt o del Perú; esta situación provoca intensas lluvias a escala mundial, aunque afecta principalmente a América del Sur, tanto en las costas atlánticas como en las del Pacífico.
Evapotranspiración	Se define la evapotranspiración como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa, junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.
Gestión integral de recursos hídricos	Conjunto de postulados sobre el manejo del agua, a fin de lograr su planificación y uso óptimo.
Medio ambiente	Entorno que afecta a los seres vivos y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata solo del espacio en el que se desarrolla la vida, pues incluye a los seres vivos, así como a los objetos, el agua, el suelo, el aire y las relaciones entre ellos, tanto como elementos intangibles, por ejemplo la cultura. “Medio ambiente” también designa a la disciplina que estudia los aspectos antes referidos y los impactos que las actividades antrópicas tienen sobre la naturaleza.
Organización No Gubernamental	Una organización no gubernamental es una entidad de carácter público, con diferentes fines y objetivos humanitarios y sociales definidos por sus integrantes, creada independientemente de los gobiernos locales, regionales y nacionales, así también como de organismos internacionales. Adopta diferentes estatus jurídicos, tales como asociación, fundación, corporación y cooperativa, entre otros. Al conjunto de las ONG se le denomina de diferentes formas, tales como; “organizaciones de la sociedad civil”, “sector voluntario”, “sector no lucrativo”, “sector solidario”, “economía social”, “tercer sector” y “sector social”. La membresía es de voluntarios y trabajadores contratados. Pueden tener un bajo o alto grado de organización. El financiamiento de actividades proviene de diversas fuentes: personas particulares, Estados y otras administraciones públicas, organismos internacionales, empresas, otras ONG, etc.

Precipitación	En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no la neblina ni el rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico y se mide en mm.
Plan de Desarrollo Municipal	Instrumento empleado para la planificación estratégica de la región que es jurisdicción de un determinado municipio en Bolivia.
Probabilidad de excedencia, probabilidad de no excedencia	Probabilidades asociadas a un determinado evento (valores), las cuales se designan en función de un estudio estadístico de una muestra histórica. La posibilidad de ocurrencia o de no ocurrencia del mismo.
Plan Integral de Manejo de Cuencas	Instrumento de planificación del uso de los recursos (principalmente hídricos), de una cierta región delimitada por la unidad geográfica denominada cuenca (se delimita por las divisorias de aguas y un punto de control de escorrentía).
Plan de Ordenamiento Territorial	Instrumento de planificación que determina la planificación de la ocupación y del uso del territorio, en función de las actividades existentes en la región, la aptitud de sus suelos, la visión de la región y de la estrategia de desarrollo, que es concertada entre los habitantes de ésta y sus gobernantes. Este plan puede ser diseñado en los distintos niveles de organización del Estado.
Escorrentía (proviene de “caudal”)	Cantidad neta de agua escurrida a partir de la precipitación dentro de una cuenca o unidad de control. En hidrología, la escorrentía es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo. Según la teoría de Horton, se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad de infiltración del suelo. Esto sólo es aplicable en suelos de zonas áridas y de precipitaciones torrenciales. Esta deficiencia se corrige con la teoría de la saturación, aplicable a suelos de zonas de pluviosidad elevada y constante. Según dicha teoría, la escorrentía se formará cuando los compartimentos del suelo estén saturados de agua.
Temperatura	La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor. Sin embargo, su significado formal en termodinámica es más complejo. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.
Valores centro-reducidos	Normalización de un valor perteneciente a una muestra, realizada a partir del valor mismo y de la media y desviación standard de la población muestral.
Balance energético de superficie	Balance de energía que denota el valor neto de pérdida o ganancia de energía de una superficie cualquiera.
Interacción suelo, biósfera y atmósfera	Designación de un tipo de modelos que contemplan la interacción del suelo, la biosfera y la atmósfera, para la simulación de un parámetro cualquiera (en general este parámetro es la escorrentía).
Multivariate ENSO Index	Índice calculado entre las diferencias de presión de ciertas estaciones oceánicas, el cual se emplea para determinar si el año en análisis puede ser considerado como Niño, Niña, o no.
Pequeña era glacial	También conocida como “pequeña edad de hielo”, designa al último periodo, en el cual los glaciares llegaron a la extensión que tuvieron los últimos 500 años. Este fue un período frío que abarcó desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del XIX. Puso fin a una era extraordinariamente calurosa llamada “Óptimo climático medieval”. Hubo tres máximos: sobre 1650, alrededor de 1770 y hacia 1850. Inicialmente se pensó que era un fenómeno global, pero posteriormente esto fue desmentido. Bradley y Jones (1993), Hughes y Díaz (1994) y Crowley y Lowery (2000) describen la pequeña era glacial como una época donde el hemisferio norte tuvo un modesto enfriamiento de menos de 1°C.

## ÁREA: BIÓTICA

Abiótico	Se dice del medio en que no es posible la vida.
Agregado	Conjunto de partículas del suelo que se unen y se comportan mecánicamente como una unidad.
Arbustivo	Estrato intermedio que, en una comunidad de plantas, es alcanzado por plantas de tallo leñoso de menor tamaño que un árbol.
Biodegradación	Proceso de transformación y descomposición de sustancias orgánicas por parte de los seres vivos.
Biodiversidad	Variabilidad de organismos vivos, incluidos los ecosistemas terrestres, acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies (diversidad de especies) y de los ecosistemas (diversidad de ecosistemas) y de los procesos ecológicos.
Biomasa	La suma total de toda la materia viva por unidad de superficie, incluyendo las formas de alimento almacenado.
Biótico	Relativo a los seres vivos (biota).
Caducifolio	Característica de árboles y arbustos que poseen hojas que se desprenden al empezar la estación seca o fría del año.
Cárcava	Zanja profunda formada por erosión hídrica y por la cual fluye la escorrentía. Representa el estado más avanzado de degradación del suelo. También se denomina barranco o torrentera.
Cauce	Lecho o zona por la que corre un río o arroyo.
Cespitosa	Se refiere a especies de gramíneas, o gramínoideas perennes, que amacollan mucho, formando matas, o que, creciendo muy próximas, llegan a cubrir el terreno formando una cobertura densa.
Ciclo biogeoquímico	Circulación de los elementos o compuestos químicos a través del ambiente abiótico y los seres vivos.
Ciclo de nutrientes	Trayectoria que siguen los elementos a través del ecosistema, desde que se liberan de su fuente hasta que son asimilados por los organismos.
Clímax	Comunidad de organismos estable, capaz de auto perpetuarse bajo las condiciones ambientales que dominan en un área. Condición de máxima productividad del ecosistema. Comunidad que comprende el punto final de la sucesión.
Cobertura	Cantidad o porcentaje abarcado por la vegetación. Capa de cualquier material orgánico o inorgánico que cubre la superficie del suelo (rastros, mantillo).
Comunidad vegetal	Grupo más o menos complejo de plantas que ocupan una cierta área, independientemente del carácter, composición y estructura que presenten.
Cuenca hidrográfica	Porción de un territorio cuyas aguas vierten o contribuyen a abastecer a un único río o cuerpo de agua.
Cuerpo de agua	Acumulación de agua corriente o quieta, que en su conjunto forman la hidrosfera; pueden ser manantiales, lagunas, lagos, ríos, arroyos, reservas subterráneas, pantanos y cualquier otra acumulación de agua.
Deforestación	Despojo o destrucción temporal de la cobertura arbórea de un terreno por tala o quema.
Descomposición	Proceso llevado a cabo por organismos del suelo, fundamentalmente microscópicos, que desintegran la materia orgánica muerta
Desertificación	Degradación de tierra en áreas áridas, semiáridas y sub-húmedas secas, debido a varios factores, incluyendo variaciones climáticas y actividades humanas (erosión deforestación, sobrepastoreo, contaminación, etc.)
Drenaje	Proceso por el cual el agua es evacuada de una zona a través de vías naturales surgidas de la topografía del terreno (drenaje natural). Proceso de descarga de agua mediante canales superficiales o conductos subterráneos.

