



Gobierno de Reconciliación  
y Unidad Nacional  
*El Pueblo, Presidente!*



Autoridad Nacional del Agua



INETER  
Instituto Nicaragüense  
de Estudios Territoriales




ENACAL  
¡Una empresa del Pueblo!  
Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados

# Guía para la Elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de las Cuencas Hidrográficas en Nicaragua







Guía para la Elaboración de los  
Planes de Gestión Integrada de los  
Recursos Hídricos (PGIRH) de las  
Cuencas Hidrográficas en Nicaragua

# Guía del Plan GIRH

---

## Créditos:

### Autoridad Nacional del Agua (ANA)

#### Revisión Técnica:

Enoc Seth Castillo  
Dir. Gral SIAGUA

Carlos Barberena  
Dir. Gral de Concesiones

Fabiola Ortega Pereira  
Directora de Concesiones  
(Hasta 2017)

Luis Romero Weid  
Asesor Legal

### Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL)

#### Revisión Técnica:

Reynaldo Castaño  
Gerente de Operaciones

José Iván García  
Director Planificación

### Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)

#### Revisión Técnica:

Isaias Montoya  
Dir. Gral de Recursos Hídricos

Socorro Sotelo  
Asesora Técnica

Silvia Martínez  
Directora de Hidrología

### Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento (PROATAS) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en Nicaragua

#### Coordinación Técnica:

Gereon Hunger  
Asesor Principal Componente 2  
(Hasta Julio 2015)

#### Personal Técnico:

Gusnara Bustos  
Asesora de género

Francis Rivera González  
Asesora local Componente 2

Dinorah Somarriba Padilla  
Asesora local Componente 2

Juan José Gutiérrez  
Asesor local Componente 2

Reinhart Koschel  
Consultor Hidrogeólogo GIZ

Hans Jörg Kräuter  
Asesor técnico Componente 2 -  
(Hasta Noviembre 2014)

#### Diseño y Diagramación:

Maribel Juárez Hernández (2015)  
Marina Toruño Pérez

# Guía para la Elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH) de las Cuencas Hidrográficas en Nicaragua

## Primera Parte:

### Aspectos Fundamentales del Plan de GIRH

1. Introducción
  - 1.1. Contexto General
  - 1.2. Motivación y justificación
  - 1.3. Objetivo de la guía
  - 1.4. Marco legal e institucional
  - 1.5. Concepto de la GIRH
    - 1.5.1. Marco y elementos básicos de la GIRH
    - 1.5.2. Principales componentes de la GIRH
    - 1.5.3. Fundamentación y función del PGIRH
    - 1.5.4. Posición del PGIRH en la estructura institucional
2. Objetivo del Plan GIRH
3. Proceso Metodológico de Elaboración del Plan GIRH
  - 3.1. Procesos
  - 3.2. Recopilación
  - 3.3. Realización de estudios complementarios

# Guía del Plan GIRH

---

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contexto General

La situación de los recursos hídricos a nivel de todo el planeta ha venido deteriorándose constantemente. Los impactos de la variabilidad climática han empezado a sentirse de diferentes formas en las distintas regiones del mundo, en algunos casos por severas sequías y en otros por un aumento desproporcionado de la precipitación. A lo anterior hay que sumar el acelerado proceso de contaminación debido al mal manejo de las aguas residuales, tanto industriales, agrícolas, así como también aguas residuales domésticas.

Estos problemas han hecho reflexionar a los diferentes entes de planificación, los cuales han dado los primeros pasos para iniciar los procesos de planificación del uso y protección del recurso hídrico, tomando en cuenta que dicho recurso debe ser planificado previendo los procesos de desarrollo de los países. Hasta la fecha en Nicaragua, los recursos hídricos se han administrado de manera puntual, los diversos ministerios, instituciones estatales y universidades que han abordado el tema desde una perspectiva más ligada a la conservación del suelo y el bosque. Todavía falta un concepto concluyente de gestión de los recursos hídricos que integra todos los componentes y elementos claves.

El modelo político del gobierno a través del Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH) 2012-2016 presenta una estrategia de doce lineamientos para dar continuidad a la atención de las necesidades inaplazables de transformación productiva y social del país. Entre estos se encuentra la gestión pública participativa y democracia directa; dentro del cual se propone la participación del pueblo organizado en municipios, para desarrollar una planificación territorial que genere políticas de beneficio a las familias, el ejercicio de la auditoría social y la responsabilidad social compartida.

También se menciona el ejercicio de la democracia directa a través de los Gabinetes Comunitarios y Sectoriales, a nivel barrial y comarcal, municipal, departamental y nacional, así como por los Consejos de la Familia, la Salud y la Vida; Consejo de Cuido de las Fuentes de Agua, Consejos Barriales de Prevención ante Desastres y otras expresiones del Poder Ciudadano, para que las ideas, necesidades, demandas y posiciones sean parte de los procesos de decisión, gestión y evaluación.

En el año 2010, se creó la Autoridad Nacional de Agua (ANA) que fue fundada como requisito de la Ley No. 620. El mandato más importante de esta institución es el desarrollo y la implementación de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) al nivel nacional y de las cuencas hidrográficas a través de los planes GIRH. La asesoría brindada por GIZ pretende apoyar a la ANA en el cumplimiento de este mandato.

# Guía del Plan GIRH

---

La GIRH reúne temas centrales como: la oferta, la demanda y el suministro de agua y la conservación y protección de los recursos hídricos siendo la cuenca hidrográfica la unidad territorial referencial indispensable. La principal tarea, es poner a disposición instrumentos prácticos de gestión y garantizar la integración en planes municipales de desarrollo y ordenamiento territorial.

El Plan GIRH, principal instrumento de la GIRH, se basa en un diagnóstico enfocado del estado hídrico de la cuenca. Este instrumento es principalmente un plan de medidas y contiene objetivos, indicadores que incluyen equidad de género, plazos y responsabilidades; el primordial objetivo es el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos, así como del uso sostenible. Este concepto adoptado por la ANA prevé que el plan considere y defina medidas que tienen una influencia directa al estado de los recursos hídricos y beneficios igualitarios para mujeres y hombres, en relación a sus intereses, demandas y expectativas.

En aras de la implementación de dicho concepto, fue acordado por la ANA y GIZ, iniciar un pilotaje en cuencas seleccionadas, siendo uno de los productos principales el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la Subcuenca Mayales, mismo que servirá a dicha autoridad como un modelo para posteriores réplicas en otras cuencas.



## 1.2. Motivación y justificación

En Nicaragua fueron identificadas 21 cuencas y 218 subcuencas hidrográficas. En el 2014 se realizó una nueva delimitación de cuencas bajo la metodología Pfafstetter, (1989), la que muestra las diferentes cuencas hidrográficas y la respectiva codificación.

Según esta nueva delimitación, el territorio nicaragüense fue dividido en seis Cuencas Hidrográficas: la Cuenca del Río Coco, Cuenca de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), Cuenca del Río Grande de Matagalpa, Cuenca de la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), Cuenca del Río San Juan de Nicaragua y Cuenca del Pacífico. A partir de estas cuencas se subdividieron otras unidades hidrográficas, hasta alcanzar un total de 517 para todo el país.

Todavía no existe una planificación de los recursos hídricos que pueda facilitar la gestión de demanda de agua, la prevención de contaminaciones y/o sobre explotaciones y la protección y conservación de los recursos hídricos. Existen numerosos ejemplos de problemas relacionados con la protección y uso de los recursos hídricos que podrían ser evitados y/o resueltos por un plan basado en un diagnóstico amplio. Las instituciones responsables no cuentan con los datos procesados necesarios para tomar las decisiones adecuadas.

El uso y manejo de los recursos hídricos se ve afectado por las relaciones de género y que, de manera general, las mujeres y los hombres tienen acceso y control desigual sobre los mismos, los impactan de manera diferenciada, viven las consecuencias de la degradación distintamente y tienen diferentes percepciones según su forma de relacionarse con estos recursos.

En la identificación de la problemática de los recursos hídricos, el análisis de género constituye una herramienta básica que permite la identificación de las relaciones asimétricas entre hombres y mujeres (subordinación, desigualdad) y que afectan la dinámica de todos los actores sociales.

En los diagnósticos que se han realizado en los conocidos “planes de manejo de cuenca”, se han utilizado métodos indirectos para el cálculo de balances hídricos basados en la correlación de textura de suelo y tipos de horizontes de suelo, la cobertura vegetal, pendiente, profundidad de raíces, capacidad de infiltración. En muchas áreas de Nicaragua estos métodos no son aplicables, ya que las zonas consisten de formaciones rocosas con grandes espesores y los horizontes de suelos en muchos casos son muy pequeños para el cálculo. También se conocen casos de cálculos de balance hídrico con una serie de datos 1 ó 2 años de precipitación, la cual no es representativa del área.

# Guía del Plan GIRH

---

La presente guía pretende garantizar que los futuros Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH) correspondan a estándares compatibles y contengan la información y datos necesarios para orientar las medidas de corrección y prevención identificadas, con enfoque de género. Las medidas de actualización y/o captación de datos faltantes deben ser incluidas en los planes. Así, la guía contribuirá a la uniformidad de los procesos y contenidos, necesaria para garantizar la calidad del producto. Cabe mencionar que esta guía resulta de las experiencias adquiridas de la realización de los dos primeros planes de GIRH de la subcuenca Mayales y Cuenca 72 (Entre Brito y Sapoá) elaborados por la ANA según el mandato de la Ley No. 620 con asesoría de la Cooperación Alemana al Desarrollo GIZ.

## 1.3. Objetivo de la guía

El objetivo de esta guía es mejorar la comprensión del concepto de la GIRH y de su instrumento principal, también pretender poner a disposición una instrucción vinculante que apoye al personal técnico encargado de la elaboración de los PGIRH.

## 1.4. Marco Legal e Institucional

El marco legal donde se sustenta la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, está basado en la Ley General de Aguas Nacionales, promulgada en el año 2007 y complementada por el reglamento 44 - 2010, emitido en el año 2010. En ésta se señala como una función normativa de la Autoridad Nacional del Agua, la elaboración de los Planes de Gestión Integral de los Recursos Hídricos por cuencas, (Art. 26, inc. b, ley No. 620), siendo los Planes de GIRH el instrumento de gestión de carácter obligatorio por la fundamental eficacia para la gestión del agua, (título III, Art. 15, Ley No. 620).

Estos Planes de GIRH tienen como base los diagnósticos, contruidos con una línea base hídrico en un tiempo específico y con un posterior monitoreo constante de la calidad y cantidad de los recursos hídricos. Todos estos nuevos datos generados deben organizarse y coordinarse en el Sistema de Información de los Recursos Hídricos, (Art. 27, inc. e), Ley No. 620). Para la elaboración e implementación de los Planes de GIRH se requiere del desarrollo paralelo de las estructuras institucionales necesarias. Hasta el momento, durante la elaboración de esta guía, no se ha constituido el Consejo Nacional de los Recursos Hídricos (CNRH) que indica el artículo 21 de la Ley. Lo cual es necesario para implementar una concertación del uso del recurso, para lo cual se debe crear los Organismos de Cuencas, (Art. 31 y 32, Ley No. 620), y los Comités de Cuenca, (Art. 35, Ley No. 620).

A sugerencia de ENACAL e INETER, mientras no se conforme el CNRH la aprobación de los planes GIRH debería ser de forma conjunta con ANA y las Instituciones del Sector Hídrico, de acuerdo a la experiencia desarrollada en el proceso de elaboración del Plan Nacional de los Recursos Hídricos.

En las Regiones Autónomas de la Costa Caribe, son las Secretarías de Recursos Naturales (SERENA) quienes brindan el acompañamiento institucional, y también la Unidad Técnica de Agua y Saneamiento del Gobierno Regional.

Por otro lado la Costa Caribe tiene un instrumento de gestión y planificación del sector, que debería considerarse en esta guía, el cual es el sistema de evaluación ambiental.

Los Organismos de Cuencas conformados por los representantes de las instituciones del Estado, ANA, MARENA, MAG, INETER, MINSA, Gobiernos Regionales Autónomos de la Costa Caribe, Gobiernos Territoriales Indígenas y Municipalidades que conforman la Cuenca, (Art. 33, Ley No. 620), son las instancias gubernamentales encargadas de controlar y vigilar el uso y aprovechamiento de las aguas, en las cuencas respectivas.

Los Comités de Cuenca son una expresión de participación ciudadana, que constituyen los foros de consulta y concertación entre los organismos de cuenca y entidades del Estado, (Art. 35, ley No. 620), y están llamados a participar en la elaboración de los Planes de GIRH (Art. 36, ley No. 620). Tanto la elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, como la conformación de los organismos de Cuenca y los Comités de Cuenca forman el sistema de administración de las aguas, ambos indispensables para llevar a cabo la implementación de la Ley No. 620.

Para la aplicación de la Ley en las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense se requiere retomar el marco institucional contenido en la Ley No. 28, Estatuto de Autonomía y la Ley No.445 para destacar el rol y relevancia que tienen los Gobiernos Regionales y Gobiernos Territoriales.

## 1.5. Concepto de la GIRH

Según el concepto elaborado en el año 2000 por la Asociación Mundial para el Agua (GWP por sus siglas en inglés): La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, el suelo y otros relacionados con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de forma equitativa sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

### 1.5.1. El marco institucional, legal y financiero de la GIRH

Se puede utilizar el esquema de una casa para mostrar el marco y los elementos básicos de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) y simbolizar la importancia del PGIRH como el instrumento principal.



Figura 1: Marco y concepto básico de la GIRH

El Plan GIRH representa al “habitante principal” de la casa, y los temas e instrumentos a las “decoraciones internas”; quienes solamente pueden “sobrevivir” con una estructura institucional y organizacional adecuada, simbolizada por los cimientos. Un techo que representa el financiamiento sostenible y las paredes que ilustran el marco legal y el entorno positivo.

## 1.5.2. Principales Componentes de GIRH

Una cuenca es la unidad de territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por una línea imaginaria que marca los puntos de mayor elevación de dicha unidad, en donde brota o escurre e agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye en forma superficial, subsuperficial y subterránea, hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, (Art. 12, Ley No. 620).

En el concepto empleado por la Autoridad Nacional del Agua, la GIRH integra todos componentes del sector de agua (figura 2):

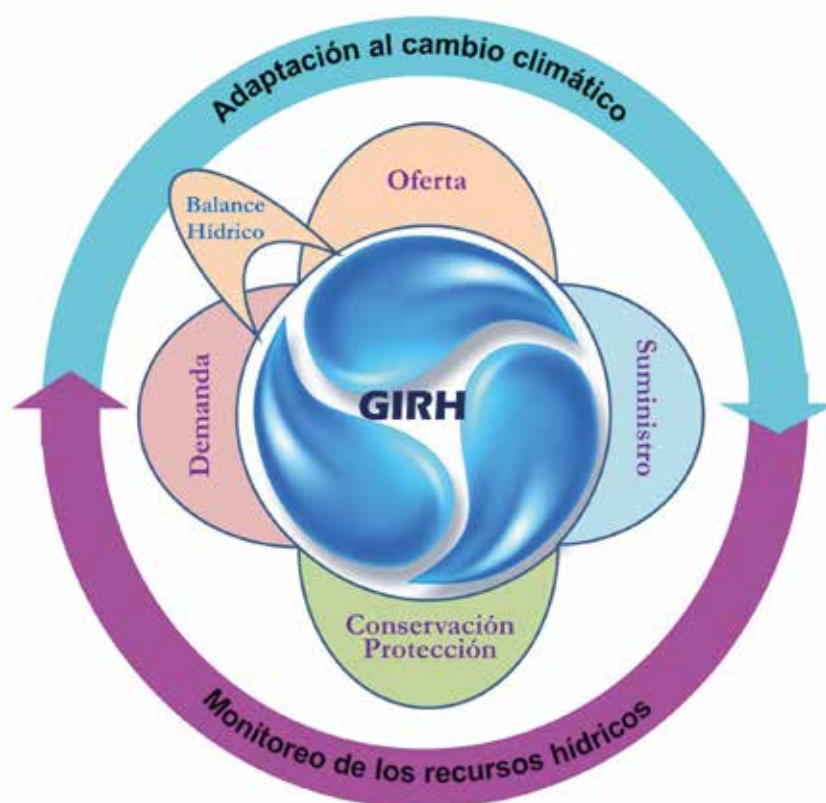


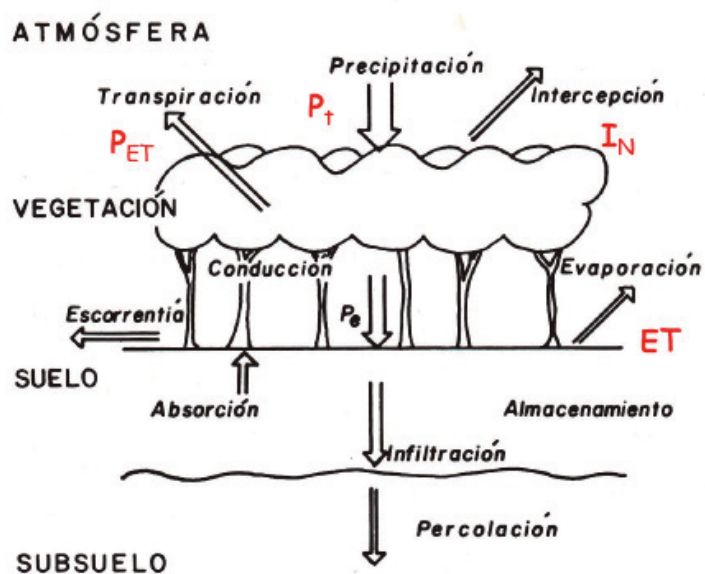
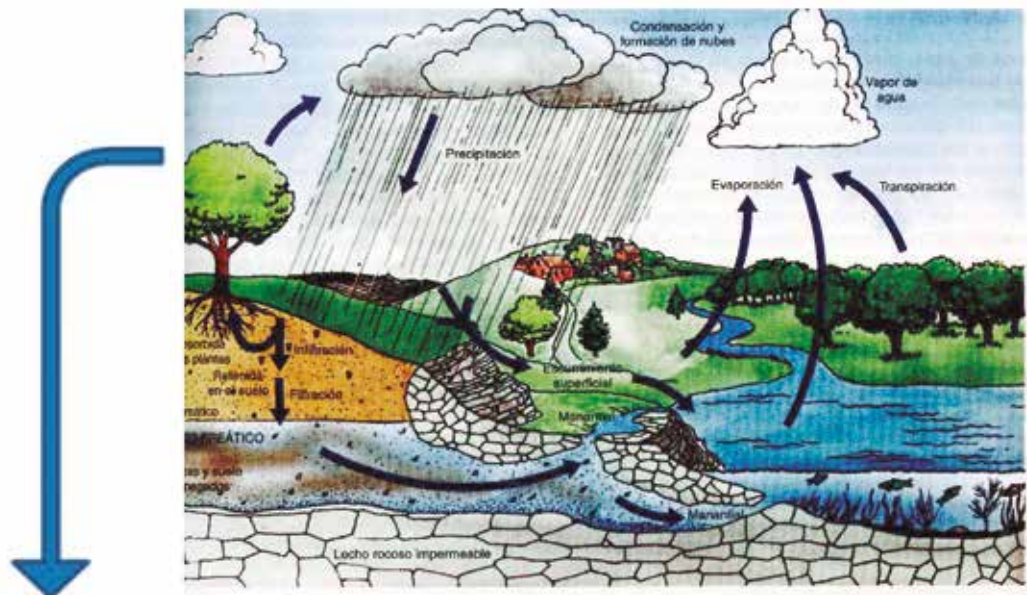
Figura 2: Los componentes principales de la GIRH

El cálculo de balance hídrico y la implementación del PGIRH requieren el monitoreo continuo. Además el monitoreo continuo es indispensable para determinar los impactos del cambio climático y de las medidas de adaptación.

## La oferta de agua

El cálculo de la oferta de agua depende principalmente del ciclo hídrico y las diferentes variables:

- Precipitación
- Temperatura
- Evapotranspiración
- Escorrentía
- Infiltración (recarga de las aguas subterráneas y flujo base)



## La demanda del agua

La demanda de agua se refiere a los volúmenes de agua requeridos por los diferentes usos y usuarios. Los principales usos y usuarios por agua extraída son los siguientes:



**Agua potable y doméstico**  
(10-15%)



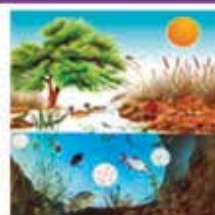
**Riego (70-80%)**



**Industria inclusive turismo**  
(10-15% del consumo total)



**La demanda ecológica** se refiere al volumen de agua en los ríos y lagos que es necesario para la sobrevivencia de la flora y fauna acuática. La demanda depende de las situaciones locales.



La demanda de agua requiere una gestión coordinada que comprende el control de las extracciones de agua y el mantenimiento del equilibrio hídrico, para evitar una sobreexplotación de los recursos hídricos y asegurar la demanda ecológica de agua en la cuenca. La determinación del balance hídrico requiere del cálculo de demanda de agua por todos sectores.

En lo que se refiere a las hidroeléctricas, el cálculo de la demanda de embalse de agua, dependerá del tipo de infraestructura, la cual estará condicionada a las características del lugar donde se vaya a instalar. En todo caso esta demanda no deberá afectar el caudal ecológico en temporada de verano.

## El balance hídrico

**OFERTA**  $-$  **DEMANDA**  $=$  Reserva del recurso hídrico (excedente o déficit)

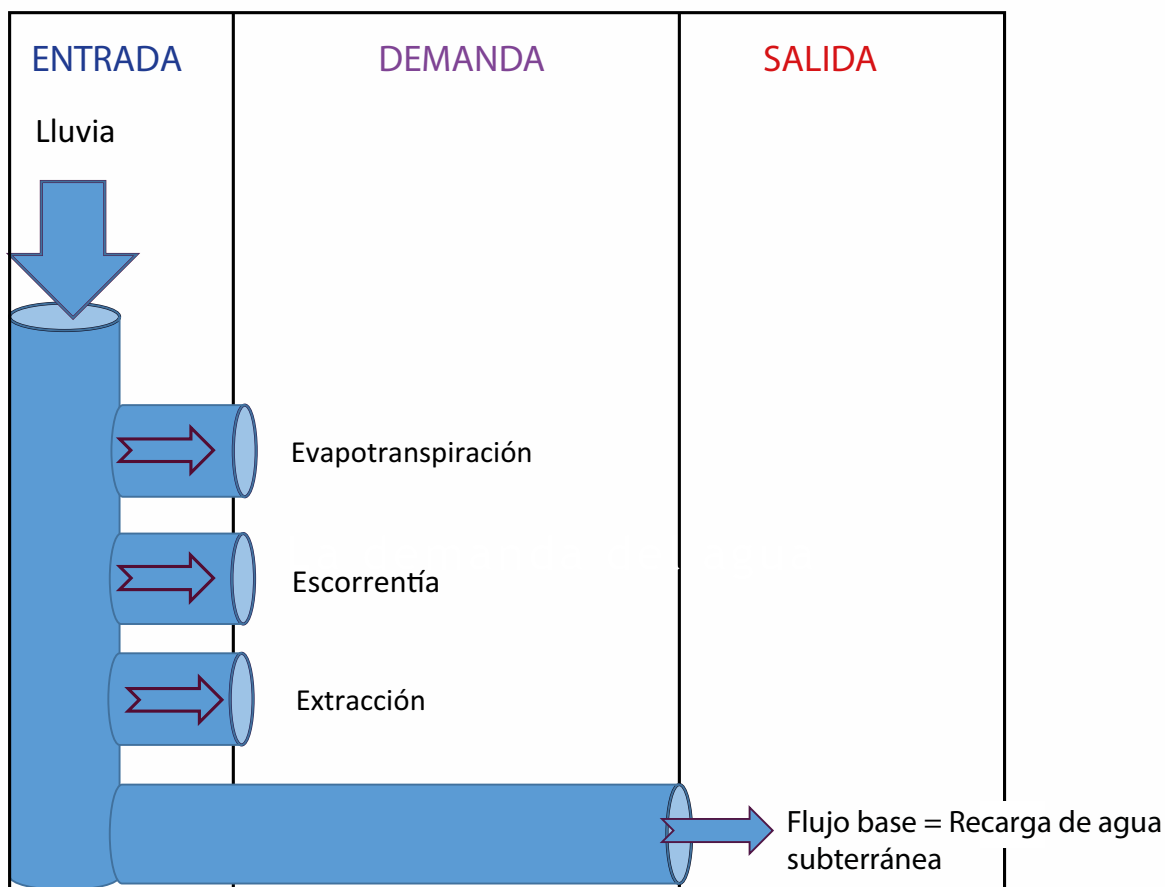


Figura 3: Balance Hídrico



## El suministro del agua

El fortalecimiento del suministro de agua, especialmente el de agua potable, depende de una gestión eficiente del recurso. Por ello es un componente indiscutible de la gestión integrada de los recursos hídricos y no puede ser manejado de manera separada. Los temas de este componente son:

- Captación de aguas subterráneas y/o superficiales.
- Instalación y operación de plantas de tratamiento de agua.
- Construcción y mantenimiento de redes.
- Monitoreo de la producción, del consumo - pérdidas de agua y la valorización - cobertura de gastos
- Competencia de la Ley No. 722 (Para suministro rural)



### Suministro rural

Los Comités de Agua y Saneamiento-CAPS son las instituciones competentes en el suministro de agua rural. También hay muchos pozos y captaciones privadas de agua.

### Suministro de pueblo/ciudad pequeña

Los Comités de Agua y Saneamiento CAPS, las Alcaldías y ENACAL participan en el suministro de agua a los pueblos, comunidades indígenas y ciudades pequeñas. También hay pozos y captaciones privadas de agua.



### Suministro Urbano

La principal suministradora de agua en las ciudades es ENACAL



## La conservación y protección de los recursos hídricos

La conservación y protección de los recursos hídricos representa el componente tradicional de la gestión de los recursos hídricos. La mayoría de las medidas de adaptación y mitigación a los impactos de cambio climático se encuentran en este componente y comprende los siguientes temas prioritarios de intervención:

### Conservación y recuperación de la capacidad de retención y almacenamiento de agua en las cuencas hidrográficas.

#### Medidas:

- ➔ Establecimiento de proyectos “Pago por Servicios Ambientales Hídricos”.
- ➔ Establecimiento de las prácticas agroforestales.
- ➔ Reforestación de las zonas altas de las cuencas hidrográficas.
- ➔ Establecimiento de zonas de protección y rutina de monitoreo cuantitativo.
- ➔ Construcción de sistemas de cosecha de agua (micro presas).
- ➔ Determinación del caudal ecológico para cada cuenca, de acuerdo a criterios establecidos por MARENA.



#### Impactos:

- Mejor disponibilidad de las aguas subterráneas y superficiales en la época seca.
- Mitigación de los siguientes efectos negativos y riesgos futuros por el cambio climático:
  - Escorrentía acelerada
  - Erosión
  - Infiltración reducida
  - Turbidez de las aguas superficiales
  - Inundaciones y remoción en masa



## Mejoramiento de la calidad del agua

### Medidas:

- ➔ Establecimiento de líneas base sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ➔ Identificar y eliminar fuentes de contaminación.
- ➔ Establecimiento de zonas de protección para las principales captaciones de agua y de acuíferos, ríos y lagos.
- ➔ Eliminar las contaminaciones por aguas residuales en las zonas urbanas y rurales, comunidades indígenas (plantas de tratamiento, letrinas mejoradas, etc.).
- ➔ Control de vertidos de la industria especialmente de la industria agraria.
- ➔ Control de fertilizantes y agroquímicos en la agricultura.
- ➔ Sensibilización de los actores, productores, productoras, población (incluyendo las comunidades indígenas y étnicas de la Costa Caribe) en la cuenca sobre los impactos negativos de las contaminaciones.
- ➔ Establecimiento de rutina de monitoreo cualitativo.



### Impactos:

- Mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos especialmente del agua potable.
- Reducción de enfermedades transmitidas por el agua y por ende, menos trabajo para las personas que realizan el trabajo reproductivo del hogar.
- Mejor aprovechamiento de las reservas de agua disponibles.

## 1.5.3. Fundamentación y función del PGIRH

Los fundamentos principales para la elaboración de los PGIRH radica en las diferentes características que cada cuenca hidrográfica posee y sus implicaciones de género, entre estas tienen:

- ✓ Potenciales de aguas subterráneas y superficiales.
- ✓ Calidades de agua.
- ✓ Demandas de agua.
- ✓ Balances hídricos.
- ✓ Impactos del cambio climático.
- ✓ Demanda creciente.
- ✓ Competencias de uso.
- ✓ Nivel de degradación de los recursos hídricos.
- ✓ Nivel de sobre explotación.

Estas diferencias requieren un instrumento específico para cada una de las cuenca a proteger y conservar los recursos hídricos y así garantizar el uso sostenible.

### **El PGIRH tiene que cumplir con las siguientes condiciones:**

- Basarse en un diagnóstico del estado hídrico y en líneas base actualizadas<sup>1</sup>.
- Presentar un análisis y una evaluación detallada del estado de los recursos hídricos.
- Aportar instrumentos prácticos de gestión y garantizar la integración en los planes municipales.
- Definir con enfoque de género, medidas concretas e individuales de prevención, corrección y regulación.
- Definir hitos e indicadores de impacto.
- Asignar responsabilidades para la implementación.
- Ser un plan realista y factible.

### **Los temas claves del PGIRH son:**

- ➔ La gestión de demanda.
- ➔ El mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos.
- ➔ La protección y conservación.

1 Línea Base: Recavar información disponible sobre recursos hídricos, completar vacíos de información y procesar la misma

- El suministro de agua potable.
- El monitoreo continuo de los recursos hídricos.
- Escenarios y medidas de adaptación al cambio climático.
- La finalización de la línea base de datos hídricos.
- La estrategia de implementación y financiamiento.
- El enfoque de género en la GIRH

## 1.5.4. Posición del PGIRH en la estructura institucional

La figura 4, muestra la estructura institucional con enfoque al PGIRH. El organismo de cuenca y/o la delegación de la ANA, las municipalidades de la cuenca y el comité de cuenca elaboran e implementan el PGIRH en procesos participativos, apoyados por el acompañamiento institucional comprendido por: MARENA, MAG, MINSA, INETER, ENACAL y otros.

En las Regiones Autónomas de la Costa Caribe, son las Secretarías de Recursos Naturales (SERENA) quienes brindan el acompañamiento institucional, y también la Unidad Técnica de Agua y Saneamiento del Gobierno Regional.

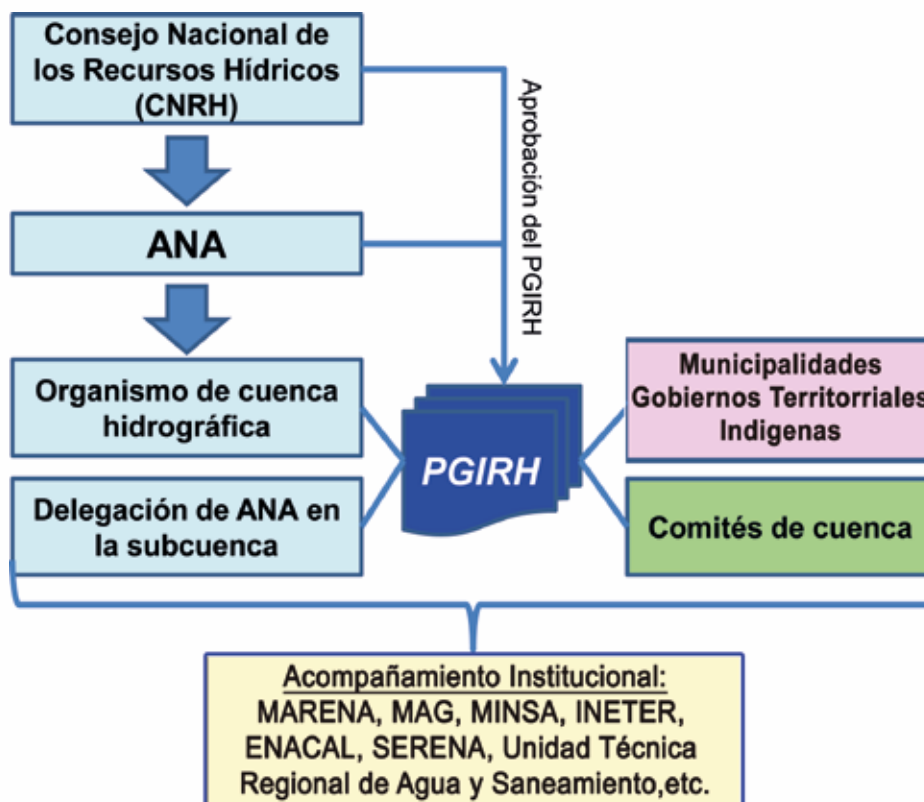


Figura 4: Enfoque PGIRH

## 2. OBJETIVO DEL PLAN DE GIRH

- a. Poner a disposición un diagnóstico hídrico completo de la cuenca hidrográfica, basado en datos confiables y actualizados.
- b. Definir medidas concretas y sensibles al cambio climático en prevención, corrección y regulación, para garantizar el uso sostenible y equitativo, así como la protección, conservación y una buena calidad de los recursos hídricos en la cuenca.
- c. Contribuir a la protección y el uso sostenible de los Recursos Hídricos en la cuenca.

## Funciones adicionales del PGIRH

- a. El PGIRH representa la base para la planificación del suministro rural y urbano y para la distribución de los recursos hídricos a través del otorgamiento de los derechos de agua (agua potable, riego e industria).
- b. Además debe ser consultado en los procesos de ordenamiento territorial y de la planificación de desarrollo municipal.

## 3. PROCESO METODOLÓGICO DE LA ELABORACIÓN DEL PGIRH

### 3.1. Procesos

Entre los numerosos procesos de la GIRH, los de la conformación de los comités de cuenca y de la elaboración de los planes de la GIRH están entre los más importantes. Estos tratan sobre los procesos participativos y en el caso ideal deberían ser realizados en paralelo. Se describen de la siguiente manera:

- ⇒ **El proceso institucional**, que comprende la conformación y desarrollo de los órganos de cuenca, con el propósito de crear la base institucional y organizacional, capacitada, para la elaboración e implementación del PGIRH (ver figura. 5).
- ⇒ **El proceso técnico**, que abarca la elaboración e implementación del Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.
- ⇒ **Monitoreo y Evaluación del PGIRH**, el cual incluye las actividades para medir el desempeño y cumplimiento de la planificación de las medidas y el ajuste requerido de forma sistemática. Esto permitirá conocer los impactos de la implementación del Plan.

Se propone que cada institución, de acuerdo a sus competencias retome sus actividades, además el comité de cuenca puede promover la realización de un Foro anual, donde cada institución exponga el cumplimiento de la medida que se incluyó en el Plan.

Los resultados de las fases del proceso técnico son presentados tanto a los organismos como a los comités de cuenca en foros anuales, para validación y posterior incorporación en los planes operativos de dichos órganos. Ésto, con el objetivo de incidir directamente en la implementación y monitoreo al PGIRH.