Ecosistema	Unidad básica de integración organismo-ambiente, que resulta de las relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de un área dada.
Ecotono	Zona de contacto o transición entre dos comunidades, unidades de vegetación o ecológicas estructuralmente diferentes.
Edáfico	Relativo o perteneciente al suelo.
Erosión	Conjunto de procesos físicos y químicos por los que los materiales y partículas del suelo se pierden del sistema, a partir de la desintegración gradual de su estructura. Se acentúa al exponer el suelo a la precipitación (erosión hídrica) y viento (eólica). Su magnitud depende de la topografía, el grado y longitud de las pendientes, las características físico-químicas del suelo, etc.
Escorrentía	Fenómeno causado por el flujo laminar o en algunos casos, turbulento, del agua de lluvia al escurrir por un terreno. La corriente originada bajo estas condiciones provee la fuerza necesaria para desprender y acarrear las partículas de suelo originando la erosión hídrica. Lámina de agua de lluvia escurrida y extendida uniformemente.
Especie endémica	Especie que ocurre únicamente en una región biogeográfica, es decir, que no se encuentra en ningún otro lugar.
Especie nativa	Vegetales, animales o microorganismos propios de una región o hábitat.
Estabilización biológica	Proceso biológico por el que las materias orgánicas fácilmente degradables (solubles o no) se transforman en materias inorgánicas o lentamente biodegradables. Puede producirse en circunstancias aerobias o anaerobias.
Estiaje	Caudal menor de una corriente de agua, normalmente se produce en época seca.
Estiércol	Mezcla de excrementos sólidos y líquidos del ganado, con diversos productos de origen vegetal que le sirven de cama y con otras materias orgánicas en putrefacción, para contribuir al abonado del suelo.
Fauna	Conjunto de los animales que viven en un país o región.
Fijación de nitrógeno	Proceso mediante el que determinadas bacterias transforman al nitrógeno de la atmósfera en amoníaco y lo transfieren a las raíces de las plantas.
Flora	Conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio determinado.
Geomorfología	Estudio de las formas superficiales o del relieve terrestre, describiéndolas (morfología), ordenándolas e investigando su origen y desarrollo (morfogénesis).
Hábitat	Lugar donde vive un organismo. Área de distribución de una especie, o bien conjunto de localidades que reúnen las condiciones apropiadas para la vida de una especie o comunidad animal o vegetal.
Heliófila	Especie vegetal adaptada a la vida a pleno sol.
Herbáceo	Estrato bajo que en una comunidad de plantas es alcanzado por las hierbas.
Horizonte	Cada uno de los niveles estratificados en que puede dividirse el perfil del suelo. Puede ser casi paralelo a la superficie, con características morfológicas relativamente uniformes.
Humus	Sustancia orgánica producida durante el proceso de descomposición de la materia orgánica y que proporciona al suelo una coloración oscura y le permite retener agua y nutrientes.
Impermeable	Material que no es capaz de permitir el paso de agua, o que lo permite con dificultad.
Infiltración	Entrada del agua al suelo en profundidad:
Lixiviación	Proceso de lavado y arrastre de elementos solubles desde los horizontes superiores hacia los inferiores del suelo.
Nicho ecológico	Hábitat óptimo, específico, de un entorno a la que se adapta un determinado organismo. Comprende todas las interacciones entre el medio vivo (biótico) y medio físico (abiótico).
Nivel freático	Nivel superior de la zona de saturación de la capa acuífera subterránea, puede variar estacionalmente a causa de las precipitaciones y la evaporación.

Nutriente	Sustancia o elemento que sirve de alimento a los organismos. Específicamente, son iones disueltos en el suelo que pueden ser absorbidos por las plantas.
Paisaje	Unidad fisiográfica básica en el estudio de la morfología de los ecosistemas, con elementos que dependen mutuamente y que generan un conjunto único e indisoluble en permanente evolución. Porción de espacio de la superficie terrestre aprehendida visualmente. En sentido más preciso, parte de la superficie terrestre que, en su imagen externa y en la acción conjunta de los fenómenos que lo constituyen, presenta caracteres homogéneos y una cierta unidad espacial básica.
Permeabilidad	Es la facilidad con que el agua y el aire se mueven dentro del suelo.
Porosidad	Cantidad relativa de espacios vacíos que presenta un volumen del suelo en función al tamaño de sus partículas o agregados que presenta.
Relicto	Se aplica, a las plantas que fueron dominantes en otra época, pero que ahora son escasas. Por extensión, la vegetación que queda o perdura de aquella primitiva de una región.
Requerimiento edáfico	Necesidad específica de un vegetal en cuanto a una característica determinada del suelo (humedad y/o nutrientes).
Sedimento	Partículas sólidas que se han desprendido de la superficie del suelo, se han transportado en un medio líquido y se han acumulado en un lugar concreto. Habiendo estado suspensas en líquido, se posan o asientan en función a su masa.
Simbiosis	Asociación cercana entre diferentes especies mediante la cual una o ambas se benefician de la asociación, o uno de los participantes es dañado. Comprende el mutualismo, el comensalismo y el parasitismo.
Sucesión	Cambio en la estructura de la comunidad de un ecosistema a lo largo del tiempo. Los cambios se dan mediante el reemplazo de especies de un orden ecológico cada vez mayor hasta que se logra una comunidad estable y autosostenida (clímax).
Suelo	Es el estrato más externo de la superficie terrestre. Constituye un cuerpo dinámico formado por minerales y partículas orgánicas. Se origina a partir de la acción conjunta del clima, el relieve y los organismos sobre el material parental o geológico a través del tiempo. Al ser el substrato para el desarrollo vegetal, constituye la base productiva del ecosistema.
Termorregulación	Mantenimiento o regulación de una temperatura particular.
Textura del suelo	Distribución por tamaño de las partículas del suelo.
Toxicidad	El carácter nocivo o venenoso de una sustancia. Grado de efecto tóxico de una sustancia para los organismos vivos.
Yema	Brote no desarrollado y protegido, formado por un conjunto de hojas inmaduras agrupadas en un tallo corto, para resistir las épocas desfavorables y luego reanudar el crecimiento vegetativo.

## ÁREA: SOCIOECONÓMICA

Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)	Es un método directo para identificar carencias críticas en una población y caracterizar la pobreza. Usualmente utiliza indicadores directamente relacionados con cuatro áreas de necesidades de las personas (vivienda, servicios sanitarios, educación básica e ingreso mínimo), disponibles en los censos de población y vivienda. Es un método muy utilizado en América Latina, a raíz de su recomendación y utilización por la CEPAL, a partir de la década del 80. Se distingue de otros indicadores relacionados con el nivel de vida de la población, como los índices de indigencia (pobreza extrema) y pobreza, en el hecho de que estos últimos miden el ingreso de una persona o una familia, y deducen del mismo su nivel de vida, por lo que se los denomina métodos indirectos.
Vulnerabilidad al cambio climático	Medida en que un sistema es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los eventos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, la magnitud y el índice de variación climática a que está expuesto un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación. La vulnerabilidad se refiere al riesgo de impacto negativo del cambio climático en la naturaleza y los seres humanos e incluye los fenómenos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar. Vulnerabilidad = f (variación climática, sensibilidad, capacidad de adaptación) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variación climática</li> <li>• Sensibilidad: grado en que un sistema resulta afectado negativa o positivamente por estímulos relativos al clima</li> <li>• Capacidad de adaptación: capacidad de un sistema para ajustarse a la variabilidad y cambio climático</li> </ul>
Medidas duras	Medidas de adaptación que consisten en grandes inversiones: por ejemplo, en represas, caminos, sistemas de irrigación, controles de inundaciones y otras grandes obras.
Medidas blandas	Medidas de adaptación referidas a temas de capacitación y mejoras en prácticas agrícolas, promoción y desarrollo de capacidades, desarrollo institucional, así como apoyo a experiencias exitosas de prácticas anteriores.
Mitigación	El propósito de la mitigación es la reducción de la vulnerabilidad, es decir, la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento.
Índice de desarrollo humano (IDH)	Es un indicador del desarrollo humano por país, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Se basa en un indicador social estadístico compuesto por tres parámetros: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida larga y saludable (medida según la esperanza de vida al nacer).</li> <li>• Educación (medida por la tasa de alfabetización de adultos y la tasa bruta combinada de matriculación en educación primaria, secundaria y superior, así como los años de duración de la educación obligatoria).</li> <li>• Nivel de vida digno (medido por el PIB per cápita PPA en dólares).</li> </ul>
Valoración económica de impactos	Expresa los impactos ambientales usando una unidad de medida única. Resuelve la necesidad de contar con estimaciones monetarias del valor de los recursos naturales (bienes, servicios e impactos ambientales), y de los beneficios o costos asociados a cambios en sus condiciones. Sirve para la adecuada evaluación de proyectos de inversión y las correspondientes evaluaciones de su impacto ambiental en proyectos que hacen uso intensivo de la base de recursos naturales o generan impactos ambientales importantes. Por otro lado, el uso inadecuado de los bienes y servicios ambientales, y su creciente degradación, es el resultado de la actividad de miles de individuos. Las inter-conexiones dentro de los ecosistemas (bosques, cuencas, estuarios, bahías, etc.) y las relaciones intersectoriales implican que estas acciones tienen importantes efectos colaterales agregados (externalidades) no comprendidos por los agentes emisores y tampoco considerados aún en el cálculo de los costos totales de producción e intercambio a nivel sectorial y nacional. También se requiere conocer los beneficios que la sociedad atribuye a mejorar la calidad ambiental y los costos que los distintos niveles de intervención en los bienes y servicios ambientales implican.

	<p>La necesidad de contar con valores monetarios de los recursos naturales y ambientales aparece en forma aún más directa en la determinación de indemnizaciones por perjuicios asociados a la contaminación sufrida por particulares o la comunidad o debido a la explotación o uso irracional de su base de recursos. Esta valoración económica permite así generar la información necesaria para una adecuada planificación y gestión, la debida contabilidad de los cambios en el valor de la base de recursos naturales y ambientales que se produce anualmente por la actividad productiva, el establecimiento de las normas, controles de regulación ambiental y planes de mitigación ambiental, consistentes con la sustentabilidad de los recursos naturales y sus ecosistemas.</p> <p>En síntesis, la valoración económica debe proveer la necesaria información que permita:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos de inversión.</li> <li>• Incorporar los cambios producidos en la base de recursos naturales y los impactos ambientales en la contabilidad nacional y el sistema de cuentas ambientales.</li> <li>• Conocer el valor de los bienes y servicios naturales nacionales para su apropiada administración y gestión.</li> <li>• Diseñar y planificar el desarrollo nacional en consistencia con un uso sustentable de los ecosistemas.</li> <li>• Proveer la información necesaria para mejorar el desempeño del mercado en la asignación de recursos y uso de los bienes y servicios ambientales.</li> </ul>
Precio sombra:	<p>Los bienes ambientales carecen de precio, puesto que no existe un mercado donde puedan ser intercambiados. No obstante, ello no quiere decir que carezcan de valor. Precio sombra es el precio de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta, incluyendo los costos sociales y los privados. Representa el costo de oportunidad de producir o consumir un bien o servicio.</p> <p>Un bien o servicio puede no tener un precio de mercado; sin embargo, siempre es posible asignarle un precio sombra, que permite hacer un análisis de costo-beneficio y cálculos de programación lineal.</p>
Servicio ambiental	Funciones ecológicas provistas por los ecosistemas naturales o artificiales que proporcionan beneficios a la sociedad o al mismo u a otro ecosistema.
Valoración contingente	Es un método basado en las preferencias declaradas. Obtiene expresiones de valor por parte de las personas entrevistadas por aumentos o disminución en la cantidad o calidad de un servicio ambiental. Se utiliza información de entrevistas realizadas a través de encuestas. Las estimaciones de valor económico obtenido por este método son “contingentes”, porque los valores estimados son derivados de una situación hipotética que es presentada por los investigadores a los entrevistados. Se trata de simular un mercado a través de encuestas a los consumidores potenciales de servicios ambientales. Se les pregunta por la cantidad máxima de dinero que estarían dispuestos a pagar por un servicio ambiental si tuvieran que comprarlo, como hacen con los demás bienes que adquieren en el mercado. De ahí se deduce el valor que para el consumidor medio (valor económico) tiene el servicio ambiental objeto de estudio (Riera, 1994).
Pago por Servicio Ambiental (PSA)	Son un tipo de instrumentos económicos diseñados para dar incentivos a los usuarios del suelo, de manera que continúen ofreciendo un servicio ambiental (ecológico) que beneficia a la sociedad como un todo. En algunos casos, los pagos buscan que los usuarios del suelo adopten prácticas de uso que garanticen la provisión de un servicio en particular (por ejemplo plantar árboles con fines de secuestro de carbono).
Disponibilidad a pagar (DAP)	Es la cantidad de dinero que está dispuesto a pagar un usuario o consumidor de determinado bien o servicio.
Análisis costo/beneficio	Cálculo de los beneficios de las acciones propuestas comparados con los costos totales que se incurrirán al llevar a cabo la inversión.

# BIBLIOGRAFÍA

---

## ÁREA: HIDROLOGÍA

---

[2.1.1-1] CAF Metodología para la gestión integral de cuencas aportantes de recursos hídricos, para la identificación de requerimientos de inversión considerando amenazas del cambio climático. Caso de análisis La Paz Bolivia. La Paz: Corporación Andina de Fomento, 2010.

[2.1.1-2] NOAA The NCEP/NCAR Reanalysis Project [Online]. 2014. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml>.

[2.1.1-3] NOAA NCEP/NCAR Reanalysis Project (CDAS) [Online]. 2014. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/reanalysis.html>.

[2.1.1-4] NCEP/NCAR NCEP/NCAR Global Reanalysis 8-day Forecast Products [Online]. 2014. <http://rda.ucar.edu/datasets/ds090.1/>.

[2.1.1 -5] WorldClim WorldClim. Global Climate Data, Free climate data for ecological modeling and GIS [Online]. 2014. <http://www.worldclim.org/>.

[2.1.1-6] MetOffice Climate Projections [Online]. 2014. <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/future/projections>.

[2.1.1-7] IRI International Research Institute for Climate and Society [Online]. 2014. <http://iri.columbia.edu/>.

[2.1.1-8] The Nature Conservancy Climate Wizard [Online]. 2014. <http://www.climatewizard.org/index.html>.

[2.1.1-9] Conservation Biology Institute Climate Center [Online]. 2014. <http://climate.databasin.org/>.

[2.1.1-10] NASA TRMM, Tropical Rainfall Measuring Mission [Online]. 2014. <http://trmm.gsfc.nasa.gov/>.

[2.1.1 -11] NASA GOES Global Hydrology and Climate Center [Online]. 2014. [http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes\\_es.html](http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes_es.html).

[2.1.1-12] SEI Water Evaluation and Planning [Online] / prod. Institute Stockholm Environment. 2014. <http://www.weap21.org/>.

[2.1.1-13] TAMU Soil & Water Assessment Tool [Online] / ed. Research Texas A&M AgriLife. 2014. <http://swat.tamu.edu/>.

[2.1.2-14] Gareaud Página personal profesor René D. Garreaud Salazar [Online] / ed. Universidad de Chile. 2014. <http://www.dgf.uchile.cl/rene/>.

- [2.1.2-15] Vuille Página personal profesor Mathias Vuille [Online] / ed. Department of Atmospheric and Environmental Sciences University at Albany, State University of New York. 2014. <http://www.atmos.albany.edu/facstaff/mathias/>.
- [2.1.2-16] IPCC, Data Distribution Centre [Online] / ed. Change Intergovernmental Panel on Climate. 2014. <http://www.ipcc-data.org/index.html>.
- [2.1.2-17] Olmos Carlos Réponse des Glaciers Boliviens à la Variabilité Climatique Récente et aux événements ENSO - Influence du Taux d'englacement et de l'orientation. Montpellier : Maison de Sciences de l'eau, 2005.
- [2.1.2-18] Jaffrain J. Les extrêmes de migration de la Zone de la Zone de Convergence Intertropicale en Amérique du Sud, Étude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations en Amérique du Sud tropicale sur les dernières decennies. [s.l.] : Université de Montpellier 2007.
- [2.1.2-19] Olmos Carlos Gestion des ressources hydriques des villes de La Paz et d'El Alto (Bolivie) : modélisation, apports glaciaires et analyse des variables / ed. Doctoral Tesis. Bruxelles : Université Libre de Bruxelles, 2011.
- [2.1.2-20] Mestre O. et al. A method for // Journal of Applied. Meteorology & Climatology. 2011.
- [2.1.2-21] Caussinus H & Mestre O Detection and correction of artificial shifts in climate series // Applied Statistiques. 2004.
- [2.1.2-22] NCAR RCPM: Regional Climate-Change Projections from Multi-Model Ensembles [Online]. Research National Center for Atmospheric. 2014. <http://rcpm.ucar.edu/>.
- [2.1.2-23] WRI CAIT 2.0, WRI's Climate Data Explorer [Online]. World Resources Institute, 2014. [http://cait2.wri.org/wri/Country%20GHG%20Emissions?indicator\[\]=Total%20GHG%20Emissions%20Excluding%20LUCF&indicator\[\]=Total%20GHG%20Emissions%20Including%20LUCF&year\[\]=2010&chart-Type=geo](http://cait2.wri.org/wri/Country%20GHG%20Emissions?indicator[]=Total%20GHG%20Emissions%20Excluding%20LUCF&indicator[]=Total%20GHG%20Emissions%20Including%20LUCF&year[]=2010&chart-Type=geo).
- [2.1.3-24] LGGE Service d'Observation: GLACIOCLIM, Les GLACIers, un Observatoire du CLIMat [Online]. Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'environnement LGGE Université Joseph Fourier. 2014. <http://www-lgge.obs.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/>.
- [2.1.3-25] GLORIA GLOBAL OBSERVATION RESEARCH INITIATIVE IN ALPINE ENVIRONMENTS [Online]. 2014. <http://www.gloria.ac.at/>.
- [2.1.3-26]Mattheus Ben. Java Climate Model [Online]. 2014. <http://www.chooseclimate.org/>.
- [2.1.3-27] MacAyeal D. EISMINT: Lessons in Ice-Sheet Modeling. Chicago: University Of Chicago, 1997.
- [2.1.3-28] PRAA-Olmos Diseño del programa de resiliencia al retroceso acelerado de los glaciares a través de la modelación de la gestión de los recursos hídricos de las ciudades de La Paz y El Alto. [s.l.] : Programa Nacional De Cambio Climático (PRAA), Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Comunidad Andina de Naciones (CAN), Banco Mundial (BM). 2012.

[2.1.3-29] PRAA-Olmos Modelación glaciár (inventario glaciár 3D, Cordillera Real, Zona de Estudio PNCambio climático-PRAA). La Paz : Programa Nacional De Cambio Climático (PRAA), Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Comunidad Andina de Naciones (CAN), Banco Mundial (BM), 2013.

[2.1.3-30] Consorcio PMM Plan Maestro Metropolitano de Agua Potable y Alcantarillado del Área Metropolitana de La Paz. La Paz: Consorcio Consultor: TYPESA, GITEC, Land & Water, Aguilar & Asociados. Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA), Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2013.

[2.1.3-31] Oerlemans Página personal Johannes Oerlemans [Online]. Universiteit Utrecht, 2014. <http://www.staff.science.uu.nl/~oerle102/>.

[2.1.3-32] Pattyn Página personal Frank Pattyn [Online]. Université Libre de Bruxelles (ULB), 2014. <http://homepages.ulb.ac.be/~fpattyn/>.

[2.1.3-33] Farinotti D. and M. Huss A. Bauder, M. Funk and M. Truffer A method to estimate the ice volume and ice-thickness distribution of alpine glaciers // Journal of Glaciology. 2009.

[2.1.4-34] Agua Sustentable Centro de Apoyo a la Gestión Sustentable del Agua y del Medio Ambiente. Documento bofedales [Online]. Bolivia: Agua Sustentable, 2014. [http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe\\_hidrogeologia\\_bofedal\\_Illimani.pdf](http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe_hidrogeologia_bofedal_Illimani.pdf).

[2.1.6-35] US ARMY CORP Hydrologic Engineering Center [Online]. US ARMY CORP, mayo 2014. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-geohms/>.

[2.1.6-36] National Research Council Canada National Research Council Canada [Online]. Gouvernement de Canada, 2014. [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/green\\_kenue\\_index.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/solutions/advisory/green_kenue_index.html).

[2.1.6-37] Clark Labs Geospatial software for monitoring and modeling the Earth system [Online]. 2014. <http://www.clarklabs.org/>.