Las diferentes etapas paralelas y vinculantes, se presentan en el siguiente esquema (Figura 5):

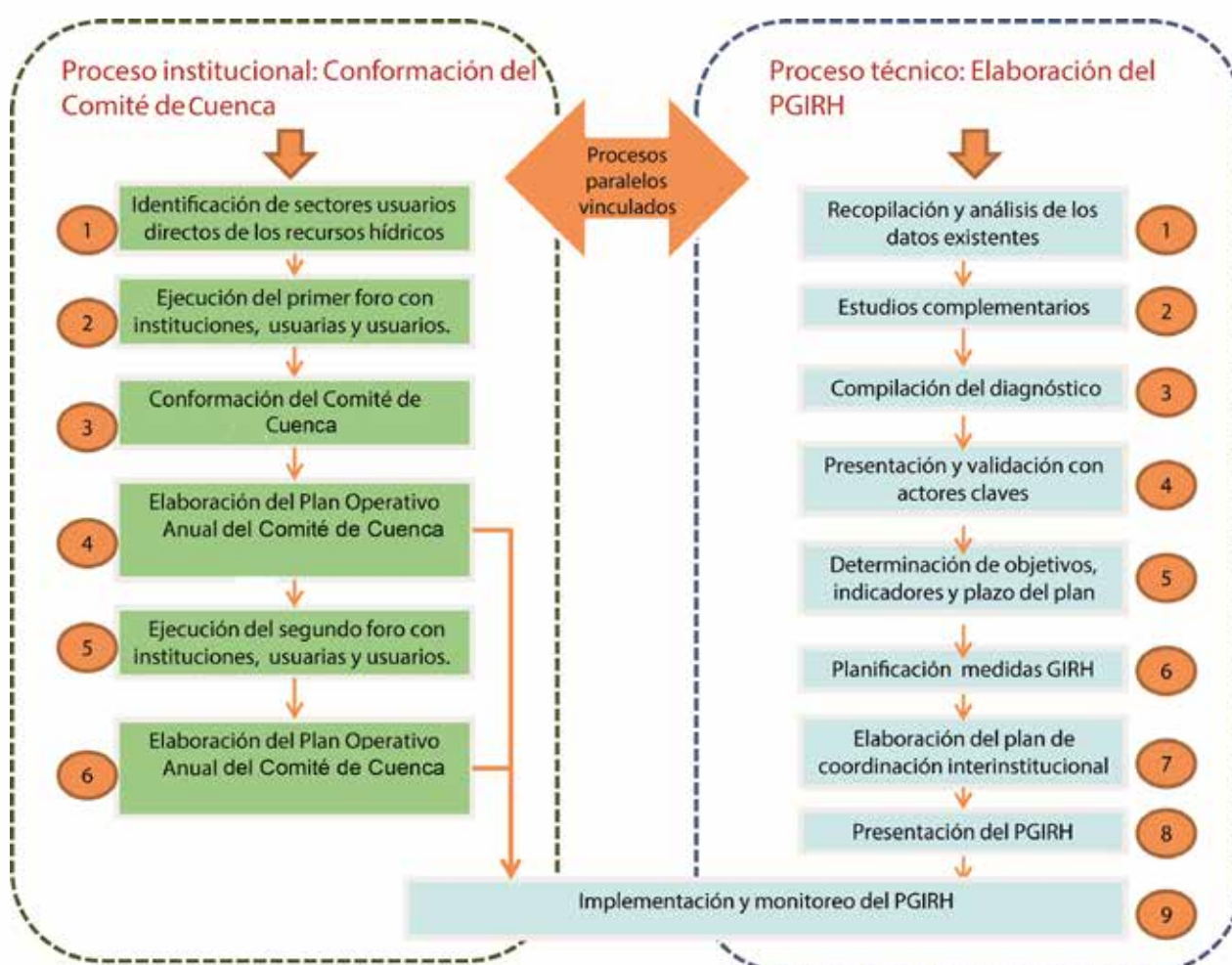


Figura 5: Etapas del proceso metodológico de la elaboración del PGIRH

# Guía del Plan GIRH

En la siguiente figura (6), refleja el proceso metodológico de la elaboración del PGIRH, implementado por ANA en la Subcuenca Mayales y Cuenca No. 72:

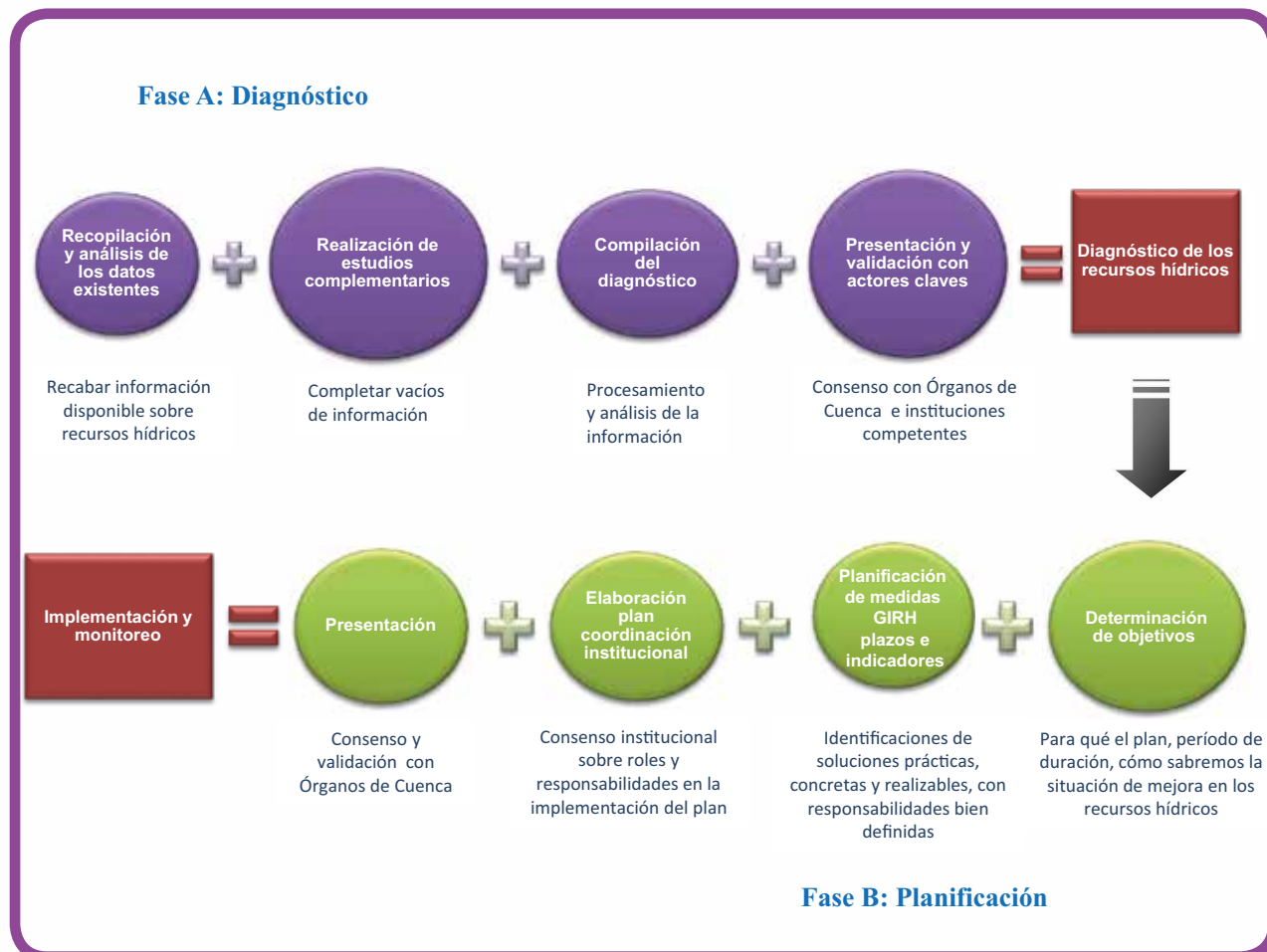


Figura 6: Proceso metodológico de la elaboración del PGIRH

## 3.1. Recopilación y análisis de los datos existentes

Se debe realizar una recopilación de todos los datos hídricos existentes del área de estudio. El objetivo de esta recopilación es determinar la cantidad de datos disponibles para la elaboración del diagnóstico de los recursos hídricos de la cuenca. Los datos hídricos recopilados más importantes deben ser datos de calidad y cantidad de agua. Otros datos relevantes que forman parte de esta recopilación son los datos poblacionales, geográficos, biofísicos, geológicos y datos hídricos. Un paso importante en el análisis de los datos es conocer sobre la calidad o confiabilidad de los datos ya recopilados.



## 3.2. Realización de estudios complementarios

En muchas cuencas la calidad de la información disponible sobre los recursos hídricos no corresponde a los requisitos mínimos del PGIRH. Por regla general faltan datos o los datos disponibles son inadecuados. Muchos de estos datos son esenciales para el diagnóstico y necesitan ser determinados a través de estudios complementarios (por ejemplo: precipitación, escorrentía y caudales). La línea base resultante de este procedimiento es el punto de partida del monitoreo continuo, proceso necesario para acompañar y controlar el cumplimiento de los indicadores del Plan de Medidas del PGIRH.

En el contexto de **evaluación cuantitativa** de los recursos hídricos, que incluye el consumo, la demanda de agua, la oferta y el balance hídrico, los estudios complementarios son usualmente inevitables. En estos se incluyen por ejemplo mediciones de caudales y de la pluviosidad e investigaciones detalladas del consumo y demanda de agua. Pruebas de bombeo pueden ser necesarias en cuencas donde las aguas subterráneas dominan los recursos hídricos y donde no hay suficiente información sobre las características hidrogeológicas. Cálculos teóricos que no se basan en datos de campo son poco confiables y no deberían ser utilizados, por ejemplo para el cálculo del balance hídrico.

En el contexto de **evaluación cualitativa** de los recursos hídricos, la mayoría de las veces los datos disponibles están incompletos o desfasados; y en algunas ocasiones también faltan por completo. Para asegurar una línea base actualizada y representativa de la calidad química, bacteriológica y biológica de las aguas superficiales y subterráneas en la cuenca es obligatorio la realización de campañas de muestreo y análisis.

El **uso de suelo** es otro tema que podría requerir estudios complementarios. Los análisis multitemporales normalmente producen los mejores resultados porque demuestran el cambio de uso del suelo que por regla general tiene impacto directo a los recursos hídricos. Si el presupuesto no permite realizar esta actividad, se podría reemplazar por un análisis actual de uso del suelo.



# Guía para la Elaboración de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH) de las Cuencas Hidrográficas en Nicaragua

## Segunda Parte:

### Estructura y Contenido del Plan de GIRH

#### 1. Introducción

- 1.1. Marco legal
- 1.2. Visión
- 1.3. Objetivo
- 1.4. Metodología
- 1.5. Desarrollo de capacidades
- 1.6. Correlación e Integración con otros Planes

#### 2. Diagnóstico

- 2.1. Objetivo
- 2.2. Descripción general de cuenca
- 2.3. Datos meteorológicos (Estándares y Métodos)
- 2.4. Aguas superficiales (Estándares y Métodos)
- 2.5. Aguas subterráneas (Estándares y Métodos)
- 2.6. Consumo y demanda de agua (Estándares y Métodos)
- 2.7. Balance hídrico (Estándares y Métodos)
- 2.8. Situación de suministro de agua y saneamiento
- 2.9. Uso de suelo

# Guía del Plan GIRH

---

- 2.10. Impacto del cambio climático
- 2.11. Conservación y protección de los recursos hídricos
- 2.12. Intervenciones artificiales en el régimen natural de las aguas
- 2.13. Conclusiones sobre el estado cualitativo y cuantitativo actual de los recursos hídricos.

## **3. Plan de Medidas**

- 3.1. Objetivos, características y funciones
- 3.2. El taller de planificación (estándares de planificación, etc.)
- 3.3. Problemas identificados y las cadenas causales
- 3.4. Matrices temáticas de planificación
- 3.5. Financiamiento, implementación y monitoreo (estructura de conducción, etc.)

## **4. Anexos**

- 4.1. Tablas
- 4.2. Perfiles
- 4.3. Mapas

## **5. Bibliografía**

El Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos tiene cuatro segmentos principales:

- A. La Introducción
- B. El Diagnóstico
- C. El Plan de Medidas
- D. Los Anexos

La estructura de estos segmentos y contenidos son obligatorios y deben ser cumplidos.

A continuación la guía describe las metodologías recomendadas, los requisitos mínimos de cada capítulo y los contenidos de los diferentes temas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la primera parte del documento se encuentran descritos los aspectos fundamentales del Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, como son:

- 1. Marco legal
- 2. Visión
- 3. Objetivo y Horizonte del PGIRH
- 4. Metodología

Para los cuales se sugieren que los puntos 1, 3 y 4 sean retomados en las páginas No. 4 (Marco Legal) y No. 16 (Objetivo y Metodología). El punto 2 (Visión) y el horizonte del plan deben realizarse de acuerdo al tipo de problemática a solucionar dentro de cada cuenca estudiada.

### 1.6. Correlación e Integración con otros Planes

#### Requisitos:

En este inciso se debería abordar de forma específica cómo el Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, se vincula con otros planes nacionales, sectoriales y municipales, considerando el nivel nacional y el nivel regional/cuenca.

Tal como muestra la figura 7, el grosor de las flechas indica cuándo la vinculación es más o menos fuerte; los colores y orientación de las mismas, reflejan el origen de la vinculación entre los planes.

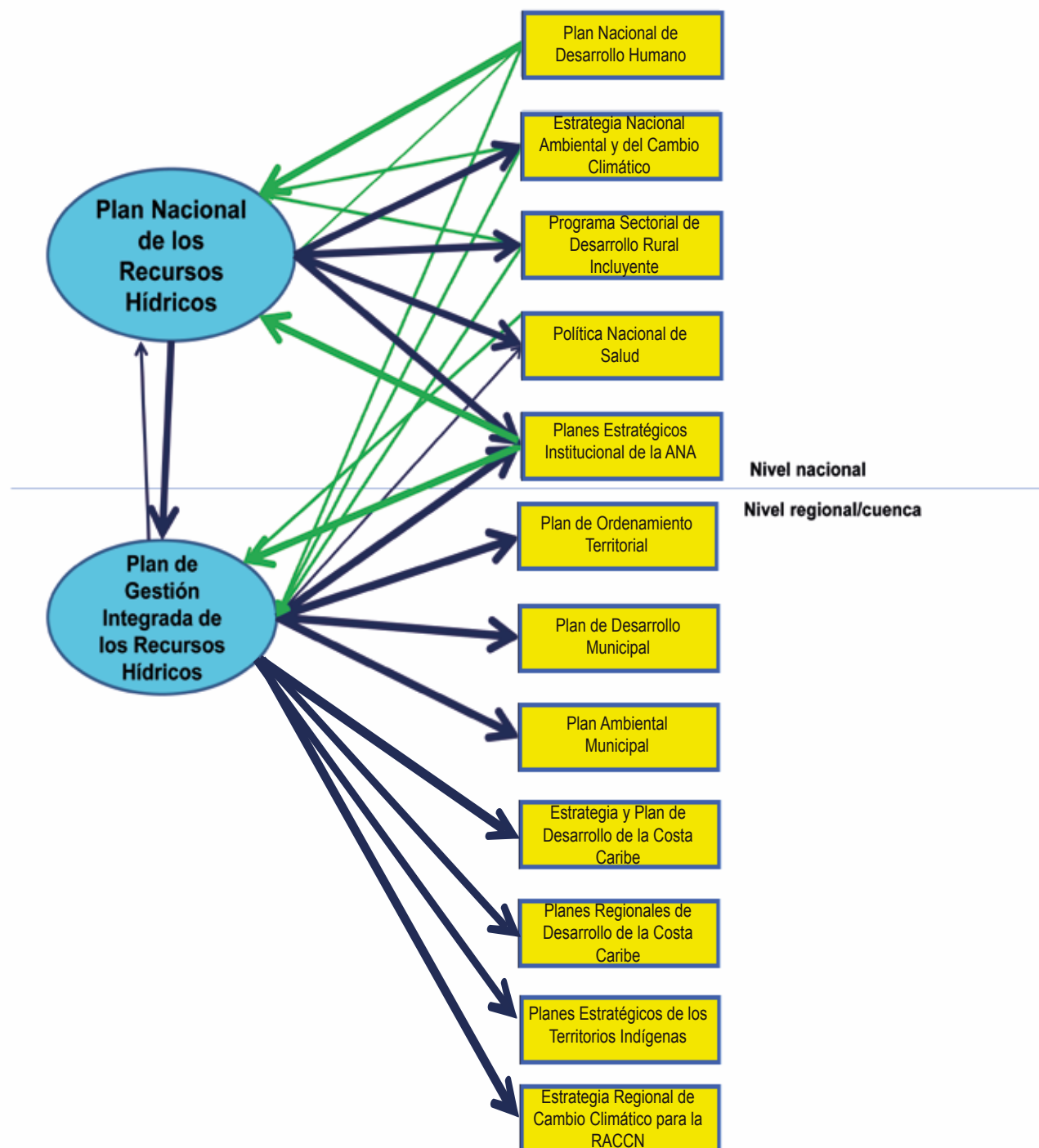


Figura 7: Vinculación del PGIRH con otros planes

Para el caso de los planes nacionales, el Plan Nacional de Desarrollo Humano y el Plan Estratégico Institucional de la ANA, tienen una vinculación más fuerte hacia el Plan Nacional de los Recursos Hídricos, los demás planes nacionales sectoriales tienen menor vinculación con ese plan.

El Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, tiene vínculos más fuertes hacia los planes en el ámbito regional/cuenca, y con el Plan Institucional de la ANA. El PGIRH se vincula especialmente a la implementación de las líneas estratégicas que en los distintos planes existentes figuran de forma general, porque aporta medidas concretas y posibles de realizar, dirigidas a la solución de la problemática de los recursos hídricos e incidencia directa en el manejo sostenible.

Las diferentes vinculaciones deben ser abordadas de forma más específica, en cada uno de los incisos en donde se aborda la vinculación del plan y cada uno de los planes representados en la gráfica. Por ejemplo, para poder correlacionar la Política Nacional de Salud y el Plan GIRH se deben revisar y determinar cuáles son los objetivos en común entre ambos (calidad de agua es el objetivo más relacionado entre ambos planes).

## 2. DIAGNÓSTICO

### Principios básicos:

- El diagnóstico es el fundamento del PGIRH. Todas las decisiones y medidas de la gestión de los recursos hídricos dependen de los resultados del diagnóstico.
- Los resultados del diagnóstico determinan las líneas base con respecto al estado cuantitativo y cualitativo de los recursos hídricos en la unidad hidrográfica investigada.
- Las líneas base son la plataforma de referencia con que se relacionan las medidas e indicadores de la parte C del PGIRH, también conocido como el Plan de Medidas.
- Por ende es muy importante que los datos del diagnóstico sean confiables, plausibles y actuales y reflejen la realidad del régimen de aguas con la mayor exactitud posible.
- El diagnóstico toma en consideración los impactos del cambio climático en la unidad hidrográfica; por ello cada capítulo especializado establece la relación a este tema.

El Diagnóstico debe tener la siguiente estructura, conteniendo los siguientes capítulos:

1. Objetivo del diagnóstico
2. Descripción general de cuenca
3. Datos meteorológicos
4. Aguas superficiales
5. Aguas subterráneas
6. Consumo y demanda de agua
7. Balance hídrico
8. Situación de suministro de agua y saneamiento
9. Uso de suelo
10. Conservación y protección de los recursos hídricos
11. Intervenciones artificiales en el régimen natural de aguas
12. Resultados del diagnóstico y conclusiones sobre el estado cualitativo y cuantitativo actual de los recursos hídricos



## Requisitos generales de Diagnóstico:



- a. La zona de referencia del diagnóstico es la unidad hidrográfica de acuerdo con las definiciones abajo descritas.
- b. El diagnóstico debe ser elaborado por especialistas.
- c. Se requiere que todas las presentaciones, resultados e informaciones del diagnóstico estén elaborados y basados en plataforma Sistema de Información Geográfico, mejor conocido por sus siglas “SIG”. Todos los datos puntuales necesitan ser georreferenciados.