[2.1.6-38] UAEM Centros de Recursos IDRISI [Online] // Interfaz hidrogeomática al modelo hidrológico (Idrisi-CEQUEAU). Universidad Autónoma del Estado de México. 2014.

[2.1.6-39] ESRI ARGIS [Online]. 2014. <https://www.arcgis.com/features/>.

[2.1.6-40] ESRI ARCGIS resources [Online] // Información General sobre el ArcHydro. ESRI, 2014. <http://resources.arcgis.com/es/communities/hydro/01vn000000s000000.htm>.

[2.1.6-41] AGWA The Automated Geospatial Watershed Assessment Tool [Online]. 2014. <http://www.tucson.ars.ag.gov/agwa/>.

[2.1.6-42] Gonzales Luis Jaldin Evaluación del impacto sobre el escurrimiento en la cuenca del río Pirai. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 1999.

[2.1.6-43] Tudela Orlando Nelson Evaluación del impacto sobre el escurrimiento en el río La Paz. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 1999.

## OTROS DOCUMENTOS DE INTERÉS QUE PUEDEN SER ENCONTRADOS EN LA WEB

(Ako Ako A. et al. 2009) Ako Ako A., G. Eneke, T. Eyong and G. Elambo (2009). “Water Resources Management and Integrated Water Resources Management (IWRM) in Cameroon.” *Water Resources Management* 24(5): 871-888, Journal Article.

(Ardoin S. 2004) Ardoin S. (2004). Variabilité Hydroclimatique et Impacts sur les Ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone Soudano – Sahélienne. Maison des sciences de l'eau, Thèse PhD, Université Montpellier II, Thesis.

(Ballong S. 2007) Ballong S. (2007). L'eau sera-t-elle potable pour tous ? *Le Monde Paris, Le Monde*, [http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu\\_document\\_id=755](http://www.pseau.org/outils/biblio/resume.php?docu_document_id=755) Newspaper Article.

(Benito G. et al. 2010) Benito G., R. Rohde, M. Seely, C. Külls, O. Dahan, Y. Enzel, S. Todd, B. Botero, E. Morin, T. Grodek and C. Roberts (2010). “Management of Alluvial Aquifers in Two Southern African Ephemeral Rivers: Implications for IWRM.” *Water Resources Management* 24(4): 641-667, Journal Article.

(Burton J. 2001) Burton J. (2001). *La gestion Intégrée des ressources en eau par bassin: 240*, ISBN 2-89481-010-5, Book.

(Caballero Y. 2001) Caballero Y. (2001). Modélisation des Écoulements d'origine Pluvio – Nivo – Glacière en Contexte de Haute Montagne Tropicale – Application à la haute vallée du Zongo (Bolivie) Maison des Sciences de l'eau, Montpellier. Montpellier, Thèse, Université Montpellier II, Thesis.

(Calizaya A. et al. 2010) Calizaya A., O. Meixner, L. Bengtsson and R. Berndtsson (2010) Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) for Integrated Water Resources Management (IWRM) in the Lake Poopo Basin, Bolivia. *Water Resources Management Ciencias Medioambientales y de la Tierra*, Electronic Article.

(Centro Agua 2008) Centro Agua. (2008). “Proyecto GIRH.” Centro Andino para la Gestión y el Uso del agua. Retrieved. Access in, from [www.centro-agua.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=36&Itemid=64](http://www.centro-agua.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=36&Itemid=64), Web Page.

(CGIAB 2002) CGIAB. (2002). “CGIAB.” Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia (CGIAB). Retrieved. Access in, from <http://aguabolivia.org/>, Web Page.

(CGIAB 2009) CGIAB. (2009). “Justicia Ambiental y Sustentabilidad Hídrica.” Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia (CGIAB). from <http://aguabolivia.org/>, Electronic Book.

(De Smedt B. & F. Pattyn 2003) De Smedt B. and F. Pattyn (2003). “Numerical modelling of historical front variation and dynamic response of Sofiyskiy glacier, Altai mountains, Russia.” *Annals of Glaciology* 37: 7, Journal Article.

(Delcourt C. et al. 2008) Delcourt C., F. Pattyn and M. Nolan (2008). “Modelling historical and recent mass loss of McCall Glacier, Alaska, USA.” *The Cryosphere* 2: 23-31, Journal Article.

(Ecosociosistemas 2004) Ecosociosistemas. (2004). "Bilan hydrique - Bilan hydrologique." Pierre Davoust Retrieved. Access in, 2008, from [http://www.ecosociosistemas.fr/bilan\\_hydrique\\_hydrologique.html](http://www.ecosociosistemas.fr/bilan_hydrique_hydrologique.html), Web Page.

(FAO 2007) FAO (2007). The State of Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)978-92-5-205750-5, Book.

(Farinotti D. et al. 2009) Farinotti D., M. Huss, A. Bauder, M. Funk and M. Truffer (2009). "A method to estimate the ice volume and ice-thickness distribution of alpine glaciers." *Journal of Glaciology* 55(191): 422-430, Journal Article.

(Francou B. & B. Pouyaud 2004) Francou B. and B. Pouyaud (2004). Métodos de Observación de Glaciares en los Andes Tropicales, Book.

(Francou B. et al. 2004) Francou B., M. Vuille, V. Favier and B. Cáceres (2004). "New evidence for an ENSO impact on low-latitude glaciers: Antizana 15, Andes of Ecuador, 0°28'S." *Journal of Geophysical Research* 109(D18106), Journal Article.

(Gellibert A. 2009) Gellibert A. (2009). Avenir des ressources en eau de la Cordillère Royale. Toulouse et La Paz, IRD-IHH-ENSEEIH, Unpublished Work.

(Gioda A. et al. 2004) Gioda A., J. Ronchail, Y. L'Hôte and B. Pouyaud (2004). Analyse et Variabilité temporelle d'une longue série de pluie des Andes en Relation avec l'Oscillation Australe (La Paz, 3658 m, 1891-2000). International Conference on Tropical Climatology, Meteorology and Hydrology : Climate-Related Risk Analysis and Sustainable Development in Tropical Areas, Bruxelles (BEL) ; Bruxelles : RMI ; ARSOM, , G. Demarée, M. De Dapper, J. Alexandre, Conference Proceedings.

(GWP 2007) GWP. (2007). "Toolbox for IWRM." Global Water Partnership (GWP). from [www.gwptoolbox.org/](http://www.gwptoolbox.org/), Electronic Book.

(GWP 2009) GWP (2009). Manuel de Gestion Intégrée des Ressources en Eau par Bassin, Global Water Partnership (GWP) et Réseau International des Organismes de Bassin: 112, 978-91-85321-73-5, Book.

(Huybrechts P. et al. 1989) Huybrechts P., P. de Nooze and H. Decler (1989). «Numerical Modelling of Glacier d'Argentièrre ans its Historioc front variations.» In Oerlemans, J ed. Glacier fluctuations and climatic change(-Dordrecht, Kluwer academic Publishers): 373-289, Journal Article.

(Huybrechts P. & T. Payne 1995) Huybrechts P. and T. Payne (1995). "The EISMINT benchmark for testing ice-sheet modelos." *Annals of Glaciology* 23: 1-12, Journal Article.

(IPCC 2007) IPCC (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Intergovernmental Panel Of Climate Change; (GIEC: Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) (IPCC), Book.

(IRC 2006) IRC (2006). La gestion intégrée des ressources en eau. Delft, Pays Bas, Centre International de l'Eau et de l'Assainissement (IRC). 9-F, Book.

(Jaffrain J. 2007) Jaffrain J. (2007). Les extrêmes de migration de la Zone de la Zone de Convergence Intertropicale en Amerique du Sud, Étude de la variabilité spatio-temporelle des précipitations en Amerique du Sud tropicale sur les dernières decennies, Ecole Nationale de la Météorologie Météo France - Meteo France - Université de Montpellier 2. 102, Report.

(Jaloobayev A. 2007) Jaloobayev A. (2007). IWRM Financial, Economic, and Legal aspects: The example of the "IWRM-FERGHANA" project. Implementing Integrated Water Resources Management in Central Asia, Springer Netherlands. 77: 45-53, 978-1-4020-5730-4 (Print) 978-1-4020-5732-8 (Online), Book Section.

(Jeffrey P. 2006) Jeffrey P. (2006). The human dimensions of IWRM: Interfaces between knowledges and Ambitions. 2006: 11-18, 978-1-4020-4683-4, Book.

(Jouravlev A. 2001) Jouravlev A., Ed. (2001). Administración del agua en América Latina y el Caribe en el umbral del siglo XXI. Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas, Edited Book.

(Kalnay E. et al. 1996) Kalnay E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, R. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. Mo, C. Ropelewski and J. Wang (1996). The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. Bulletin of the American Meteorological Society. AMS, AMS, Magazine Article.

(Kanaroglou N. 1999) Kanaroglou N. (1999). "Domestic Water Use in Rural Semiarid Africa: A Case Study of Katarko Village in Northeastern Nigeria " Human Ecology 27(4): 537-555, Journal Article.

(Kaser G. 2001) Kaser G. (2001). "Glacier-climate interaction at low latitudes." Journal of Glaciology 47(157): 195-204, Journal Article.

(Khattabi A. 2008) Khattabi A. (2008). The Proposal of IWRM in the Bouregreg Basin and How it Fits with the UNESCO/HELP Policy Program Integrated Water Management. S. Netherlands, Springer Netherlands. 80: 179-187, 978-1-4020-6550-7 (Print) 978-1-4020-6552-1 (Online), Book Section.

(Lasserre F. 2007) Lasserre F. (2007). Conflits hydrauliques et guerres de l'eau : un essai de modélisation. Revue internationale et stratégique, L'or blue nouvel enjeux politique. Dalloz/I, R, I and S. 66: 200, 9782247074105, Book Section.

(Le Meur E. et al. 2004) Le Meur E., O. Gagliardini, T. Zwinger and J. Ruokolainen (2004) Glacier flow modeling: a comparison of the Shallow Ice Approximation and the full-Stokes solution. Comptes Rendus Physique 5, 709-722 Electronic Article.

(Legrand C. 2008) Legrand C. (2008). «AGuAndes.» AguANDES Retrieved. Access in, 2009, from [www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/](http://www.mpl.ird.fr/divha/aguandes/) -- [www.g-eau.net/index.php?option=content&task=view&id=153&Itemid=140&limit=1&limitstart=0](http://www.g-eau.net/index.php?option=content&task=view&id=153&Itemid=140&limit=1&limitstart=0), Web Page.

(Leonardini G. 2010) Leonardini G. (2010). Análisis mensual de los balances de masa glaciológico e hidrológico del glaciar de Zongo (Bolivia). Facultad de Ciencias Puras y Naturales. La Paz, Memoire licence, Universidad Mayor de San Andrés. 144, Thesis.

(MacAyeal D.R. 1997) MacAyeal D.R. (1997). EISMINT: Lessons in Ice-Sheet Modeling. Chicago, Department of Geophysical Sciences, University Of Chicago. 429, Unpublished Work.

(Martinec - Rango & Roberts 2008) Martinec - Rango & Roberts (2008). SRP, Snowmelt Runoff Model, User's Manual, New Mexico University: 180, Book.

(Matz M. 2008) Matz M. (2008). Rethinking IWRM Under Cultural Considerations Water Politics and Development Cooperation. S. B. Heidelberg. 2: 176-201, 978-3-540-76706-0 (Print) 978-3-540-76707-7 (Online), Book Section.

(Mehtonen K. et al. 2008) Mehtonen K., M. Keskinen and O. Varis (2008). The Mekong: IWRM and Institutions Management of Transboundary Rivers and Lakes, Springer Berlin Heidelberg: 207-226, 978-3-540-74926-4 (Print) 978-3-540-74928-8 (Online), Book Section.

(Muhamedzhanov Sh. 2007) Muhamedzhanov Sh. (2007). Water productivity increase - The main goal of IWRM and ways to overcome poverty. Implementing Integrated Water Resources Management in Central Asia, Springer Netherlands. 77: 95-103, 978-1-4020-5730-4 (Print) 978-1-4020-5732-8 (Online), Book Section.

(Murad A. et al. 2006) Murad A., H. Al Nuaimi and M. Al Hammadi (2006). "Comprehensive Assessment of Water Resources in the United Arab Emirates (UAE)." *Water Resources Management* 21(9): 1449-1463, Journal Article.

(Noilhan J. & S. Planton 1989) Noilhan J. and S. Planton (1989). "A simple parametrization of Land Surface Processes for meteorological Models." *Monthly Weather Review* 117: 536-549, Journal Article.

(Oerlemans J. 2008) Oerlemans J. (2008). Minimal Glacier Models, Igitur, Utrecht Publishing & Archiving Services, Universiteitsbibliotheek Utrecht 978-90-6701-022-1, Book.

(Olmos C. 2005). Réponse des Glaciers Boliviens à la Variabilité Climatique Récente et aux événements ENSO - Influence du Taux d'englacement et de l'orientation. Maison de Sciences de l'eau, Montpellier. Montpellier, Memorie de DEA, Université Montpellier II, Thesis.

(Olmos C. 2001). Gestion des ressources hydriques des villes de La Paz et d'El Alto (Bolivie) : modélisation, apports glaciaires et analyse des variables. Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement (Glaciologie). Bruxelles, Thèse de doctorat - Tesis doctoral, Université Libre de Bruxelles, Thesis.

(ONEMA 2008) ONEMA. (2008). «Système d'information sur l'eau (SIE)» Office National de l'eau et des milieux aquatiques (ONEMA), Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM), France Le Nadar - Hall C - 5 square Felix Nadar - 94300 Vincennes. Retrieved. Access in, 2009, from [http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique158&id\\_article=434](http://www.eaufrance.fr/spip.php?rubrique158&id_article=434), Web Page.

(Oporto J. - LA RAZON 2010) Oporto J. - LA RAZON (2010). El deshielo de los glaciares, en cuenta regresiva e irremediable. LA RAZON. La Paz, Newspaper Article.

(OXFAM 2009) OXFAM (2009). Bolivia, Cambio climático, pobreza y adaptación, Book.

(Pattyn F. 2002) Pattyn F. (2002). "Transient glacier response with a higher-order numerical ice-flow model." *Journal of Glaciology* 48(160): 467-477, Journal Article.

(Pattyn F. 2003a) Pattyn F. (2003a). "A new three-dimensional higher-order thermomechanical ice sheet model: Basic sensitivity, ice stream development, and ice flow across subglacial lakes." *Journal of Geophysical Research* 108(B8), Journal Article.

(PHI 2006) PHI (2006). *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y el Caribe*. La Serena Chile, Programa Hidrológico Internacional, UNESCO (PHI): 58, Book.

(PNcambio climático-PRAA 2007) PNcambio climático-PRAA (2007). *Programa Regional Andino de Adaptación al Cambio Climático*. La Paz, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Programa Nacional de Cambio Climático (PNcambio climático), Programa Nacional de Cambio Climáticos Bolivia (PRAA). 67, Government Document.

(PNcambio climático 2007) PNcambio climático (2007). *Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en las Regiones del lago Titicaca y los Valles Cruceños de Bolivia*. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Programa Nacional de Cambio Climáticos, Bolivia (PNcambio climático). 138, Government Document.

(PNUD 2006) PNUD (2006). *Human Development Report 2006/2007*, United Nations Development Programme (PNUD), Book.

(PNUD 2007) PNUD (2007). *Human Development Report 2007/2008, Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*, United Nations Development Programme (PNUD). *Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*, Book.

(Pouget J. et al. 2008) Pouget J., R. Calvez, P. Le Goulven, P. Lloret and M. Villacis (2008) *Challenges of water resources planning in the Andes - The case of Quito in Ecuador*. AGU Andes, IRD, Electronic Article.

(Poupeau F. 2002) Poupeau F. (2002). *La guerre de l'eau*. Agone, 26/27, AGONE, BP 2326, F-13213 Marseille cedex 02. 133-140, Magazine Article.

(Poupeau F. 2009) Poupeau F. (2009). *De la Migración Rural a la Movilidad Intraurbana*. Propuesta de Artículo (In revision), Magazine Article.

(Pouyaud B. et al. 2007) Pouyaud B., E. Cadier, R. Gallaire, M. Zapata, E. Ayabaca, C. Olmos, J. Gómez, W. Suárez, M. Villacis, L. Maisincho, P. Ribstein and A. Coudrain (2007). *The impact of glacier retreat on water resources*. In: *Is it the end of snowy heights? Glaciers and climate change in the Andean community*, The General Secretariat of the Andean Community, the French Institute of Research for Development, the United Nations Environmental Programme (UNEP) and the Spanish International Cooperation Agency., Conference Proceedings.

(Pouyaud B. et al. 2005) Pouyaud B., M. Zapata, J. Yerrén, J. Gomez, G. Rosas, W. Suarez and P. Ribstein (2005). «Avenir des ressources en eau glaciaire de la Cordillère Blanche.» *Journal des sciences hydrologiques* 50(6): 24, Journal Article.

(Rabatel A. 2005) Rabatel A. (2005). Chronologie et interpretation paleoclimatique des fluctuations des glaciers dans les Andes de Bolivie (16°S) depuis le maximum du petit age glaciaire (17 eme siecle). Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'environnement UMR5183. Grenoble, Doctorat, l'Université Joseph Fourier – Grenoble I. 196, Thesis.

(Ramírez E. 2003) Ramírez E. (2003). Interpretación de la variabilidad climática registrada en las carottas de hielo a partir de los isótopos estables de agua: el caso de las Andes tropicales. París, Doctorado, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI). 163+62, Thesis.

(Ramírez E. et al. 2001) Ramírez E., P. Francou, P. Ribstein, M. Desclotres, R. Guerin, J. Mendoza, R. Gallaire, B. Pouyaud, E. Jordan and (2001). "Small glaciers disappearing in the tropical Andes: a case-study in Bolivia: Glacier Chacaltaya (16°)." *Journal of Glaciology* 47(157): 187-194, Journal Article.

(Ramírez E. & C. Olmos 2007) Ramírez E. and C. Olmos (2007). Deshielo de la Cuenca del Tuni Condoriri y su Impacto sobre los Recursos Hídricos de las Ciudades de La Paz y El Alto. La Paz y El Alto, IHH, UMSA - IRD - ULB - IAI (Proyecto auspiciado por: Embajada de los Países Bajos en Bolivia - PNCambio climático): 120+70, Book.

(Ribstein P. 2003) Ribstein P. (2003). Climat et Glaciers des Andes Tropicales, Impacts Hydrologiques, (Habilitation à diriger des recherches), Institut de Recherche pour le développement, IRD, Report.

(Ribstein P. et al. 1999) Ribstein P., B. Pouyaud, J. E. Sicart, P. Wagnon, E. Ramirez, B. Francou and (1999). Variabilidad climática y funcionamiento hidrológico de un glaciar tropical. XXII Asamblea General de l'Union Gédésique et Géophysique Internationale,, Birmingham - UK,, Conference Proceedings.

(Rigaudière P. et al. 1995) Rigaudière P., P. Ribstein, B. Francou, B. Pouyaud and R. Saravia (1995). Un modèle hydrologique du glaciar del Zongo, ORSTOM., Unpublished Work.