## Definiciones de Unidades Hidrográficas (cuena y/o sub cuena):

- a. La superficie de terreno cuya esorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura, delta o estuario.
- b. La superficie de terreno cuya esorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y eventualmente, lagos, hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos).
- c. Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por una línea imaginaria que marca los puntos de mayor elevación en dicha unidad, en donde brota o escurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye en forma superficial, subsuperficial y subterránea.

### 2.1. Objetivo del diagnóstico

Analizar y describir el estado de todos los componentes de la GIRH y las correlaciones e interacciones dentro de la cuena hidrográfica, basados en datos confiables y actualizados.

### 2.2. Descripción general de cuena

#### 2.2.1. Características físicas

El objetivo de este inciso es dar una vista general de las características físicas de la cuena (localización, tamaño, topografía, geomorfología, drenaje, geología, hidrogeología).

# Guía del Plan GIRH

## Requisitos: **Presentaciones en mapas:**

Mapa topográfico base de la cuenca con las siguientes características:

- a) Límites municipales, departamentales y de comarcas;
- b) Delimitaciones de la cuenca o unidades hidrográficas;
- c) Infraestructura vial;
- d) Red hidrográfica;
- e) Elevaciones.

## **Presentaciones en tablas:**

- a) Áreas (km<sup>2</sup>) de la cuenca/unidades hidrográficas, y
- b) Áreas (km<sup>2</sup>) municipales y de comarcas.

### 2.1.1. Topografía y Geomorfología

**Requisitos:** *Presentación en mapas y descripción de las unidades geomorfológicas y topográficas.*

### 2.1.2. Geología

**Requisitos:** *Descripción general de las características geológicas y tectónicas. Presentación de las unidades geológicas y estructura (fallas principales) en mapas. Descripciones detalladas (litología, estratigrafía, perfiles) pueden ser anexadas (Parte D del PGIRH).*

### 2.1.3. Hidrogeología

**Requisitos:** *Descripción general de las características hidrogeológicas. Descripción y presentación resumida de los acuíferos identificados.*

### 2.1.4. Uso de suelo

**Requisitos:** *Descripción general de uso actual del suelo y las diferentes categorías. Presentación de las áreas por cada categoría en mapa y/o tabla. (Descripciones detalladas de las diferentes categorías de uso de suelo especialmente el análisis multitemporal del uso de suelo mostrando el cambio de la vegetación en la cuenca y el análisis de las relaciones interferenciales entre uso del suelo y el cambio climático se debe efectuar en el capítulo 2.9.).*

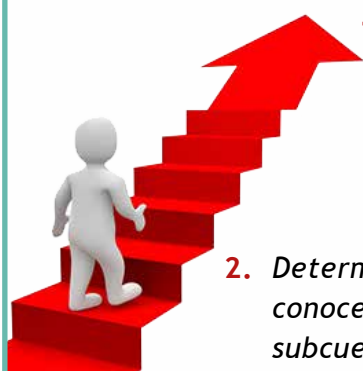


Fuente de información: INETER, MARENA, GRAAN, GRAAS, Gobierno Territorial Indígena (GTI) y la WEB como información complementaria

## 2.2.2. Características administrativas y demográficas

El **objetivo** es determinar y verificar los datos e informaciones necesarias para averiguar el consumo y la demanda de agua de la población en la cuenca y para verificar las capacidades institucionales y administrativas para la implementación del PGIRH.

### Pasos que se deben ejecutar:



1. *Recopilar datos demográficos del último censo realizado por las instituciones correspondientes (Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y como segunda opción los datos demográficos levantados por cada una de los municipios dentro de la cuenca hidrográfica.*
2. *Determinar la extensión territorial (km<sup>2</sup>) de cada municipio para conocer el grado de participación y la importancia hídrica dentro la subcuenca.*
3. *Estimar la población que habita dentro de la subcuenca, mediante análisis (traslape) de los límites comarcales con la divisoria de la cuenca hidrográfica en algún sistema de información geográfica.*
4. *Realizar cálculos de proyecciones de crecimiento poblacional para los próximos 20 años utilizando la fórmula que establece el Instituto Nacional de Información y Desarrollo (INIDE) con el propósito de relacionar dicho crecimiento con la demanda de agua futura de la cuenca.*



1. *Contar con un CENSO con datos actualizados, de ser posible de años contemporáneos (5 años como máximo) al diagnóstico de los recursos hídricos para tener una demanda de agua confiable.*
2. *Contar con datos catastrales en un sistema SIG de los límites comarcales localizados dentro del área de estudio.*



1. *La comparación de datos de diferentes fuentes en algunas ocasiones no coinciden, esto se podría solucionar utilizando el dato más actual y confiable de acuerdo a las fuentes oficiales. Como primera opción utilizar los datos del INIDE.*




Fuente de información: Alcaldías, INIDE, INIFOM, GRAAN, GRAAS, GTI

## 2.3. Datos meteorológicos

Las informaciones meteorológicas son indispensables para el cálculo del balance hídrico que permite la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos.

El **objetivo** de este acápite es establecer la línea base de los parámetros climáticos necesarios para determinar el balance hídrico.

### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. Ubicar la(s) estación(es) meteorológica(s) en la cuenca o la(s) más cerca de la cuenca.
  2. Solicitar todos los datos registrados (registro de todos los años disponibles) por esta(s) estación(es) de la institución operadora (p.ej. INETER). Se requieren los registros de la temperatura, precipitación y evaporación.
  3. Analizar y presentar gráficamente los promedios de los datos registrados de forma mensual, anual y de máximos y mínimos de todos los años disponibles, así como las tendencias multianuales.
  4. Interpretar los resultados con respecto a los posibles efectos del cambio climático.



1. De los tres parámetros importantes (Temperatura, Precipitación y Evaporación) por lo menos fueron registrados la precipitación y la evaporación que son indispensables para el cálculo del balance hídrico.



1. En caso de que fue solamente registrada la precipitación y la temperatura en la cuenca se tiene que utilizar los registros de evapotranspiración de una estación ubicada en una cuenca con precipitaciones y temperaturas comparables al área en estudio.
2. Si existen datos de caudales de río y precipitación, la evaporación real puede ser calculada a partir del despeje de la ecuación universal de la precipitación



1. En la mayoría de los meses la evapotranspiración potencial excede la precipitación.

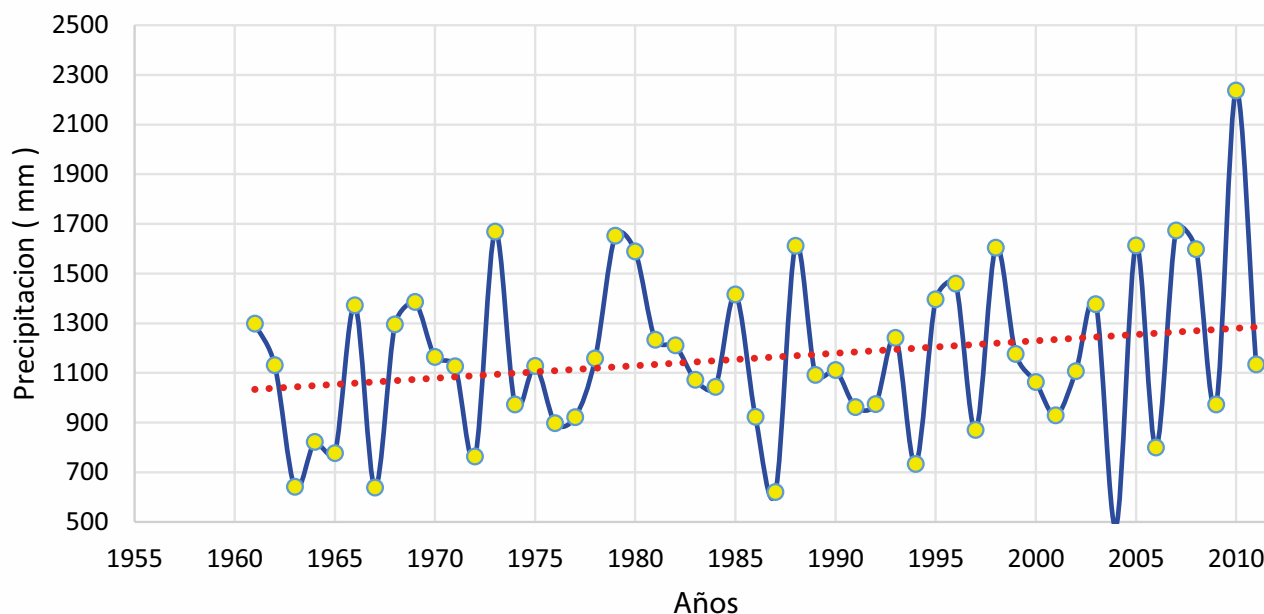


Fuente de información: INETER, Alcaldías, MARENA, MAG, GRAAN, GRAAS, GTI y/o empresas del sector privado que cuenten con estaciones para medir lluvia y otros

## Ejemplo:



**Gráfica 1:** Tendencia multianual de precipitación en la estación de Juigalpa (INETER, 1961 - 2011).



Los datos de temperatura y precipitación se obtienen de las estaciones que miden estas variables y se debe realizar la ponderación en base al área de influencia de las estaciones utilizadas.

Para el caso de la precipitación, los registros deben ser como mínimo de tres décadas para poder realizar un análisis multianual, donde se reflejen posibles cambios de los regímenes de precipitación asociados a fenómenos climáticos (según normas de la Organización Meteorológica Mundial - OMM) .

La evaporación se mide directamente de los tanques o panas de evaporación, según las diferentes normas establecidas internacionalmente. En Nicaragua existen pocas estaciones que registran los datos de evaporación y en muchas ocasiones los cálculos realizados a partir

# Guía del Plan GIRH

de estos datos no son muy confiables, ya que en muchas estaciones los valores calculados en relación a la Evapotranspiración Potencial (ETP) resultan mayores al total de precipitación registrada para una misma zona, condiciones que solo son aplicables generalmente a áreas semiáridas o áridas y no para zonas tropicales como es el caso de Nicaragua.

Para el parámetro evapotranspiración, se conoce por dos tipos de mediciones: la potencial (ETP) y la real (ETR) es generalmente calculada en Nicaragua usando el método indirecto de Thornthwaite.

## Ejemplo:



*Tabla 1: Datos de evapotranspiración potencial (mm) de estación Juigalpa (Período 2005-2011)*

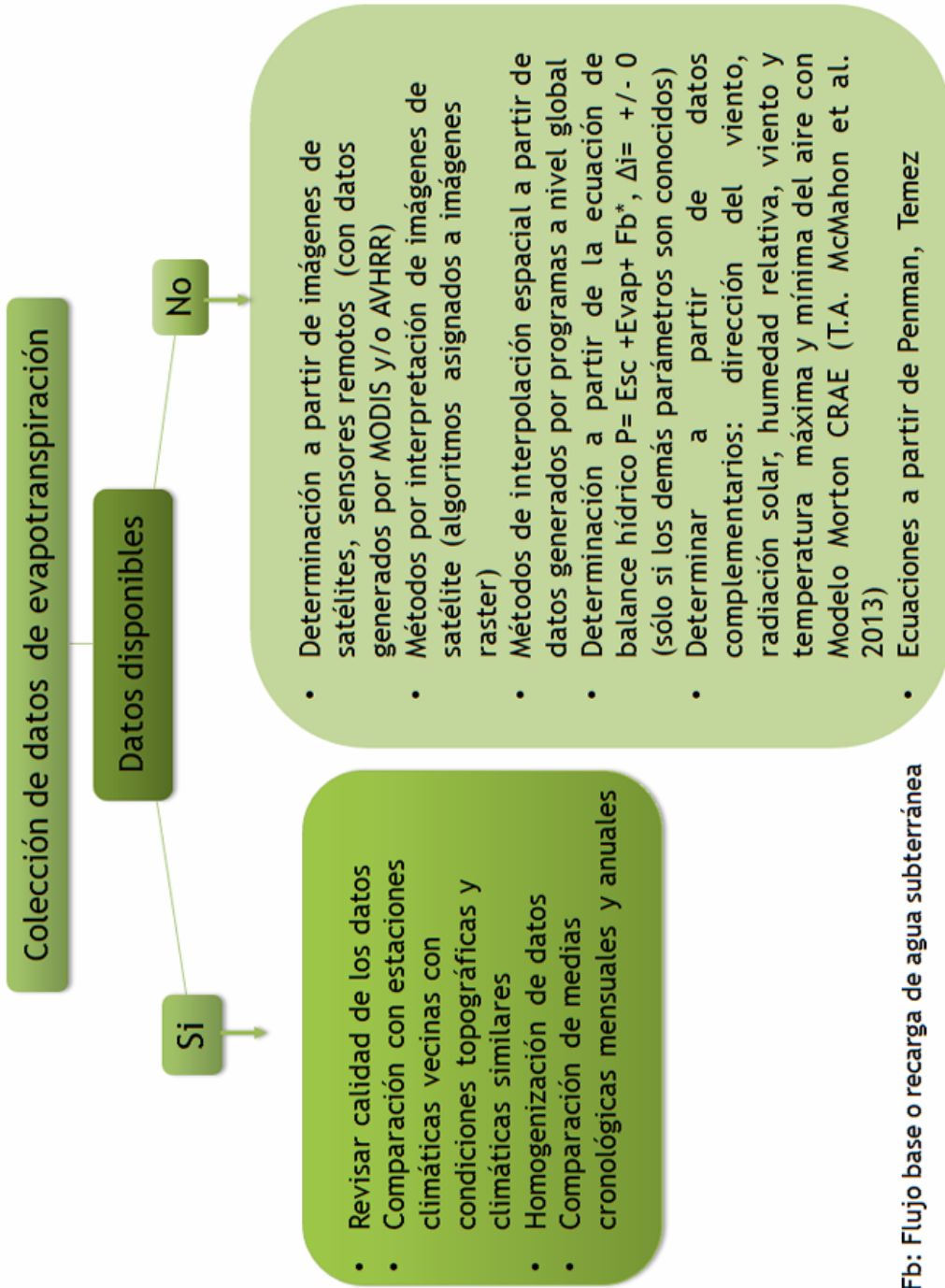
Estación: JUIGALPA ( Período: 2005 - 2011)												
Latitud: 12° 06' 00" Longitud: 85° 02' 00"							Altitud: 90 msnm					
Enero	Feb	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
128	125	169	196	184	150	149	150	138	130	127	127	1,774

La ETR es inferior a la ETP para los siguientes factores:

- Falta de agua en algunos períodos.
- Variación de la evapotranspiración según el desarrollo de la planta.
- Variaciones de las condiciones atmosféricas como la humedad, la temperatura, etc.

Este parámetro generalmente es medido utilizando lisímetros, sondas de neutrones y a través de la ecuación del balance hídrico ( $P=Es+E_{pt}+\Delta r$ ) de una cuenca en donde se conozcan los valores de Escorrentía (Esc), Precipitación (P) y Recarga de agua subterránea ( $\Delta r$ ) y por diferencia se calcula la evapotranspiración  $E_{pt} = P - (Esc + \Delta r)$ .

A continuación se presenta un esquema de colección de datos de evapotranspiración para dos escenarios; cuando hayan datos disponibles y en el caso crítico que no existan.



\* Fb: Flujo base o recarga de agua subterránea

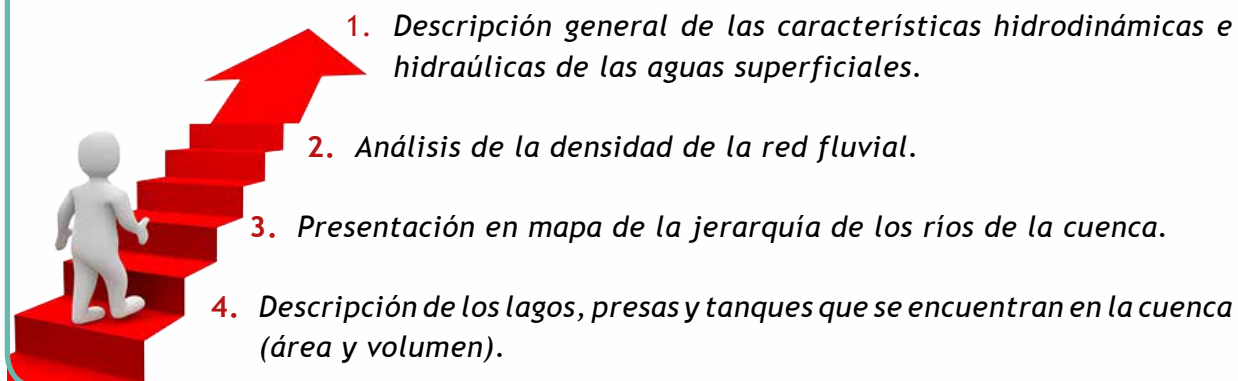
# Guía del Plan GIRH

## 2.4. Aguas Superficiales

### 2.4.1. Red Hidrológica

El **objetivo** es describir y analizar las aguas superficiales (ríos, quebradas, lagos, presas y tanques) y las características hidrológicas que se encuentran en la cuenca.

Pasos que se deben ejecutar:



Fuente de información: INETER, Alcaldías, GRAAN, GRAAS, GTI, exploración en terreno.