(RIOcambio climático 2008) RIOcambio climático. (2008). "Impactos y Vulnerabilidad." Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOcambio climático). Retrieved. Access in, 2008, from [www.lariocc.net/riocc\\_principal/es/cc\\_iberamerica/impactos\\_vulnerabilidad.htm](http://www.lariocc.net/riocc_principal/es/cc_iberamerica/impactos_vulnerabilidad.htm), Web Page.

(Rivera & Añez 2009) Rivera & Añez (2009). Diseño Final Represa Hampaturi AltoLa Paz, Estudio Social (R. Añez), Estudio Hidrológico (Olmos C.), FPS-EPSAS. 325, Report.

(Schäfer M. 2007) Schäfer M. (2007). Modélisation de l'écoulement des glaciers tempérés Laboratoire de Glaciologie et Geophysique de l'environnement. Grenoble, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier (Grenoble 1). 384, Thesis.

(Schuler T. 1997) Schuler T. (1997). Hydrology of a tropical glacier: case study of Zongo Glacier, Cordillera Real, Bolivia., Institute for Hydrology. Freiburg, University of Freiburg, Germany: . 48, Unpublished Work.

(SENAMHI-PNCambio climático 2008) SENAMHI-PNCambio climático. (2008). "Escenarios Climáticos Bolivia." Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCambio climático). from [www.minagua.gov.bo/pncc/index.htm](http://www.minagua.gov.bo/pncc/index.htm), Electronic Book.

(Shahin M. 2007) Shahin M. (2007). Water Storage. Water Resources and Hydrometeorology of the Arab Region. S. Netherlands. 59: 489-517, 978-1-4020-4577-6 (Print) 978-1-4020-5414-3 (Online), Book Section.

(Sicart J.-E. 2002) Sicart J.-E. (2002). Contribution a l'étude des flux d'énergie, du bilan de masse et du débit de fonte d'un glacier tropical: Le zongo, Bolivie. Géosciences et Ressources Naturelles. Paris, Doctorat, Université Paris VI - Pierre et Marie Curie, Thesis.

(Simalabwi A. 2007) Simalabwi A. (2007). National Perspectives on Water Governance: Lessons from the IWRM Planning Process in Malawi and Zambia. Governance as a Dialogue: Government-Society-Science in Transition, Springer Berlin Heidelberg: 39-57, 978-3-540-46265-1 (Print) 978-3-540-46266-8 (Online), Book Section.

(Soruco A. 2008) Soruco A. (2008). Etude du retrait des glaciers depuis cinquante ans dans les bassins hydrologiques alimentant en eau la ville de La Paz - Bolivie (16°S). Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'environnement. Grenoble, Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier (Grenoble 1). 235, Thesis.

(Soruco A. et al. 2009) Soruco A., C. Vincent, B. Francou, P. Ribstein, T. Berger, J.-E. Sicart, P. Wagnon, Y. Arnaud, V. Favier and Y. Lejeune (2009). "Mass balance of Glaciar Zongo, Bolivia, between 1956 and 2006, using glaciological, hydrological and geodetic methods " Annals of Glaciology 50(50): 1-8, Journal Article.

(Suarez W. et al. 2008) Suarez W., P. Chevallier, B. Pouyaud, P. Lopez and (2008). "Modelling the water balance in the glacierized Parón Lake basin (White Cordillera, Peru)." Hydrological sciences journal 53(1): 266-277, Journal Article.

(Thompson & Turk 1995) Thompson & Turk (1995). Earth Sciences and the Environment, Saunders College: 622, 0-03-005219, Book.

(Turton A. et al. 2007) Turton A., H. Hattingh, G. Maree, D. Roux, M. Claassen and W. Strydom (2007). Towards a Model for Ecosystem Governance: An Integrated Water Resource Management Example. Governance as a Dialogue: Government-Society-Science in Transition. S. B. Heidelberg: 1-28, 978-3-540-46265-1 (Print) 978-3-540-46266-8 (Online), Book Section.

(UNESCO 2006) UNESCO (2006). 2do Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. El Agua, una responsabilidad compartida, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Report.

(UNESCO 2009) UNESCO. (2009). "World Water Assessment Program." United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Retrieved. Access in, from <http://www.unesco.org/water/wwap/>, Web Page.

(UNESCO 2009b) UNESCO (2009b). 3er Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Water in a Changing World, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Report.

(UNESCO/ROSTLAC 1982-2006) UNESCO/ROSTLAC (1982-2006). Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Book.

(van der Keur P. et al. 2008) van der Keur P., H. J. Henriksen, J. C. Refsgaard, M. Brugnach, C. Pahl-Wostl, H. Dewulf and A. Buiteveld (2008). "Identification of Major Sources of Uncertainty in Current IWRM Practice. Illustrated for the Rhine Basin " *Water Resources Management* 22(11): 1677-1708, Journal Article.

(Villón M. 2002) Villón M. (2002). Hidrología. Lima - Perú, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Book.

(Vimeux F. et al. 2005) Vimeux F., R. Gallaire, S. Bony, G. Hoffmann and J. C. Chiang (2005). "What are the climate controls on delta D in precipitation in the Zongo Valley (Bolivia)? Implications for the Illimani ice core interpretation." *Earth and Planetary Science Letters* 2(240): 205-220, Journal Article.

(Vuille M. 1999) Vuille M. (1999). "Atmospheric circulation over the bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the Southern Oscillation." *Journal of Climatology* 19: 1579-1600, Journal Article.

(Vuille M. et al. 1999) Vuille M., R. Bradley and F. Keimig (1999). "Climate Variability in the Andes of Ecuador and its relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies." *Journal of Climate*: 1-12, Journal Article.

(Vuille M. et al. 2000) Vuille M., R. Bradley and F. Keimig (2000). "Climate Variability in the Andes of Ecuador and Its Relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies." *Journal of Climate* 13: 2520-2535, Journal Article.

(Vuille M. et al. 2003) Vuille M., R. Bradley, M. Werner and F. Keimig (2003). "20th Century Climate Change in the Tropical Andes: Observations and Model Results " *Climatic Change* 59(1-2): 75-99, Journal Article.

(Vuille M. & F. Keimig 2004) Vuille M. and F. Keimig (2004). "Interannual Variability of Summertime Convective Cloudiness and Precipitation in the Central Andes Derived from IScambio climáticoP-B3 Data." *Journal of Climate* 17: 3334-3348, Journal Article.

(Wagnon P. et al. 2001) Wagnon P., P. Ribstein, B. Francou and J. E. Sicart (2001). "Anomalous heat and mass budget of Glacier Zongo, Bolivie during the 1997/98 El Niño year." *Journal of Glaciology* 47(156): 21-28, Journal Article.

(WBGU 2007) WBGU (2007). Climate Change as a Security Risk. London, Berlin, German Advisory Council on Global Change (WBGU)978-1-84407-536-2, Book.

(WGMS 2009) WGMS (2009). Glacier Mass Balance Bulletin No. 10 (2006-2007). W. Haeberli, I. Gärtner-Roer, M. Hoelzle et al. Zurich, World Glacier Monitoring Service (WGMS). 96 pp, Report.

## ENLACES DE INTERÉS EN HIDROLOGÍA:

### Datos de Proyecciones Modelos Climático Comparados

<http://rcpm.ucar.edu/>  
<http://www.wri.org/tools/cait/>

### Datos e Imágenes satelitales de precipitación y meteorológicas

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml>  
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/reanalysis.html>  
<http://rda.ucar.edu/datasets/ds090.1/>  
<http://www.worldclim.org/>  
<http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/future/projections>  
<http://portal.iri.columbia.edu/portal/server.pt?open=512&objID=697&PageID=7264&mode=2>  
<http://www.climatewizard.org/index.html>  
<http://climate.databasin.org/>  
<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>  
[http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes\\_es.html](http://weather.msfc.nasa.gov/GOES/goes_es.html)

### Modelos interactivos de predicción de Cambio Climático

<http://www.chooseclimate.org/>  
<http://jcm.climatemodel.info/>

### Sistemas de Monitoreo

<http://www.gloria.ac.at/>  
<http://www-1gge.obs.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/>  
Sitios de algunos de los Investigadores nombrados en el texto abiertos al público (Incluyen publicaciones)  
<http://www.dgf.uchile.cl/rene/>  
<http://www.atmos.albany.edu/facstaff/mathias/>  
<http://homepages.ulb.ac.be/~fpattyn/>  
<http://www.staff.science.uu.nl/~oerle102/>

### Bofedales en Bolivia

[http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe\\_hidrogeologia\\_bofedal\\_Illimani.pdf](http://www.aguasustentable.org/documentos/file/Informe_hidrogeologia_bofedal_Illimani.pdf)

## ÁREA FÍSICA

---

[2.2.1.1-1] (<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas/Thornthwaiteclasificacionclimatica.pdf>)

[2.2.1.1-2] (<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/indicesclimaticos/indicessimples.pdf>)

[2.2.1.1-3] Heras Rafael, 1983. Recursos Hidráulicos: Síntesis, metodología y normas. Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid

[2.2.1.2-1] [http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial\\_map=satellite&spatial\\_type=rectangle](http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/#utf8=%E2%9C%93&spatial_map=satellite&spatial_type=rectangle)).

[2.2.1.4-1]. Food and Agriculture Organization. 1998. "World reference base for soil resources: Introduction". J.A. Deckers, F.O. Nachtergaete, O.C. Spaargaren (Eds.). First Ed. ISSS, ISRIC & FAO Acco. Leuven. 165 p.

[2.2.1.4-2] Munsell Color Company Inc. 2001. "Munsell soil color charts". Baltimore. Maryland. U.S.A.

[2.2.1.4-3] Food and Agriculture Organization. 1990. Guidelines for Soil Profile Description. 3rd ed. Food and Agriculture Organization - ISRIC. Wageningen.

[2.2.1.4-4] United States Department of Agriculture. 1973. Soil Conservation Service. Land-capability Classification. Agriculture Handbook N° 210. Washington D.C.

[2.2.4-1] ([https://www.google.com.bo/?gws\\_rd=ssl#q=riesgos+hidrometeorologicos+saborio&start=10](https://www.google.com.bo/?gws_rd=ssl#q=riesgos+hidrometeorologicos+saborio&start=10))

[2.2.4-2] <http://www.inbio.eas.ualberta.ca/araucaria/riesgo.pdf>

## OTRAS REFERENCIAS DE INTERÉS:

Duchaufour, P. 1984. Edafología. Ed. Masson. Paris 493 p.

Food and Agriculture Organization. 1999. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo. FAO. Roma

GEOBOL, 1982. Programa del Satélite Tecnológico de Recursos Naturales - ERTS - GEOBOL. Mapas Geomorfológicos y de Suelos - Escala 1:250.000. La Paz.

IPCC, 1995, Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analices Contribution of Working Group II to the Second Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change R.T.Watson, M.C.Zinyowera, R.H.Moss (Eds) Cambridge University Press, UK. pp 878

\_\_\_\_\_, Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) James J. McCarthy,

Oswaldo F. Canziani, Neil A. Leary, David J. Dokken and Kasey S. White (Eds.) Cambridge University Press, UK. pp 1000.

\_\_\_\_\_, The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. 1997 A Special Report of IPCC Working group II R.T.Watson, M.C.Zinyowera, R.H.Moss (Eds) Cambridge University Press, UK. pp 517

Marañés C,A., Sánchez Garrido, J.A., De Haro, S., Sánchez, S.T., y Lozano, F.J. 1998. Análisis de suelos. Metodología e interpretación. Dpto. Edafología y Química agrícola. Serv. Publ. Univ. de Almería. Almería. 184p.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación – VMARNDF – PNCambio climático. 2001. Bases Generales y Líneas de Acción para el Plan Nacional de cambio Climático en Seguridad Humana, La Paz.

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación – VMARNDF - PNCambio climático, 2000. Escenarios Climáticos, Estudio de Impactos y opciones de Adaptación al Cambio Climático, La Paz.

National Comunaions Support Programme – UNDP – GEF. 2001. An Adaptation Policy Framework (documento en preparación).

Pedraza, J. 1996. Geomorfología: Principios, Métodos y Aplicaciones”. Ed. Rueda. Madrid: 51-61.

Porta, C.J., López, A.M. y Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2da. Edición. Mundi-Prensa. Madrid. 807 p.

Ribot, J., et al. 1991. Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability the Semi-Arid Tropics, Center for Population and Development Studies, Harvard University.

Rosenzweig, C., A. Iglesias, X. Yang, P. Epstein, and E. Chivian, 2000: Climate Change and U.S. Agriculture: The Impacts of Warming and Extreme Weather Events on Productivity, Plant Diseases, and Pests. Center for Health and the Global Environment, Harvard Medical School, Boston, MA, USA, 46 pp.

Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture - Natural Resources Conservation Service. Ninth Edition. Virginia.

## ÁREA AGROECOSISTEMAS Y FORESTACIÓN

---

[2.2.2.1-1] Fosberg, 1967. A classification of vegetation for general purposes. Pages 73-120 in Guide to the check sheet for IBP areas 67G. Peterken IBP Handbook no. 4. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

[2.2.2.1-2] Huber & Riina (1997) Huber, O. & R. Riina (eds.). 1997. Glosario fitoecológico de las Américas. Vol. 1. América del Sur: Países hispano parlantes. UNESCO, FIBV, Caracas.

[2.2.2.1-3] Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley & Sons, New York. 547 p.

[2.2.2.1-4] Van Der Maarel, E. 1979: Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetation* 39 (2): 97-114.

[2.2.2.1-5] Krebs, CH. 1998. *Ecological Methodology*. 2da. Ed. Harper & Row Publishers, New York.

[2.2.2.1-6] Ruiz-Luna A, Acosta-Velázquez J, Berlanga-Robles CA. 2008. On the reliability of the data of the extent of mangroves: A case study in Mexico. *Ocean Coast. Manage.* 51: 342-351.

[2.2.2.1-7] Cacho, O., Marshall, G.R. y Milne, M. 2005. Transaction and abatement costs of carbon-sink projects in developing countries. *Environment and Development Economics* 10: 597-614.

Daily et al., 2000.

Landell-Mills y Porras, 2002; McCauley, 2006; Wunder, 2005.

Bradshaw et al., 2007; Bruijnzeel, 2004; Calder, 2006; FAO-CIFOR 2005.

[2.2.2.1-8] Bala, G., Caldeira, K., Wickett, M., Phillips, T.J., Lobell, D.B., Delire, C. y Mirin, A. 2007. Combined climate and carbon-cycle effects of large-scale deforestation. *PNAS* 104: 6550-6555

Bala et al., 2007; Peltoniemi et al., 2006.

[3.1.2-1] Greenpeace. 2008. *Cool Farming: Climate impacts of agriculture and mitigation potential*. Disponible en <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/cool-farming-full-report/>

[3.1.2-2] BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2002. *El desafío de los desastres naturales en América Latina y el Caribe: Plan de Acción*. Washington, US.

[3.1.2-3] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) 2008. *Cambio climático y seguridad alimentaria*. Disponible en <http://www.fao.org/climatechange>

[3.1.2-4] CONDESAN, Cuesta, Becerra, Bustamante, Maldonado, Devenish y Quiñonez; SGCAN, INTER-COOPERATION, UICN. 2012. *Indicadores para evaluar y monitorear el estado de la biodiversidad en los Andes Tropicales. Propuesta metodológica para los países de la Comunidad Andina*. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina

[3.1.2-4] CONDESAN, Cuesta C. y Chiriboga; Unión Internacional para la Naturaleza, oficina Sur (UICN-Sur), Secretaría General de la Comunidad Andina . 2010. *Indicadores de evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad de los países de la comunidad andina*.

[3.1.2-5] PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2013 *Avances en el conocimiento El impacto del cambio climático en la biodiversidad-Bolivia*. Compilación y redacción Jocelijn Carmen – Thera François; Equipo Proyecto BOL/60130, PNUD-Bolivia

[3.1.2-5] CIDES-UMSA. 2013. *Cambio climático y adaptación en el Altiplano boliviano*. Coordinadora Elizabeth Jiménez Zamora.

Ponce, 2003, Chirveches, 2006 y Aguilar, 1997.

[3.2.2-1]. Gómez, J.A. & Ortega. 2007. Biocomercio Sostenible. Biodiversidad y Desarrollo en Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. Pg. 138.

[3.2.2-2]. Wunder, S. 2007; Pagos por servicios ambientales Principios básicos esenciales, CIFOR Occasional Paper No. 42(s)

Gutman, 2003; Echavarría et al., 2004.

## ENLACES PARA ACTUALIZAR MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO:

<http://cambioclimatico-pnud.org.bo/paginas/admin/uploaded/traslashuellas.pdf>  
[http://www.programaecoclima.org/attachments/article/151/z%20RURANDES%20-%20Manual%20Riego%20Predial%20y%20Microreservorios\\_1.pdf](http://www.programaecoclima.org/attachments/article/151/z%20RURANDES%20-%20Manual%20Riego%20Predial%20y%20Microreservorios_1.pdf)  
[http://www.riesgoycambioclimatico.org/CostosBeneficiosAcambio climático/bolivia.html](http://www.riesgoycambioclimatico.org/CostosBeneficiosAcambio%20climático/bolivia.html)  
[http://www.mmaya.gob.bo/images/documentos/programas\\_estrategicos/PPCR\\_MGA.pdf](http://www.mmaya.gob.bo/images/documentos/programas_estrategicos/PPCR_MGA.pdf)  
[http://unfccc.int/portal\\_espanol/items/3093.php](http://unfccc.int/portal_espanol/items/3093.php)  
<http://www.fao.org/newsroom/es/focus/200...index.html>  
<http://www.fao.org/forestry/climatechange/es/>  
<http://www.fao.org/docrep/014/i1960s/i1960s00.pdf>  
<http://www.fao.org/docrep/meeting/024/md128s.pdf>  
<http://www.chacaltaya.edu.bo/downloads/bosques.pdf>  
[http://www.ipcc.ch/home\\_languages\\_main\\_s...BAuGFDDTo](http://www.ipcc.ch/home_languages_main_s...BAuGFDDTo)  
<http://www.un.org/es/climatechange/>  
[http://www.ibce.org.bo/foros/foro\\_completo.asp?id=6](http://www.ibce.org.bo/foros/foro_completo.asp?id=6)

Real Climate

<http://www.climatecrisis.net>  
<http://www.stopglobalwarming.org>

Environmental Protection Agency Global Warming Site (EPA)

Global Climate Change Briefing Book

Global Climate Change

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

## ENLACES PARA AMPLIAR LA INFORMACIÓN Y ACTUALIZAR INDICADORES DE MONITOREO:

<http://www.gloria.ac.at>  
<http://www.condesan.org/portal/sites/default/files/publicaciones/archivos/0503667001292864192.pdf>  
<http://www.comunidadandina.org/Upload/2013614172622indicadores.pdf>  
<http://www.nicap.net/fileadmin/NCAP/Countries/Bolivia/032135.0408xx.BOL.CON-01.Output21a.v1.pdf>  
<https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>

## ÁREA SOCIOCULTURAL

---

[2.2.3.1-1] [WWW.ehowenspanol.com](http://WWW.ehowenspanol.com)

[2.2.3.1-2] [WWW.ualberta.ca](http://WWW.ualberta.ca)

[2.2.3.1-3] [WWW.healthnet.unam.mx](http://WWW.healthnet.unam.mx)

[2.2.3.1-4] [WWW.guía.oitcinterfor](http://WWW.guía.oitcinterfor)

[2.2.3.1-5] S.J. Taylor R. Bordan.2000. Introducción a los métodos cualitativos de investigación ([WWW.terras.edu.ar](http://WWW.terras.edu.ar))

[2.2.3.1-6] Abre combatir, Thomas.2006. Caminos de la memoria y el poder: Etnografía e Historia en una comunidad andina. SIERPE Publicaciones. La Paz Bolivia

[2.2.3.1-7] Aguilar, María José. 1995. Técnicas de Animación Grupal. Ed. Espacio. Buenos Aires Argentina

[2.2.3.1-8] Arnoldo, Denise. 2006. Metodologías Cualitativas. Ed. PIEB. La Paz Bolivia

## MAPA DE ACTORES

[2.2.6-1] Tapella, E.-2007 El Mapeo de Actores Clave, documento de trabajo del proyecto Efectos de la biodiversidad funcional sobre procesos ecosistémicos, servicios ecosistémicos y sustentabilidad en las Américas: Un abordaje multidisciplinario; Universidad Nacional de Córdoba, Inter-American Institute for Global Change Research (IAI)

## ÁREA SOCIOECONÓMICA

---

[2.2.2.1.1], [2.2.3.2.3], [2.2.3.2.6] CAF, The Nature Conservancy, 2012, Las funciones ambientales de la Naturaleza, las experiencias de Bolivia, Colombia y Ecuador, Ecuador

[2.2.3.2.4], [2.2.3.2.5] Instituto Nacional de Ecología, Manual para Pagos por servicios ambientales, 2005, México

[3.1.1] Fundación Milenio, Boletín de Coyuntura Coy 232, 2014, La Paz, Bolivia

García H., Calderón L., Hernández A., Lopez JL, 2013, Valoración de los bienes y servicios ambientales provistos por el Páramo de Santurbán, Colombia. [2.2.2.1.2]

[http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Valoraci%C3%B3n-de-los-bienes-y-servicios-ambientales-provistos-por-el-P%C3%A1ramo-de-Santurb%C3%A1n\\_reporte-final\\_P.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/Valoraci%C3%B3n-de-los-bienes-y-servicios-ambientales-provistos-por-el-P%C3%A1ramo-de-Santurb%C3%A1n_reporte-final_P.pdf)

[3.1.2] CAF/TNC, CATIE, Pago por servicios ambientales, Fundación Amigos de la Naturaleza FAN, Impactos del cambio climático en el rendimiento de cultivos a partir del uso de modelos PRECIS, SWAT/WEAP, DSSAT, LPI-GUESS, <http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev37/pag68-71.pdf>

Comunidad Andina CAN, El cambio climático no tiene fronteras, Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina, Mayo 2008

Conservación Internacional CI, Instituto de Ecología IE, Herbario Nacional de Bolivia HNB, Programa Nacional de Cambios Climáticos PNCambio climático, Parque Nacional Sajama PNS, Taller: El cambio climático: Cómo lo sentimos y qué proponemos para adaptarnos, 2008, Bolivia

[3.2.3.3] Flores, F., Servicios ambientales: Conceptos y desafíos. 2006, Chile

[3.2.3.1] Fundación Amigos de la Naturaleza FAN, Presentación: Entendiendo el cambio climático en Bolivia: Tendencias, escenarios e impactos, Humberto Gómez, Foro IBCE, Marzo 2014, La Paz, Bolivia

[3.2.3.2] IPCC, Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad (Resumen para responsables de políticas y Resumen técnico), 2001.

[2.2.3.2.1] Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal, Servicio Nacional de Áreas Protegidas, Análisis y Revisión de las líneas de base, valores y metas para los resultados priorizados de la Matriz de evaluación de desempeño del Servicio Nacional de Áreas Protegidas Bolivia SNAP, 2011, La Paz, Bolivia.

## OTROS DOCUMENTOS DE INTERÉS

Fundación Amigos de la Naturaleza FAN, Impactos del cambio climático en el rendimiento de cultivos a partir del uso de modelos PRECIS, SWAT/WEAP, DSSAT, LPI-GUESS), 2012, Santa Cruz, Bolivia

Observatorio Urbano de Chile, Diagnóstico urbano de las ciudades de Chile, 2007, <http://Diagnóstico Urbano Completo actualización20 mayo 2007revisado junio.pdf> (application/pdf Objeto)

Reátegui R., Fundamentos y técnicas de valoración económica, Medición del daño ambiental, Santiago, Chile, 2008

Samaniego J.L., Director División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL, Cambio climático como un problema regional. Introducción a los Estudios Regionales de la Economía del Cambio Climático, Santiago, 5 de mayo de 2009

Samaniego J.L., Chief. Division of Sustainable Development and Human Settlements

Economic Commission for Latin America and the Caribbean, The economics of climate change in Latin America and the Caribbean, Copenhagen, December 2009, <http://www.eclac.org/dmaah/noticias/paginas/3/38183/Samaniego.pdf>

Sullivan W., Wicks E., Luxhof J., Ingeniería económica De DeGarmo, Duodécima Edición, Pearson, Prentice Hall, México, 2004

The World Bank, The Economics of Adaptation to climate change, A synthesis report, Final Consultation draft, August 2010, [www.EAcambio climático\\_FinalSynthesisReport0803\\_2010.pdf](http://www.EAcambio climático_FinalSynthesisReport0803_2010.pdf) (application/pdf Objeto),

<http://www.adaptacioncambioclimatico.info/portales.shtml?s=Q&m=Recurso&n=21409&k=21408&apc=-Qa--Recurso24519XLM21421xx-xx1->

Aburto E., Valoración económica del servicio ambiental hidrológico, de la Microcuenca Paso Los Caballos del Municipio San Pedro de Potrero Grande, Departamento de Chinandega, Nicaragua, 2003.

### Sitios web consultados:

<http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev37/pag68-71.pdf>

<http://www.undp.org/content/dam/undp/library/crisis%20prevention/disaster/Reduccion-Gestion%20del%20Riesgo%20Climatico.pdf>

[www.undp.org/cpr/we\\_do/integrating\\_risk.shtml](http://www.undp.org/cpr/we_do/integrating_risk.shtml)

[www.undp.org/climatechange/](http://www.undp.org/climatechange/)

[www.adaptationlearning.net](http://www.adaptationlearning.net)

[www.adpc.net/v2007/Programs/CRM/](http://www.adpc.net/v2007/Programs/CRM/)

<http://www.inesad.edu.bo/bcde2013/papers/BCDE2013-99.pdf>

<http://economia.uniandes.edu.co/publicaciones/dcede2009-23.pdf> [3.2.5.1]

[http://www.inia.es/gcontrec/pub/054-066-Esquemas\\_1208775450468.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/054-066-Esquemas_1208775450468.pdf) [3.2.5.2]

<http://publicaciones.caf.com/media/1268/91.pdf>

## ASPECTOS JURÍDICOS Y LEGALES

---

[2.2.5-1] UN Water 2012-Status Report on the application of integrated approaches to Water Resources Management).

[2.2.5-2] [www.un.org/spanish/water for life decade/iwrm](http://www.un.org/spanish/water%20for%20life%20decade/iwrm) ; [ftp fao.org/docrep/fao/girh](http://ftp.fao.org/docrep/fao/girh)).

[2.2.5-3] Moreno Alonso, Renner Isabel CIP-GTZ 2007 Gestión integral de cuencas La experiencia del proyecto regional cuencas andinas).

[2.2.5-4] (Vuille, M BID 2007 Climate Change and Water Resources in the Tropical Andes- Technical Note No. IDB-Tn-515)

## GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

---

[3.2.1-1] <http://www.gwp.org/GWP-Sud-America/PRINCIPALES-DESAFIOS/Que-es-la-GIRH/>

[3.2.1-2] [http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre\\_ministerio/do/productos/V%20Cont.%20Abr%2009%20a%20Nov%2009/Informe%20final%20V%20etapa-2/Proyectos%20adicionales/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.A%20productos/](http://www.ministeriodesalud.go.cr/sobre_ministerio/do/productos/V%20Cont.%20Abr%2009%20a%20Nov%2009/Informe%20final%20V%20etapa-2/Proyectos%20adicionales/Anexo%202%20Productos/Anexo%202.A%20productos/)

[Anexo%202.A.4/Base%20Datos%20ambito%20Agua/](#)

[Consejo%20Mundial%20del%20Agua%20\(WWC\)%20&%20GIRH/](#)

[3.2.1-3] [http://www.unesco.org/water/wwap/partners/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/partners/index_es.shtml)

[3.2.1-4]. <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/IntegratedWaterResourcesManagement-GWP2000>

[4.3-1] Manejo de Cuencas Altoandinas, Absalón Vásquez Villanueva, 2000.

[4.3-2] UNESCO, 2009. IWRM implementation in basins, sub-basins and aquifers- State of the Art Review.

[4.3-3] Dourojeanni et al. CEPAL 2002 Gestión del Agua a nivel de cuencas teoría y práctica

# ACRÓNIMOS EMPLEADOS

---

CAF:	Corporación Andina de Fomento
GMP:	Global Water Partnership
IHH:	Instituto de Hidráulica e Hidrología de la UMSA
IPCC:	Intergovernmental Panel on Climate Change Institut de Recherche pour le Développement
IRD:	Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo