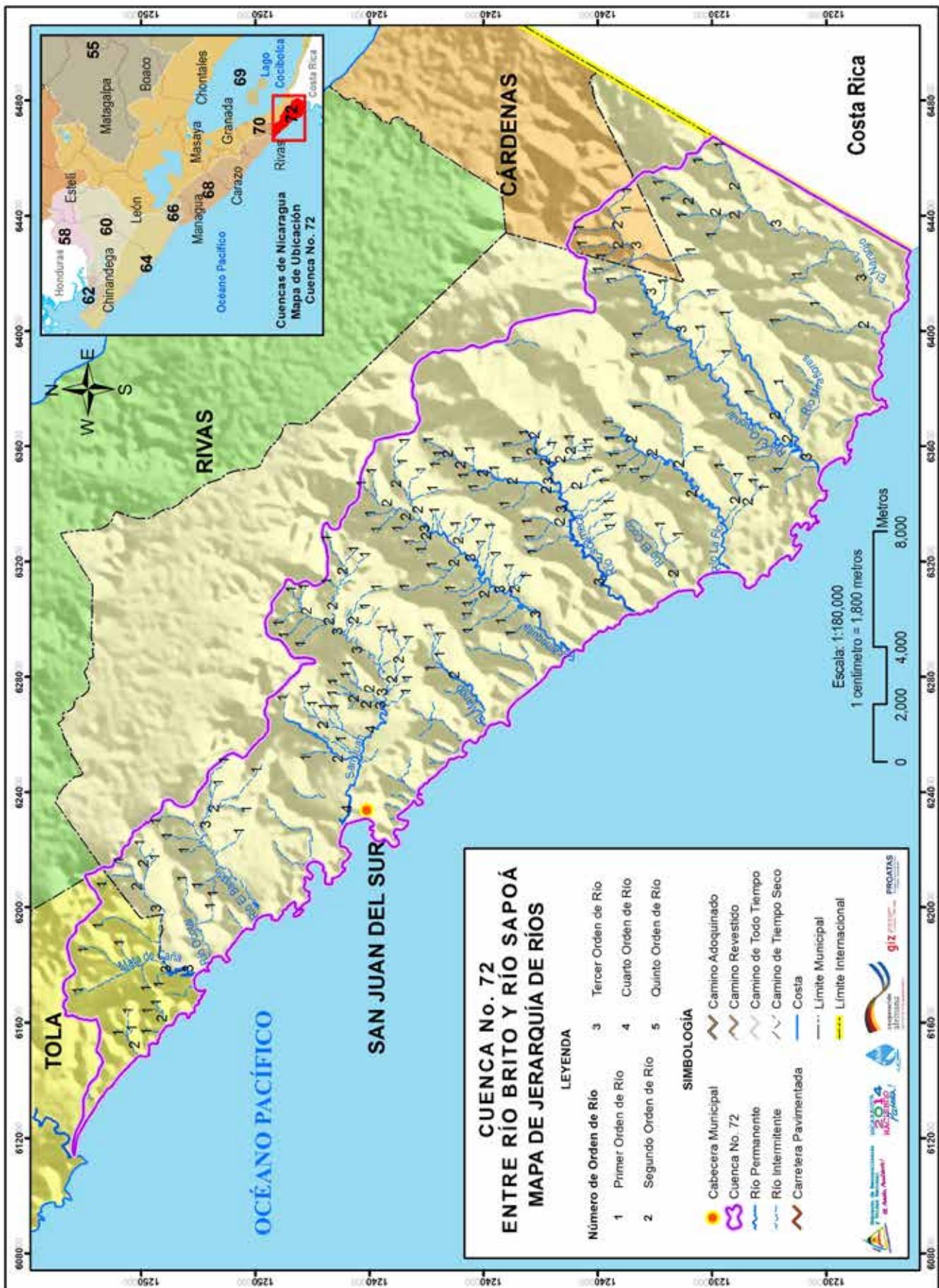
Ejemplo:



Mapa 1: Jerarquía de ríos de la Cuenca 72

Para realizar las ilustraciones de la distribución de drenaje y el orden hidrológico se debe de emplear la aplicación “Strahler (1952,1957)”.






## 2.4.2. Estado actual cuantitativo y cualitativo

### Estado actual cuantitativo

El aforo y el régimen del caudal de los ríos en la cuenca hidrográfica son parámetros claves para el cálculo del balance hídrico y la determinación de la recarga de las aguas subterráneas. También son indispensables en el cálculo de las reservas de las aguas superficiales disponibles para el suministro de agua potable y el riego en la agricultura.

El **objetivo** de este acápite es establecer la línea base cuantitativa de la esorrentía superficial para determinar el balance hídrico.

#### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. Ubicar la(s) estación(es) hidro-limnimétrica(s) en la cuenca o la(s) más cerca a ésta.
  2. Solicitar los datos de aforos de las fuentes hídricas registrados (registro de todos los años disponibles) por esta(s) estación(es) de la institución operadora (normalmente por INETER).
  3. Analizar y presentar gráficamente los caudales promedios mensuales, anuales y de máximos y mínimos de todos los años disponibles, así como las tendencias multianuales.
  4. Establecer la correlación entre los caudales y la pluviosidad en la cuenca.
  5. Determinar el caudal promedio por ciclo hídrico y en época seca (aforo seco) y presentarlo gráficamente.



Lo ideal debería ser que existan por lo menos algunos registros diarios de los caudales del río principal de la cuenca, de al menos 1 año hídrico.



Podría ser que no exista ninguna estación hidrométrica y ningún aforo de los caudales de los ríos en la cuenca (de existir recursos, en este caso se sugiere instalar una estación hidrométrica). De darse esta situación se requiere ejecutar aforos por mediciones móviles del caudal del río principal de la cuenca durante un año hídrico.



# Guía del Plan GIRH

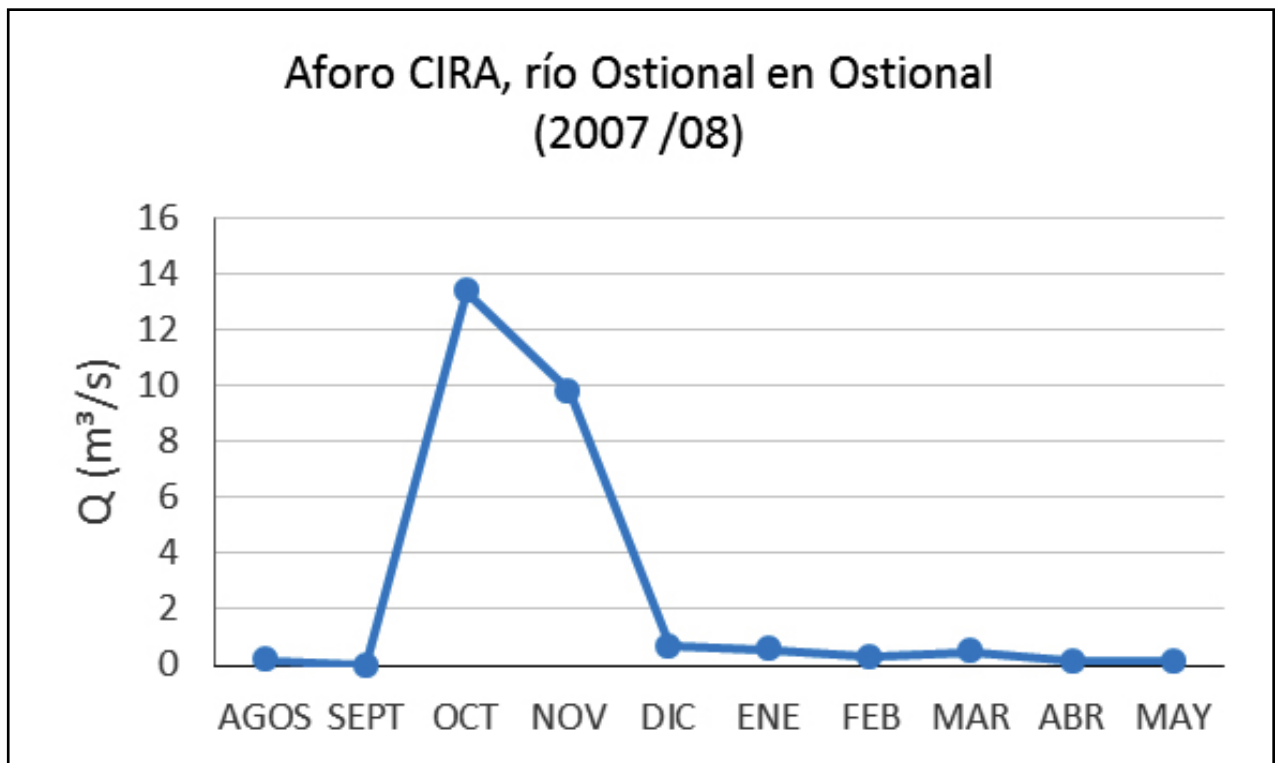


Fuente de información: INETER

## Ejemplo:



Gráfica 2: Mediciones de caudal mensual con método de aforo con molinete en río Ostional, Cuenca 72



## Estado actual cualitativo

El estado cualitativo de las aguas superficiales define las medidas de conservación y protección de los recursos hídricos, siendo uno de los cuatro componentes claves de la GIRH en la cuenca hidrográfica.

El **objetivo** de este inciso es describir el estado químico (orgánico e inorgánico), fisicoquímico, biológico y microbiológico de las aguas superficiales de la cuenca y así establecer la línea base cualitativa.

### Pasos que se deben ejecutar:



1. *Recopilar todos los datos analíticos disponibles de las aguas superficiales de la cuenca. Estos datos incluyen todos los resultados de análisis químicos (orgánicos e inorgánicos), fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos.*
2. *Localizar geográficamente los puntos de muestreo.*
3. *Analizar y presentar en tablas los resultados de los análisis de acuerdo a la fecha y lugar de análisis, comparándolos con los estándares nacionales e internacionales (OMS) en vigor.*
4. *En caso de contaminaciones detectadas: determinar las fuentes/causas de las contaminaciones.*
5. *Visualizar en mapas (plataforma SIG) los resultados obtenidos.*



*Existen resultados de todos los análisis requeridos\*, éstos corresponden a los criterios y estándares\* cuantitativos debajo definidos y no son mayores a dos años.*

*(ver tabla 2)*



*No existen resultados suficientes de acuerdo a los criterios definidos o/y los análisis son mayores a dos años.*

*En este caso se tiene que preparar y ejecutar una campaña de línea base de análisis de las aguas superficiales que cumplan los criterios y estándares cualitativos y cuantitativos abajo definidos.*



Fuente de información: MARENA, ANA, MINSA, Universidades, Alcaldías, GRAAN, GRAAS y GTI.

# Guía del Plan GIRH

## Ejemplo:



*Las campañas de muestreo y análisis complementarios son necesarios si los datos existentes no permiten establecer una línea base actual que incluye los parámetros abajo listados.*

Tabla 2: Requisitos mínimos: línea base actualizada del estado cualitativo de las aguas superficiales\*

Tareas	Estándares	Resultados esperados y la interpretación	Presentación
<p>Análisis de todos los datos cualitativos recopilados</p> <p>Estudios complementarios*:</p> <p>Ejecución de campañas de muestreo y análisis químicos (orgánicos e inorgánicos) fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos representativos de las aguas superficiales (ríos, lagos, embalses, manantiales.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los análisis tienen que ser ejecutados por laboratorios acreditados. Sin embargo se debe de tomar en consideración que el país no cuenta con los mismos, si no más bien ciertos ensayos son los acreditados en laboratorios que utilizan la norma técnica nicaragüense NTN (04001-05).</li> <li>Al menos una muestra en cada confluencia de los ríos del cuarto y quinto orden.</li> </ul>	<p>Comparación e interpretación ante referencias nacionales (CAPRE) e internacionales (OMS). Para la interpretación de los análisis bacteriológicos y de la demanda bioquímica del oxígeno se debe utilizar una clasificación basada en cuatro diferentes grados de contaminación y por ende diferentes tipos de calidades. Esta clasificación se utiliza para el análisis de los recursos hídricos en otros países tales como México e incluido en el “Diagnóstico Hídrico de las Américas” (FCCyT<sup>1</sup>, 2012). Para la interpretación de los análisis biológicos se debe describir y presentar el estado de la calidad del agua a través del Índice Biótico (IBF-SV-2010).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas que visualizan la ubicación del muestreo y posibles contaminaciones</li> <li>Tablas de los resultados</li> </ul>

Parámetros de análisis obligatorios	Parámetros físicoquímicos	Parámetros inorgánicos	Parámetros orgánicos	Parámetros microbiológicos	Parámetros macrobiológicos
	Temperatura, conductividad eléctrica, pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT) y turbidez	Aniones y Cationes disueltos en el agua ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{CO}_3^{2-}$ , $\text{HCO}_3^-$ ). Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Metales Pesados (Arsénico, Plomo, Mercurio, Cadmio) y Cobre.	Plaguicidas Organoclorados, Plaguicidas Organofosforados, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y Bifenilos Policlorados	Coliformes totales, coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) y Escherichia coli.	Macroinvertebrados Acuáticos (riqueza taxonómica en período canicular)

\* Las campañas de muestreo y los análisis complementarios son necesarios si los datos existentes no permiten establecer una línea base actual que incluye los parámetros antes mencionados.

<sup>1</sup> Foro Consultivo Científico y Tecnológico

## 2.4.3. Estado de monitoreo actual de las aguas superficiales

El monitoreo cuantitativo y cualitativo de las aguas superficiales es una rutina indispensable de la GIRH y tiene que ser ejecutado a través de una estrategia y un plan de monitoreo que determina los parámetros y la frecuencia del monitoreo.

El **objetivo** es determinar el estado actual del monitoreo cuantitativo y cualitativo en la cuenca hidrográfica.

### Pasos que se deben ejecutar:


- 
1. Ubicar la(s) estación(es) meteorológicas, hidrométrica(s) y/o limnметра(s) en la cuenca o la(s) más cerca de la cuenca. Georreferenciarlas y presentarlas en mapas.
  2. Preparar y realizar una campaña para verificar el estado, la funcionalidad y la responsabilidad de las estaciones identificadas.
  3. Describir y documentar la rutina actual del monitoreo cuantitativo y cualitativo en la cuenca y anexar planos eventuales.
  4. Mencionar a los responsables, actores y ejecutores (laboratorios) que participan en el monitoreo.

Tabla 3: Requisitos mínimos para monitoreo de aguas superficiales

Tareas	Estándares	Resultados esperados y la interpretación	Presentación
Inventario y descripción del monitoreo cualitativo y cuantitativo actual en la cuenca.	¿Qué estándares están aplicados? Normas OMM (Hidrología Operativa)	<b>Monitoreo cuantitativo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicación (coordenadas) y estado de las estaciones hidrométricas y meteorológicas.</li> <li>Frecuencia de monitoreo.</li> <li>Institución responsable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas y tablas</li> </ul>
<b>Estudios complementarios*:</b>  Campañas para verificar el estado, la funcionalidad y la responsabilidad de las estaciones meteorológicas e hidrométricas.		<b>Monitoreo cualitativo:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicación (coordenadas) de los puntos de monitoreo.</li> <li>Parámetros de análisis.</li> <li>Frecuencia de monitoreo.</li> <li>Institución responsable.</li> <li>Laboratorio ejecutor.</li> </ul>	

\* Necesarios si la información disponible no permite cumplir con el requisito mínimo



Fuente de información: ENACAL, INETER, MARENA y Alcaldías.

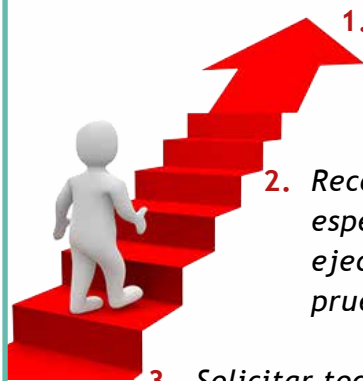
## 2.5. Agua subterránea

### 2.5.1. Acuíferos, potencial y rendimiento sostenible (estado actual cuantitativo)

En muchas cuencas hidrográficas, las aguas subterráneas son la única fuente de agua tanto para el suministro de agua potable como para el riego y uso industrial, especialmente en la estación seca, donde las precipitaciones son muy escasas y los ríos quedan secos. Aunque las aguas subterráneas tienen alta importancia en Nicaragua, todavía están poco investigadas y es necesario más explicación para su entendimiento. El análisis de los acuíferos, la delimitación tridimensional, la determinación de los potenciales y rendimientos sostenibles son las tareas más difíciles del diagnóstico. En muchos casos la falta de datos no permiten una descripción exacta de las condiciones hidrogeológicas. Por ende se debe aproximar a estas condiciones a través de la interpretación de los datos disponibles y de la geología local.

El **objetivo** de este inciso es determinar las condiciones hidrogeológicas, los potenciales y rendimientos seguros de los acuíferos en la cuenca hidrográfica.

#### Pasos que se deben ejecutar:



1. *Inventariar todos los pozos perforados y excavados en la cuenca, medir los niveles freáticos, georreferenciarlos y presentarlos en mapas (en metros sobre el nivel del mar).*
2. *Recopilar todos los datos y estudios geológicos de la cuenca especialmente las documentaciones de las perforaciones ejecutadas para fin de suministro de agua y por otros fines y las pruebas de bombeo.*
3. *Solicitar todos los datos del monitoreo de los niveles freáticos ejecutados por los operadores de los pozos (ENACAL, Alcaldías, sector privado y por INETER).*
4. *Determinar la recarga de los acuíferos.*
5. *Construir perfiles hidrogeológicos y clasificar los acuíferos en la cuenca con respecto a las dimensiones, potenciales y productividades (considerando permeabilidades y/o conductividades hidráulicas).*
6. *Visualizar en mapas (plataforma SIG) los niveles y las direcciones de flujo de las aguas subterráneas.*





Los datos claves para determinación del potencial y del rendimiento seguro de un acuífero están compuesto por:

- 1) Los resultados de prueba de bombeo hasta el régimen permanente de abatimiento (permeabilidad, conductividad hidráulica, coeficiente de porosidad).
- 2) Los perfiles geológicos de los pozos/perforaciones (espesor y extensión espacial del acuífero).
- 3) Los datos del monitoreo de los niveles freáticos.

La recarga de las aguas subterráneas es uno de los parámetros más importantes del análisis de los acuíferos e indispensable para el cálculo del balance hídrico. También es la base para la gestión de un acuífero y para el otorgamiento de los derechos de agua. Las concesiones para explotar un acuífero específico nunca debería pasar por encima de la recarga promedio anual de este acuífero .



Normalmente no existen datos confiables de la recarga de los acuíferos en Nicaragua. En algunos casos la recarga fue determinada por pruebas de infiltración. Sin embargo este método es poco exacto y requiere el conocimiento de las características del acuífero (si existe uno), especialmente el volumen de almacenamiento utilizable y las dimensiones espaciales.

Los datos de estas pruebas de infiltración resultan desproporcionados en relación con los otros parámetros del balance hídrico y no reflejan las condiciones reales.

A propuesta de ENACAL e INETER se incluye la modelación Hidrológica como un método alternativo para obtener valores estimados de caudales, siempre y cuando se justifique la metodología y el área de estudio, porque la mayoría de estos modelos necesitan al menos la información mínima de 3 parámetros y uno de ellos es el caudal. Este método debe usarse en caso que no exista ningún valor de caudal medido en una estación de aforos o datos medidos de un proyecto que puedan ser utilizados en el diagnóstico. Si se utiliza este método debe usarse otro método de comprobación para disminuir el margen de error de los valores estimado.



Fuente de información: INETER, Libros de texto de Hidrogeología

# Guía del Plan GIRH

---

La recarga de un acuífero se puede calcular:

- a. Por la medición directa de la recarga (pruebas de infiltración, mediciones de evapotranspiración utilizando lisímetros, análisis de variación del nivel estático entre otros);
- b. Por el cálculo del flujo a través del acuífero y
- c. Por la determinación del caudal que sale del acuífero (separación de componentes del hidrograma).

**La estimación precisa de la recarga es de vital importancia para evaluar y racionar un acuífero.**

En el ambiente geológico de Nicaragua la estimación de la recarga a través de **balance hídrico de suelos** (pruebas de infiltración y/o mediciones de evapotranspiración utilizando lisímetros) no producen resultados confiables. Generalmente los resultados son puntuales y **no** toman en consideración las condiciones reales de subsuelo especialmente de la geología y de las características de los acuíferos y por ende en muchos casos producen recargas muy altas que no son compatibles con la realidad. A solicitud de las instituciones que revisaron este documento (ANA, INETER y ENACAL) las pruebas de infiltración quedan como un método alternativo.

Considerando la situación del conocimiento hidrogeológico y de la disponibilidad de datos confiables y actuales en Nicaragua, se recomiendan la aplicación de los siguientes métodos para calcular la recarga de las aguas subterráneas:

1. El método de las **fluctuaciones del nivel freático** es quizás el más utilizado para estimar la recarga pero requiere el conocimiento del coeficiente de almacenamiento específico (o rendimiento específico) y de las variaciones temporales del nivel, ambos datos que no están disponibles en muchas cuencas hidrográficas de Nicaragua. Entre las ventajas, cabe citar la sencillez e independencia respecto al mecanismo de desplazamiento del agua en la zona no saturada. La incertidumbre en las estimaciones obtenidas con este método están relacionadas con la limitada precisión con que se puede determinar el coeficiente de almacenamiento específico y con la validez de las hipótesis de partida. Este método solamente se puede aplicar para acuíferos no confinados.

Considerando la ecuación básica (1) del balance de las aguas subterráneas en la cuenca, cambios en el almacenamiento de acuífero, pueden ser atribuidos a la recarga **más** afluentes subterráneas, **menos** flujo de base (descarga a los ríos y manantiales y descarga para afuera de la cuenca) y evapotranspiración de las aguas subterráneas :

$$R = \Delta A^{as} + Q^{fb} + ET^{as} + Q_{des} - Q_{afl} \quad (1)$$

R = recarga;  $\Delta A^{as}$  = Cambio del almacenamiento de las aguas subterráneas;  $Q^{fb}$  = flujo base;  $ET^{as}$  = Evapotranspiración de las aguas subterráneas;  $Q_{des} - Q_{afl}$  = flujo de base neto que sale de la cuenca (inclusive extracciones); todos términos expresados por ejemplo en mm/a.

Se puede reformular la ecuación de recarga de acuerdo con el método de las fluctuaciones del nivel freático:

$$R = R_{esp} \Delta n / \Delta t \quad (2)$$

*R = recarga;  $R_{esp}$  = Rendimiento específico;  $n$  = nivel freático;  $t$  = tiempo*

La derivación de la ecuación (2) asume que el agua infiltrada sea almacenada inmediatamente en el acuífero y que todos los otros parámetros de la ecuación (1) sean cero durante la fase de recarga.

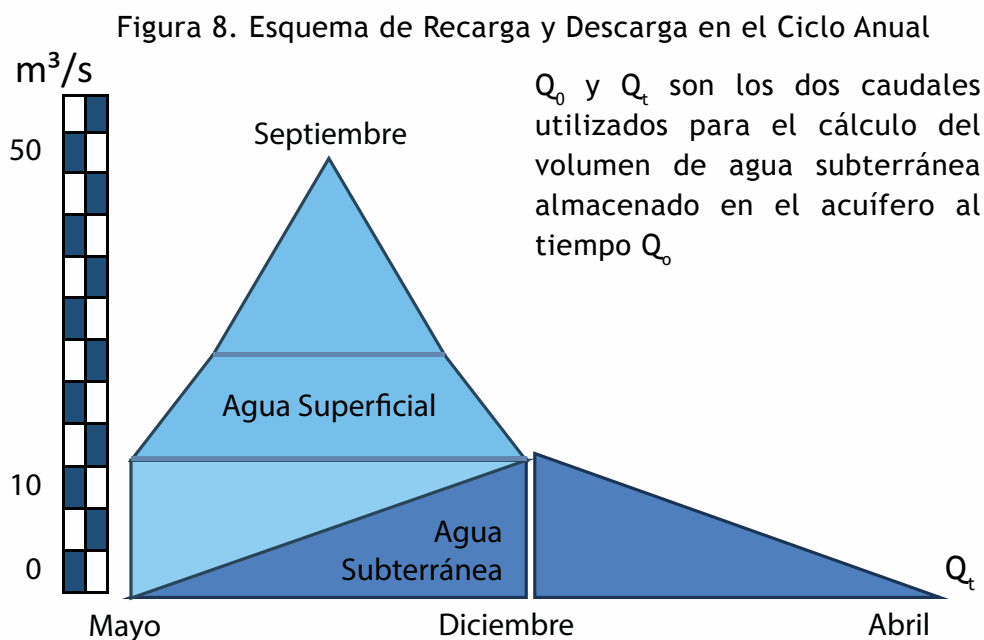
Se puede hacer esta suposición porque existe un retraso entre el evento de recarga y la efectividad de los otros componentes de la ecuación (1). Si el método es aplicado durante este retraso, la recarga puede ser registrada completamente. Esta suposición es más válida para períodos cortos de algunas horas hasta algunas días y requiere la medición de los niveles freáticos por “divers” (sensores de presión para medición de niveles de agua subterránea). La duración del atraso es crítico y el método solamente funciona si la descarga del acuífero es claramente más lenta que el aumento del nivel freático efectuado por la recarga como consecuencia de un evento de precipitación.

2. Por falta de datos hidrogeológicos requeridos (resultantes de pruebas de bombeo y de monitoreo de los niveles freáticos) en la mayoría de las cuencas hidrográficas de Nicaragua se recomienda calcular la recarga de los acuíferos por la **determinación del caudal que sale del acuífero** que se realiza a través de aforos de los caudales de los ríos principales de las cuencas en la época seca. Este método está explicado en la figura 8 .

Cuando las precipitaciones cesan al final de la estación lluviosa, el caudal en un río se alimenta únicamente por drenaje de los acuíferos, quiere decir desde el agua subterránea. Sin lluvia, los acuíferos tampoco reciben recarga y el drenaje hacia los ríos es a través de las reservas de agua subterránea almacenada durante la estación lluviosa. Estas reservas siguen disminuyendo, hasta que el gradiente de flujo del acuífero hacia el lecho de río se convierte en cero. En este momento el flujo de los ríos se detiene y el río se seca. Este caso se presenta sobre todo cuando en el año anterior las precipitaciones fueron inferiores al promedio anual o en una situación de sobre explotación de los acuíferos. Cuando el año anterior fue muy lluvioso, normalmente el caudal de los ríos se mantiene hasta que las primeras lluvias provocaban nuevamente la escorrentía superficial.

# Guía del Plan GIRH

Durante la estación seca, la disminución del flujo base de un acuífero que drena a un río sigue una ley logarítmica, lo cual permite calcular las reservas de agua subterráneas que se encuentran ubicadas en los acuíferos aguas arriba de una estación de aforo. Teóricamente el cálculo puede hacerse sin conocimiento ninguno del sistema de acuífero - o acuíferos - situado aguas arriba, que pueden ser considerados como una caja negra. Los únicos datos necesarios son el caudal en el río y el registro de lluvias de una estación vecina.



En la fórmula abajo, la integración del volumen de agua incluido por la función logarítmica entre  $Q_t - Q_0$ , da las reservas de agua subterránea ( $R_{\text{recursos}}$ ), almacenadas en el/los acuífero (s), aguas arriba de una estación de aforo al fin de la estación lluviosa y al inicio de la estación seca. El volumen equivale a la recarga de los acuíferos durante la estación lluviosa anterior.

## Análisis de las Curvas de Agotamiento (recession curve analysis)

Durante un período de sequía el caudal del acuífero (o caudal de un manantial), disminuye de manera logarítmica de acuerdo a la fórmula:

$$Q_t = Q_0 \times e^{-\alpha t}$$

donde:

$Q_t$  = caudal del manantial al final del período de sequía

$Q_0$  = caudal del manantial al principio del período de sequía al momento  $t_0$

$e$  = logaritmo natural

$t$  = tiempo

$\alpha$  = coeficiente de agotamiento

La fórmula permite una determinación gráfica o analítica del coeficiente  $\alpha$  según:

$$\log Q_t = \log Q_0 - (\alpha \lg e) t$$

$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0.4343 \times t}$$

Los recursos naturales al principio del período de sequía se calculan de acuerdo a la fórmula:

$$Q \text{ recursos} = \int_{t_0}^{\infty} Q_t dt$$

y según integración:

$$Q \text{ recursos} = \frac{Q_0}{\alpha}$$

Un ejemplo de cómo se hacen los cálculos, es dado en la siguiente figura (9). Dentro de este ejemplo se muestran dos gráficas, la primera corresponde a una curva resultado de los valores de caudales versus meses. La segunda gráfica muestra el comportamiento lineal del coeficiente de agotamiento de los caudales de forma logarítmica hasta llegar al valor de flujo base (ver fórmula para análisis de curvas de agotamiento arriba).

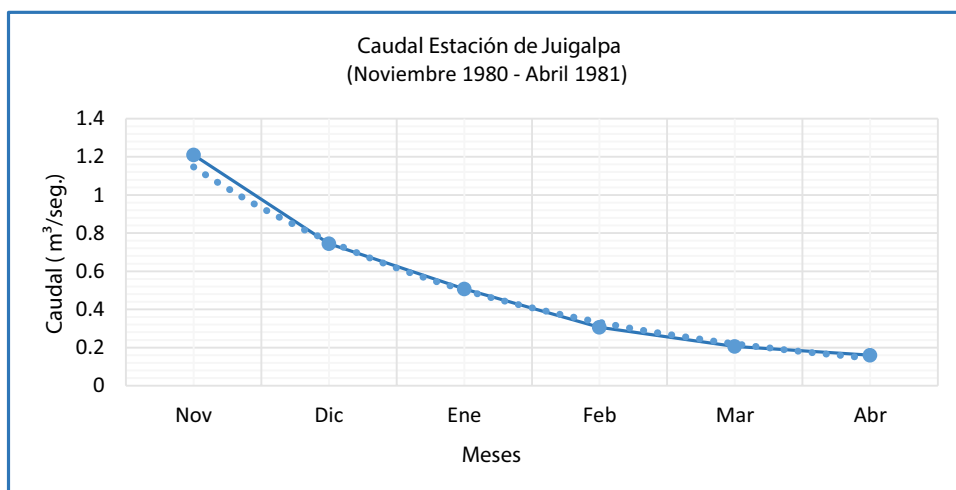
La tabla 4, que veremos después de la figura 9, resume los requisitos mínimos en la caracterización de los acuíferos.

# Guía del Plan GIRH

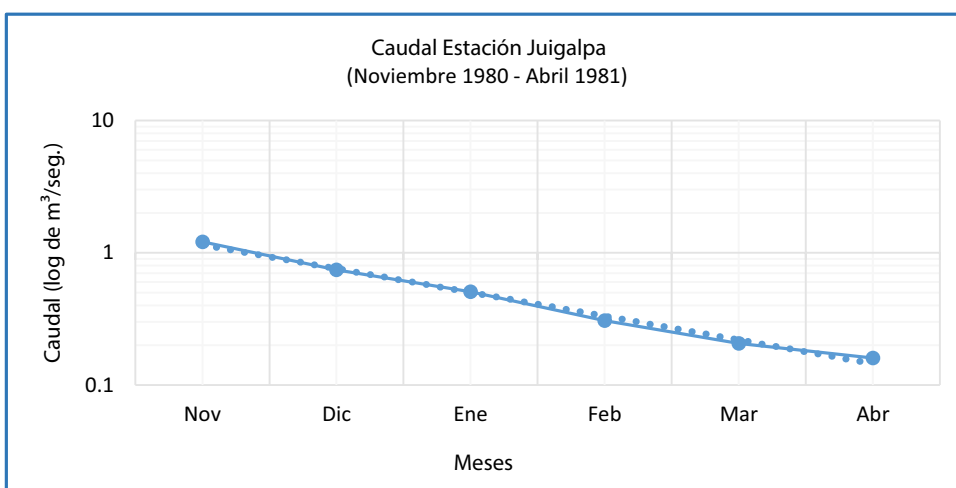
Figura 9: Ejemplo de cálculo de curva de recesión con caudales de río Mayales

Flujo de base 1980-81. Coef. de pluviosidad = 1.38. Año lluvioso														
	Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC	MED
PREC:	1980	6	2	4	0	212	300	119	213	193	242	294	4	1589
(mm)	1981	0	6	8	6	187	361	86	221	138	152	55	13	1233
Escor:	1980					9.34	19.6	8.13	11.2	41.6	64.1	67.4	6.05	
(m <sup>3</sup> /s)	1981	2.87	1.28	0.386	0.009	0.03	29	10.6				3.64	1.89	

Meses	Caudal
Nov	1.21
Dic	0.744
Ene	0.507
Feb	0.307
Mar	0.206
Abr	0.16



Meses	Caudal
Nov	1.21
Dic	0.744
Ene	0.507
Feb	0.307
Mar	0.206
Abr	0.16



$$\alpha = \frac{\log Q_0 - \log Q_t}{0.4343 \times t} \quad \alpha = 0.388211734$$

$$Q_{\text{recursos}} = \frac{Q_0}{\alpha} \quad Q = 8078,890 \text{ m}^3$$

Tabla 4: Requisitos mínimos para la diferenciación y caracterización de los acuíferos de la cuenca con relación a la productividad y potencial

Tareas	Estándares	Resultados esperados y la interpretación	Presentación
<p>Inventario de los pozos (perforados y excavados) de la cuenca con las características hidráulicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenciación y descripción de los acuíferos de acuerdo con características hidráulicas</li> </ul>	<p>Ejecución de las pruebas de bombeo acompañado por hidrogeólogo(a), y/o técnico(a) de campo experimentado en la materia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Coordenadas de los pozos</li> <li>Características generales: (perforado o excavado, profundidad, nivel freático, tipo de operación: manual/eléctrica, estado, propietario).</li> </ul> <p>Parámetros hidráulicos*: (Productividad (Q), Capacidad específica de extracción/rendimiento seguro (q), coeficiente de almacenamiento, transmisividad (T) y conductividad hidráulica (K)).</p> <p>Caracterización hidrogeológica de la cuenca a través de categorización de los dominios hidrogeológicos y rendimientos seguros.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas y tablas;</li> <li>Mapa piezométrico (msnm)</li> <li>Gráfico de la distribución del nivel freático de los pozos en la cuenca.</li> <li>Gráfico de la distribución de extracción en m<sup>3</sup>.</li> <li>Mapas de la distribución de los acuíferos.</li> <li>Perfiles hidrogeológicos.</li> <li>Descripción de los dominios hidrogeológicos.</li> </ul>
<p>Estudios complementarios*:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mediciones de los niveles freáticos en el campo**;</li> <li>Realizar pruebas de bombeo***.</li> </ul>			
<p>* necesarios si la situación de datos no permite establecer la línea base                  ** necesario para garantizar una línea de base actualizada;                  ***en casos de falta de información</p>			

## 2.5.2. Estado actual cualitativo de las aguas subterráneas

El estado cualitativo de las aguas subterráneas define las medidas de conservación y protección de los recursos hídricos que es uno de los cuatro componentes claves de la GIRH en la cuenca hidrográfica.

El **objetivo** de este capítulo es describir el estado químico (orgánico e inorgánico), fisicoquímico y microbiológico de las aguas subterráneas de la cuenca y establecer la línea base cualitativa.

# Guía del Plan GIRH

## Pasos que se debe ejecutar:



1. *Recopilar todos datos analíticos de las aguas subterráneas de la cuenca en estudio. Estos datos incluyen todos los resultados de análisis químicos (orgánicos e inorgánicos), físicoquímicos y microbiológicos.*
2. *Localizar geográficamente los puntos de muestreo.*
3. *Analizar y presentar en tablas los resultados de los análisis de acuerdo con la fecha y lugar de análisis y compararlos con los estándares nacionales e internacionales (Normas CAPRE y OMS) en vigor.*
4. *En caso de contaminaciones detectadas: determinar las fuentes/causas de las contaminaciones.*
5. *Visualizar en mapas (plataforma SIG) los resultados obtenidos.*



*Existen resultados de todos los análisis requeridos\*, corresponden a los criterios y estándares\* cuantitativos abajo definidos y no son mayores a dos años.*

*(\* ver siguiente tabla)*



*No existen resultados suficientes de acuerdo con los criterios definidos o/y los análisis son mayores a dos años.*

*En este caso se tiene que preparar y ejecutar una campaña de línea base de análisis de las aguas subterráneas que cumpla con los criterios y estándares cualitativos - cuantitativos abajo definidos.*



Fuentes de información: INETER, ENACAL, ANA y MINSA

## Ejemplo:



*Campañas de muestreo y análisis complementarios son necesarios si los datos existentes no permiten establecer una línea base actual que incluya los parámetros abajo listados.*



Tabla 5: Requisitos mínimos para la línea base actualizada del estado cualitativo de las aguas subterráneas\*

Tareas	Estándares	Resultados esperados e interpretación	Presentación	
Análisis de todos los datos cualitativos recopilados	Los análisis tienen que ser ejecutados por laboratorios acreditados. <ul style="list-style-type: none"> <li>El muestreo tiene que ser representativo para las aguas subterráneas de la cuenca y por ende incluir muestras de todos los acuíferos identificados.</li> </ul>	Comparación e interpretación ante referencias nacionales (CAPRE) e internacionales (OMS). Para la interpretación de los análisis bacteriológicos y de la demanda bioquímica del oxígeno se debe utilizar una clasificación basada en cuatro diferentes grados de contaminación y por ende diferentes tipos de calidades. Esta clasificación se utiliza para el análisis de los recursos hídricos en otros países tales como México e incluido en el “Diagnóstico Hídrico de las Américas” (FCCyT <sup>2</sup> , 2012). Para la interpretación de los análisis biológicos se debe describir y presentar el estado de la calidad del agua a través del Índice Biótico (IBF-SV-2010).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mapas que visualizan la ubicación del muestreo y posibles contaminaciones</li> <li>Tablas de los resultados.</li> </ul>	
Estudios complementarios*:  Ejecución de campañas de muestreo y análisis físicoquímicos y microbiológicos representativos de las aguas subterráneas (pozos perforados y excavados)				
Parámetros de análisis obligatorios	Parámetros físicoquímicos	Parámetros inorgánicos	Parámetros orgánicos	Parámetros microbiológicos
	Temperatura, conductividad eléctrica, pH, Sólidos Disueltos Totales (SDT) y turbidez	Aniones y Cationes disueltos en el agua (Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ·HCO <sub>3</sub> ). Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO). Metales Pesados (Arsénico, Plomo, Mercurio, Cadmio) y Cobre.	Plaguicidas Organoclorados, Plaguicidas Organofosforados, Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos y Bifenilos Policlorados.	Coliformes totales, coliformes termotolerantes (también conocidos como coliformes fecales) y Escherichia coli.

\* Las campañas de análisis complementarias son necesarias si los datos existentes no permiten establecer una línea base actual que incluye los parámetros arriba mencionados. En esta campaña se escoge un número representativo de los pozos identificados que incluye todos acuíferos identificados.

\*\* Los análisis tienen que ser ejecutados por laboratorios acreditados y legitimados. Tomando en cuenta que en el país no se cuenta con los mismos, si no más bien ciertos ensayos son los acreditados en laboratorios que utilizan la norma técnica nicaragüense NTN (04001-05).

## 2.5.3. Monitoreo de aguas subterráneas

El monitoreo cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas es una rutina indispensable de la GIRH y tiene que ser ejecutado a través de una estrategia y un plan de monitoreo que determinan los parámetros y la frecuencia del monitoreo.

El **objetivo** de este capítulo es verificar el estado actual del monitoreo cuantitativo y cualitativo en la cuenca hidrográfica.

### Pasos que se deben ejecutar:



1. Ubicar los pozos de observación y monitoreo de los niveles freáticos y calidad en la cuenca, georreferenciarlas y presentarlas en mapas.
2. Si no hay pozos de observación y monitoreo, seleccionar pozos aptos para este efecto de acuerdo con los resultados del capítulo 5.1.
3. Describir y documentar la rutina actual del monitoreo y, si todavía no existe una red de monitoreo, elaborar una estrategia y un plan de monitoreo de las aguas subterráneas.
4. Establecer una red del monitoreo de acuerdo con los resultados del capítulo 5.1.
5. Capacitar a los técnicos municipales para la ejecución del monitoreo.

Tabla 6: Requisitos mínimos para la descripción del monitoreo actual de las aguas subterráneas

Tareas	Estándares	Resultados esperados e interpretación	Presentación
Inventario y descripción del monitoreo cualitativo y cuantitativo actual en la cuenca.	¿Qué estándares están aplicados? Normas OMM para monitoreo de cantidad de aguas subterráneas (Hidrología Operativa) y Normas CAPRE	<b>Monitoreo cuantitativo:</b> Ubicación (coordenadas) y estado de los pozos de observación: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frecuencia de monitoreo.</li> <li>• Institución responsable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapas y tablas</li> </ul>
Estudios complementarios*:  Campañas para verificar estado, funcionalidad y responsabilidad de los pozos de observación (piezómetros) en la cuenca.		<b>Monitoreo cualitativo:</b> Ubicación (coordenadas) de los pozos de monitoreo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parámetros de análisis.</li> <li>• Frecuencia de monitoreo.</li> <li>• Institución responsable.</li> <li>• Laboratorio ejecutor.</li> </ul>	
* necesarios si la información disponible no permite cumplir con el requisito mínimo			

## 2.6. Consumo y demanda de agua


La gestión de demanda de agua es un tema importante en la gestión integrada de los recursos hídricos. Los principales temas son el acceso equitativo a los recursos hídricos, la regulación del consumo y demanda a través del otorgamiento de derechos de agua y el uso eficiente de los recursos hídricos disponibles en cada cuenca hidrográfica. El conocimiento de los datos de consumo y demanda de agua por cada sector de uso en una cuenca es un requisito indispensable para la gestión de demanda de agua. También es requisito indispensable para el cálculo del balance hídrico.

### ¿Cuál es la diferencia entre consumo y demanda?

El consumo real de agua muchas veces no corresponde a la demanda. Por ejemplo en el suministro de agua potable donde la dotación real de agua potable muchas veces no corresponde a la demanda de la población. La misma situación existe en el sector agrario cuando la dotación de agua para el riego no corresponde a la demanda. La razón de esta discrepancia muchas veces es el mal aprovechamiento de los recursos disponibles y/o la falta de regulación por una gestión de demanda institucionalizada.

El **objetivo** es determinar el consumo y demanda de agua por los diferentes sectores y usuarios en la unidad hidrográfica que es sujeto del diagnóstico.

### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. *Inventariar los usuarios(as) de agua en la cuenca por sectores.*
  2. *Determinar los consumos, dotaciones/raciones de agua potable por persona en los cascos urbanos y en las comunidades rurales.*
  3. *Determinar el consumo y demanda de agua del sector agrario en la cuenca por tipo de uso (riego, ganadería, etc.).*
  4. *Determinar el consumo y demanda de agua del sector industrial en la cuenca por sector (industria láctea, azucarera, minera, etc.).*
  5. *Establecer una proyección de la demanda futura de agua en la cuenca.*
  6. *Analizar y describir la gestión actual de la demanda de agua en la cuenca especialmente el estado de otorgamiento de los derechos de agua y el punto de registro de los grandes usuarios(as) en la cuenca.*
  7. *Presentar todos los resultados en tablas y gráficos.*

# Guía del Plan GIRH

Tabla 7: Requisitos mínimos para la línea base actualizada del consumo y demanda actual por sectores de los diferentes usuarios.

Tareas	Estándares	Resultados esperados e interpretación	Presentación
<p>Inventario de los datos demográficos actuales (ver cap. 1.2. “Características administrativas y demográficas”)</p> <p>Inventario de los grandes usuarios (as) de agua en la cuenca y del estado actual ante la Dirección de Concesiones de la ANA.</p> <p>Inventario del consumo y demanda por cada sector.</p> <p>Cálculo de la producción de agua potable por las instituciones responsables (ENACAL, CAPS, Alcaldías, otros).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferenciación entre la población rural y urbana.</li> <li>Consideración de los siguientes sectores:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Suministro de agua potable/doméstico.</li> <li>✓ Uso agrario (riego).</li> <li>✓ Uso minero.</li> <li>✓ Uso industrial. incluye industria hotelera.</li> </ul> </li> </ul> <p>Los valores propuestos para la demanda de agua por persona por día serán los estipulados en las normas técnicas para el abastecimiento y potabilización del agua, (NTON 09003-99) y la Norma de Diseño de Abastecimiento de Agua en el medio rural.</p> <p>En el caso del consumo de agua en el sector agrario, deberá de consultarse con el MAG, o como alternativa consultar bibliografía internacional (ejemplo: la FAO). Para consumo industrial se implementan las normas NTON 09003-99.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Listado de los grandes usuarios/as y de los respectivos consumos de agua mensual y anual.</li> </ul> <p>Listado de volumen de agua potable disponible por persona y por día en los cascos urbanos y las zonas rurales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Descripción de la relación entre consumo y demanda de agua potable en los cascos urbanos y las zonas rurales.</li> </ul> <p>Proyección de la demanda de agua potable considerando el desarrollo demográfico.</p> <p>Descripción de la situación de gestión de demanda en la cuenca con respecto al estado actual ante la Dirección de Concesiones de la ANA.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cálculo del volumen total de extracciones de las aguas superficiales y subterráneas por año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tablas y gráficos</li> </ul>
<p>Estudios complementarios*:</p> <p>Investigaciones sobre el consumo y la demanda de los diferentes usuarios; Investigaciones sobre la producción de agua potable.</p>			
<p>* necesarios si la situación de datos recopilados no permite establecer la línea base actualizada</p>			



Fuentes de información: ANA, ENACAL, CAPS, Alcaldías, GRAAN, GRAAS, GTI, OMS, etc.

## 2.7. Balance hídrico


### 2.7.1. Cálculo de las variables del balance hídrico

### 2.7.2. Balance hídrico de oferta y demanda de aguas superficiales y subterráneas (balance de entrada, demanda y salida)

El balance hídrico es la base indispensable para la GIRH y un resultado principal del diagnóstico cuantitativo de los recursos hídricos en la cuenca. Todas las medidas que se derivan del diagnóstico cuantitativo en la forma del Plan GIRH son orientadas por el balance hídrico.

El **objetivo** del balance hídrico es informar sobre la disponibilidad y el balance entre la entrada, explotación y salida de los recursos hídricos en la unidad hidrográfica.

#### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. *Determinar y calcular de las variables del balance hídrico.*
  2. *Elaborar tabla con las variables para tres escenarios (año seco, año medio y año lluvioso) (véase el ejemplo de la tabla 8).*
  3. *Utilizar los datos del capítulo anterior (2.6) y elaborar el balance global entre oferta y consumo/demanda de acuerdo con el ejemplo (tabla 9).*
  4. *Elaborar el balance entre oferta y consumo/demanda individual para las aguas subterráneas y superficiales de acuerdo con el ejemplo (tabla 10) abajo.*



*El balance hídrico de una cuenca se realiza con el objetivo de conocer la disponibilidad de agua subterránea y superficial. En general se utiliza la siguiente ecuación para la determinación del balance hídrico:*

Los términos del balance hídrico:

Precipitación (P) = Escorrentía superficial ( $E_s$ ) + Evapotranspiración ( $E_{pt}$ ) +  
Recarga de agua subterránea ( $\Delta R$ ):

$$P = E_s + E_{pt} + \Delta R$$

# Guía del Plan GIRH

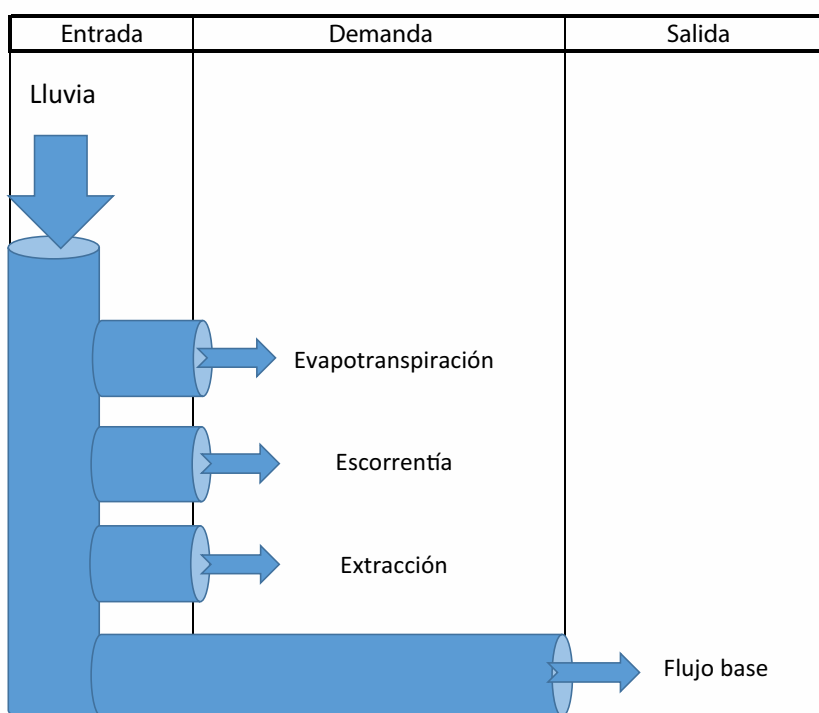
Por lo general la precipitación (P) es conocida a través de los registros de las estaciones de INETER de más de 50 años (véase el Capítulo B.3); así como los datos de la escorrentía superficial ( $E_s$ ), los cuales se obtienen por medio de los registros de las estaciones hidrométricas del río principal de la cuenca (río que a su vez define la unidad hidrográfica) (véase el Capítulo B.4.2.1).

La recarga ( $\Delta R$ ) de las aguas subterráneas se calcula a través de las opciones descritas en capítulo B.5.1, y la evapotranspiración ( $E_{pt}$ ) resulta de la diferencia de los demás miembros de la ecuación o de los registros de las estaciones meteorológicas (vease B.3 capítulo):

$$E_{pt} = P - (E_s + \Delta R)$$

De acuerdo con el método de cálculo de la recarga de las aguas subterráneas recomendado en el capítulo B.5.1 el término ( $\Delta R$ ) se convierte en cero, que significa que la recarga equivale a la descarga de los acuíferos.

La gráfica 3 visualiza el concepto de balance hídrico.



Desde el punto de vista hidrológico, la cuenca hidrográfica es un sistema cerrado. La única entrada son las lluvias, y el volumen de agua que las lluvias ofrecen es absorbido por evapotranspiración, escorrentía, infiltración y consumo por los diferentes usos. La infiltración se transforma en agua subterránea y es en parte consumida por la extracción destinada al consumo humano, agrícola, industrial, ambiental, etc. Los recursos de agua subterránea no consumidos por la extracción se transforman en flujo base. Se puede concluir, que la extracción de las aguas subterráneas y del flujo de base son complementarios. Si los otros

factores del balance son constantes, un aumento de la extracción tendría que disminuir el flujo de base y viceversa.



Fuente de información: Libros y literatura especializados en cálculos de balance hídricos

## Ejemplo:



Tabla 8: Tabla de variables del balance hídrico para diferentes escenarios climáticos

CUENCA	(km <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> /año)	(mm)	%
(arriba de la estación de aforo)				
<b>PRECIPITACIÓN</b>				
PRECIPITACIÓN año medio				100
PRECIPITACIÓN año seco				
PRECIPITACIÓN año lluvioso				
<b>ESCORRENTÍA</b>	m <sup>3</sup> /s			
ESCORRENTÍA media año normal				
ESCORRENTÍA media año seco				
ESCORRENTÍA media año lluvioso				
<b>FLUJO BASE = RECARGA*</b>	m <sup>3</sup> /s			
RECARGA (Flujo base), año medio				
RECARGA (Flujo base), año seco				
RECARGA (Flujo base), año lluvioso				
<b>EVAPOTRANSPIRACIÓN</b>				
EVAPOTRANSPIRACIÓN año medio				
EVAPOTRANSPIRACIÓN año seco				
EVAPOTRANSPIRACIÓN año lluvioso				
*como parte de escorrentía				

# Guía del Plan GIRH

## Ejemplo:



Tabla 9: Balance oferta/demanda

Oferta total	Demanda Total*	% Demanda de la Oferta Total
MMC/AÑO		
RECARGA + ESCORRENTÍA año medio		
RECARGA + ESCORRENTÍA año seco		
RECARGA + ESCORRENTÍA año lluvioso		

\* Se incluyen todos los usos

## Ejemplo:



Tabla 10: Balance oferta /demanda para las aguas subterráneas

Balance oferta /demanda para las aguas subterráneas			
Retrospección & Pronóstico	2013	2015	2023
	(MMC/año)	(MMC/año)	(MMC/año)
OFERTA (neto) (año medio)			
OFERTA (bruto) (año medio)			
OFERTA (neto) (año seco)			
OFERTA (bruto) (año seco)			
<b>DEMANDA</b>		Aumento (2013-2015)	Aumento (2013-23)
<b>Agua potable</b>			
Urbana			
Rural			
<b>Agricultura e Industria</b>			
Riego			
Ganadería			
Industria			
Balance oferta /demanda (año medio)			
Balance oferta /demanda (año seco)			




## 2.8. Situación de suministro de agua y saneamiento

El suministro de agua y saneamiento son componentes de la gestión integrada de los recursos hídricos y tienen que ser considerados en el plan de GIRH.

El **objetivo** es presentar una descripción y análisis cuantitativo y cualitativo de la infraestructura de suministro y saneamiento rural y urbana en la cuenca hidrográfica.

### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. *Inventariar la infraestructura del suministro rural y urbano y de los operadores responsables (públicos y privados).*
  2. *Determinar el número de viviendas suministradas por los diferentes sistemas y operadoras.*
  3. *Analizar y evaluar el estado del mantenimiento de la infraestructura identificada.*
  4. *Analizar y cuantificar las pérdidas de agua de la infraestructura del suministro urbano.*
  5. *Analizar y describir la situación del tratamiento de las aguas residuales en las zonas urbanas y rurales.*
  6. *Inventariar los sistemas de letrinas en las zonas rurales.*
  7. *Analizar y describir la situación del tratamiento de los desechos sólidos en las zonas urbanas de la cuenca y ubicar y georreferenciar los vertederos.*
  8. *Presentar todos los resultados en mapa, tablas y gráficos.*




Fuentes de información: ENACAL, CAPS, Alcaldías, GRAAN, GRAAS y GTI.

## 2.9. Uso de suelo

El uso del suelo en una cuenca hidrográfica tiene influencia directa sobre la cantidad, la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos y por ende necesita ser analizada. En combinación con los efectos del cambio climático la sobre explotación de suelos en una cuenca hidrográfica puede provocar daños irreversibles a los recursos hídricos. Por otro lado, los cambios en el uso del suelo poseen grandes potenciales para mejorar la calidad y la cantidad de las aguas subterráneas y superficiales.

El objetivo de este capítulo es analizar el uso de suelo con respecto a la capacidad de protección y conservación del suelo y de los recursos hídricos.

### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. *Identificar y describir las diferentes clases de uso de suelo y distribución en la cuenca.*
  2. *Ejecutar un análisis del cambio de uso del suelo a través de un análisis de imágenes de satélite multitemporal.*
  3. *Interpretar los resultados del análisis multitemporal con respecto a las tendencias y a las consecuencias de los cambios de uso del suelo sobre esto mismo y los recursos hídricos.*
  4. *Interpretar los resultados del análisis multitemporal con respecto a la vulnerabilidad de la cuenca y de los recursos hídricos ante el cambio climático.*
  5. *Presentar y documentar los resultados en mapas, tablas y fotos (véase ejemplos en las páginas 62 y 63)*




Fuentes de información: MAG, MARENA, INETER, Alcaldías, GRAAN, GRAAS y GTI

De esta manera, el PGIRH debe ser un instrumento de adaptación al cambio climático en la cuenca hidrográfica.

El **objetivo** de este capítulo es garantizar que todos los siguientes criterios esten documentados y disponibles:

- 1) Los impactos directos del cambio climático al ciclo hídrico en la cuenca.
- 2) Los efectos inducidos por el cambio del ciclo hídrico.
- 3) Factores agravantes (de origen antropogénico).

## Pasos que se dee ejecutar:

- 
1. *Identificar y describir las tendencias climáticas en la cuenca hidrográfica a través del análisis de los datos meteorológicos.*
  2. *Identificar y describir impactos actuales de las tendencias observadas en (1) al ciclo hídrico en la cuenca.*
  3. *Identificar y describir los efectos inducidos por el cambio del ciclo hídrico observada en (2) en la cuenca.*
  4. *Identificar y describir los factores agravantes de origen antropogénico que aumentan los efectos observados en (3) o son las causas principales.*

## Ejemplo:



*Escenario hipotético de los impactos climáticos y de los factores agravantes en una cuenca hidrográfica.*

**Pasos 1) y 2): Tendencias climáticas y los impactos al ciclo hídrico**

# Guía del Plan GIRH

## Ejemplo:



*Tabla 11: Descripción de las diferentes clases de uso de suelo identificados y la distribución*

Clase de uso		Descripción	Área km <sup>2</sup>	% del total
P+a	Pasto con árboles aislados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pastos naturales o cultivados</li> <li>Sin presencia de maleza</li> <li>Presencia de árboles con cobertura de copa &lt; 20%</li> </ul>	596.12	56.56
Va	Vegetación arbustiva/potreros degradados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terrenos degradados y muy erosionados</li> <li>Potreros mal manejados después de la eliminación de bosques</li> <li>Presencia abundante de arbustos de 2 a 5 metros de altura</li> <li>Asociado con malezas</li> </ul>	144.29	13.69
Mz	Maleza compacta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potreros abandonados</li> <li>Presencia abundante de malas hierbas y matorrales &lt; 2 metros de altura</li> </ul>	136.00	12.9
PC	Pantanos y Ciénagas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas frecuentemente inundadas</li> <li>Tabla de agua durante época lluviosa sobre o hasta menos 20 cm de la superficie del suelo</li> <li>Vegetación de zacate en pantanos</li> <li>Ciénagas soportan vegetación arbórea</li> <li>Según RAMSAR considerados categoría Ts -- Pantanos/esteros/charcas estacionales/intermitentes de agua dulce sobre suelos inorgánicos; incluye depresiones inundadas (lagunas de carga y recarga), "potholes", praderas inundadas estacionalmente, pantanos de ciperáceas.</li> </ul>	6.14	0.58
Bg	Bosque de galería	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bosque de riveras de ríos y quebradas</li> <li>RAMSAR: definido como humedal riveroño con importancia para mantenimiento del caudal de ríos</li> <li>Asociaciones vegetales arbóreas y arbustivas diversas con cobertura de copa cerrada</li> </ul>	8.27	0.78
Blc	Bosque latifoliado cerrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bosque no intervenido o con mínima intervención</li> <li>Árboles de 20 a 40 metros de altura con alta diversidad de especies forestales</li> <li>Asociación con altos índices de biodiversidad ecosistémica natural</li> <li>Cobertura de copa &gt; 70%</li> </ul>	6.71	0.64
Bla	Bosque latifoliado abierto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bosque intervenido con árboles de 5 a 20 metros de altura</li> <li>Cobertura de copa &gt; 30% hasta 40%</li> </ul>	21.26	2.01
P+m	Pasto con maleza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Predominancia de pasto natural o cultivado</li> <li>Presencia de maleza hasta un 40% de superficie</li> </ul>	70.65	6.7
P+j	Pasto con jícaros aislados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pasto natural predominante con pasto mejorado</li> <li>Sin presencia de maleza</li> <li>Presencia de Jícaro hasta 30 % de cobertura</li> <li>Suelo típico: sonsocuite</li> </ul>	4.43	0.42
Pm	Pasto manejado / mejorado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas con pasto natural o con pasto mejorado</li> </ul>	41.68	3.95
Ar	Arroz con riego por inundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas con pasto natural o con pasto mejorado</li> <li>Áreas de cultivo de arroz con sistemas de riego por inundación y drenaje</li> </ul>	4.78	0.45
H	Huertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agricultura para autoconsumo</li> </ul>	2.68	0.25
CP	Centro Poblado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cabeceras municipales y cascos urbanos de Juigalpa, Comalapa y Cuapa</li> </ul>	8.98	1.24

## Ejemplo:



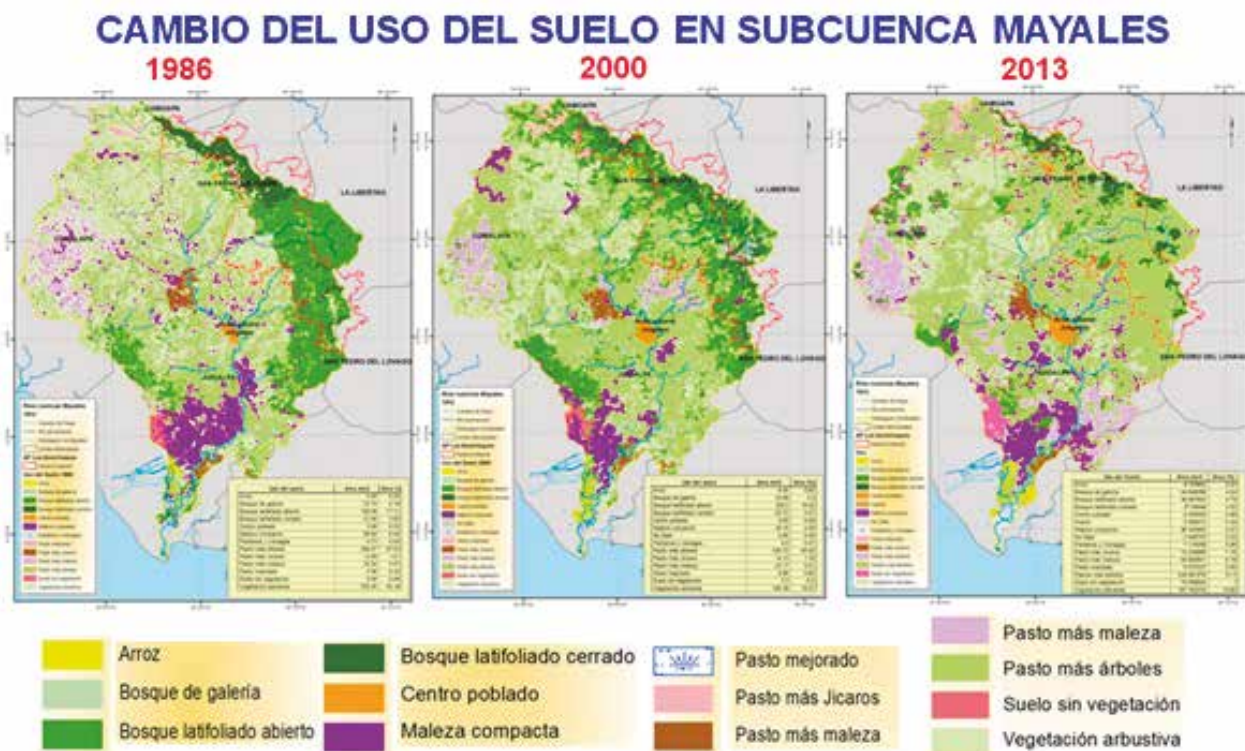
*Tabla 12: Resultados del análisis multitemporal del uso de suelo (cambios observados por categoría de uso durante los dos períodos de tiempo 1986 a 2000 y de 2000 a 2013)*

No.	Categorías de Uso	Año 1986 (km <sup>2</sup> )	+/- (km <sup>2</sup> )	Año 2000 (km <sup>2</sup> )	+/- (km <sup>2</sup> )	Año 2013 (km <sup>2</sup> )	TAC % (1986-2000)	TAC % (2000-2013)	% del área total 1986	% del área total 2000	% del área total 2013
1	Arroz	3.55	6.38	9.93	-0.95	8.98	7.62	-0.77	0.34	0.95	0.85
2	Bosque de galería	22.74	18.11	40.85	5.71	46.56	4.27	1.01	2.16	3.90	4.43
3	Bosque latifoliado abierto	180.1	-154.7	25.42	-0.9	24.52	-13.05	-0.28	17.11	2.43	2.33
4	Bosque latifoliado cerrado	41.26	-21.21	20.05	-7.15	12.9	-5.02	-3.33	3.92	1.92	1.23
5	Centro poblado	3.06	2.86	5.92	3.44	9.36	4.83	3.58	0.29	0.57	0.89
6	Huerto		0		2.56	2.56			0.00	0.00	0.24
7	Maleza compacta	88.82	-46.92	41.9	50.29	92.19	-5.23	6.25	8.44	4.00	8.78
8	Pasto más árboles	284.5	303.5	588	-52.23	535.7	5.32	-0.71	27.03	56.17	51.01
9	Pasto más jícaros	12.69	1.59	14.28	-1.85	12.43	0.85	-1.06	1.21	1.36	1.18
10	Pasto más maleza	32.34	49.91	82.25	32.75	115	6.90	2.61	3.07	7.86	10.95
11	Pasto mejorado	3.36	5.3	8.66	-1.96	6.7	6.99	-1.95	0.32	0.83	0.64
12	Vegetación arbustiva	370.4	-174.2	196.1	-30.78	165.3	-4.44	-1.30	35.19	18.73	15.74
13	Pantanos y ciénagas	4.73	0.09	4.82	2.13	6.95	0.13	2.87	0.45	0.46	0.66
14	Suelo sin vegetación	5.08	3.6	8.68	2.44	11.12	3.90	1.92	0.48	0.83	1.06
<b>Total Área</b>		<b>1,053</b>		<b>1,047</b>		<b>1,050</b>			<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

## Ejemplo:



Figura 10: Resultados del análisis multitemporal del uso de suelo (cambios observados por categoría de uso durante los dos períodos de tiempo 1986 a 2000 y de 2000 a 2013)



## 2.10. Impacto del cambio climático

“El agua es el principal medio a través del cual el cambio climático afecta a los ecosistemas de la tierra y, por tanto, a la vida y al bienestar de las personas. En la actualidad, los impactos del cambio climático relacionados con el agua ya se pueden apreciar en forma de sequías e inundaciones cada vez más frecuentes y severas. La subida de las temperaturas, los cambios en los patrones de las precipitaciones y las temperaturas extremas afectarán a la disponibilidad de los recursos hídricos mediante cambios en la distribución de las lluvias, la humedad del suelo, el deshielo de los glaciares, las nieves perpetuas, las corrientes de los ríos y las aguas subterráneas. Todos estos factores conllevarán además a un deterioro en la calidad del agua. Los pobres constituyen el colectivo más vulnerable y es el que se verá más afectado. La adaptación al cambio climático pasa principalmente por una mejor gestión del agua. Reconocer este hecho y responder a él de forma adecuada suponen una oportunidad de desarrollo.” (ONU, 2010. Mensajes clave sobre el Cambio Climático y Agua (Español), <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/206476/>)

Resultados de los análisis de los registros de la estación meteorológica de los últimos 30 años:

**a) Aumento de eventos climáticos extremos.**

Resultados del estudio de los acuíferos y del monitoreo de los niveles freáticos:

**b) Reservas de aguas subterráneas disminuidas.**

Resultado del análisis de los registros de los caudales de los ríos:

**c) Escorrentía incrementada**

### **Paso 3): Impactos inducidos por el cambio del ciclo hídrico**

- ➔ Degradación de los suelos
- ➔ Pérdida de suelos fértiles
- ➔ Escasez de agua potable
- ➔ Daño a la infraestructura
- ➔ Conflictos de agua

### **Paso 4): Factores agravantes de origen antropogénico**

- ➔ Deforestación de las zonas de recarga (tala y quema)
- ➔ Sobre explotación de suelos por prácticas no adecuadas
- ➔ Débil ejecución y cumplimiento de los instrumentos legales
- ➔ Falta de capacidad para el mejor aprovechamiento de las aguas superficiales
- ➔ Poco personal técnico calificado al nivel nacional y municipal
- ➔ Falta de sensibilización de los principales actores en las cuencas hidrográficas
- ➔ Incumplimiento de los planes de urbanización y uso de la tierra

## 2.11. Conservación y protección de los recursos naturales con enfoque a los recursos hídricos

En Nicaragua existen numerosas zonas protegidas como reservas y parques nacionales. Las medidas de protección y conservación de estas zonas son ordenadas por la ley y la implementación es indispensable para la protección y gestión de los recursos hídricos.

El **objetivo** de este capítulo es describir el estado de conservación y protección de los recursos naturales especialmente de los recursos hídricos en el área de la cuenca hidrográfica.

### Pasos que se deben ejecutar:



1. *Identificar e inventariar las zonas protegidas por ley en la cuenca hidrográfica.*
2. *Averiguar y documentar proyectos, medidas y actividades actuales de protección y conservación de los recursos naturales especialmente de las florestas y recursos hídricos.*
3. *Evaluar los resultados y avances de estas actividades con respecto al alcance de los indicadores y a los impactos en los recursos hídricos.*
4. *Presentar y documentar en mapas, tablas y fotos, los resultados de este análisis.*



Fuentes de información: MARENA, MAG, Alcaldías, GRAAN, GRAAS y GTI




## 2.12. Intervenciones artificiales en el régimen natural de aguas

Hay diferentes formas de intervenciones artificiales en el régimen natural de los recursos hídricos.

Entre los más frecuentes se cuentan embalses, canales, vías fluviales artificiales y abatimientos artificiales de los niveles freáticos por actividades mineras, pero también existen intervenciones menos frecuentes como por ejemplo la recarga artificial de las aguas subterráneas. Cada una de estas intervenciones tiene impactos al régimen natural de aguas, a la disponibilidad y calidad y por ello tiene que ser considerada en el diagnóstico.

El **objetivo** de este capítulo es identificar, describir y documentar todas las intervenciones artificiales en el régimen natural de aguas en la cuenca hidrográfica.

### Pasos que se deben ejecutar:

- 
1. *Identificar e inventariar todas las intervenciones artificiales en el régimen de aguas en la cuenca hidrográfica por categoría (embalse, canales y vías fluviales artificiales, abatimiento artificial de los niveles freáticos, etc.).*
  2. *Describir estas intervenciones con respecto a las dimensiones (volumen, área, longitud, etc.).*
  3. *Evaluar los posibles impactos en el régimen natural de los recursos hídricos en la cuenca.*
  4. *Presentar y documentar en mapas, tablas y fotos los resultados de este análisis.*



Fuentes de información: ENACAL, MARENA, MAG, Alcaldías, GRAAN, GRAAS, y GTI

## 2.13. Conclusiones sobre el estado cualitativo y cuantitativo actual de los recursos hídricos

El **objetivo** de este capítulo es resumir los resultados del diagnóstico y las conclusiones sobre el estado cualitativo y cuantitativo actual de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica.

## 3. PLAN DE MEDIDAS

El Plan de Medidas debe tener la siguiente estructura conteniendo los siguientes incisos:

1. Objetivo, Características y Funciones
2. El Taller de Planificación
3. Problemas Identificados y las Cadenas Causales
4. Matrices de Planificación
5. Financiamiento, Implementación y Monitoreo del PGIRH

### 3.1. Objetivo, características y funciones

El **objetivo** del Plan de Medidas es poner a disposición un instrumento para implementar las acciones necesarias para la corrección de los problemas identificados en el diagnóstico y prevenir futuros problemas.

Por lo demás es válido el segundo objetivo del PGIRH (Parte A, Cap. 2):

#### Objetivo del Plan de Medidas

Definir medidas correctivas y de regulación que permitan garantizar el uso sostenible y equitativo, así como una buena calidad del agua, mejorando la resiliencia de la cuenca frente a los posibles impactos del cambio climático.

**El Plan de Medidas tiene las siguientes características y funciones:**

- ✓ El Plan de Medidas es resultado de un taller con una metodología determinada involucrando a todos los actores relevantes del sector de agua en la subcuenca hidrográfica (Cap. 2).
- ✓ El Plan de Medidas contiene acciones concretas cuya implementación fue decidida por los participantes del taller.
- ✓ La responsabilidad para la implementación del Plan de Medidas debe estar distribuida entre los diferentes actores, de acuerdo con cada mandato y las características de los temas de intervención.

- ✔ El Plan de Medidas es un plan maestro que debería ser implementado dentro del plazo determinado de 3 años.
- ✔ El Plan de Medidas no substituye la planificación detallada de cada medida de los diferentes temas de intervención que exigen los POAs de cada institución.
- ✔ El Plan de Medidas también es un plan dinámico que debería ser actualizado después de 3 años o, cuando fuese necesario, durante el plazo vigente. El monitoreo de la implementación debería ser efectuado de forma bimestral.

## 3.2. El taller de planificación

### 3.2.1. Participación

Para garantizar un plan coordinado con las mejores condiciones posibles, la convocatoria debería considerar a todas instituciones relevantes al nivel nacional y al nivel de la cuenca; previa coordinación con el INIFOM.

Por ende se debe invitar las siguientes instituciones:

Comité de cuenca, Alcaldías, GRAAN, GRAAS, GTI, CAPS, el sector privado de la cuenca (grandes usuarios y usuarias de agua, productores y productoras agrícolas), Delegaciones de MARENA, MINSA, ENACAL, ANA, MAG, universidades y organismos no gubernamentales.

### 3.2.2. Agenda

Se recomienda la siguiente estructura general de un taller de 2 días:

- ➔ **EL PRIMER BLOQUE** incluye palabras de bienvenida, presentación de los participantes, así como presentaciones en power point para ir gradualmente introduciendo a los participantes en la temática y una breve presentación sobre la visión estratégica para elaborar posteriormente la visión de la cuenca a mediano plazo.
- ➔ **EL SEGUNDO BLOQUE** inicia con un trabajo grupal sobre rondas de reflexiones simultáneas sobre los problemas identificados en el diagnóstico y una explicación metodológica inductora para facilitar el trabajo fundamental del taller. Dicho trabajo consiste en la elaboración, en grupos, de propuestas de medidas con enfoque de género por los temas identificados para posteriormente formular un plan de gestión integral de recursos hídricos para la cuenca a mediano plazo.
- ➔ **EL TERCER BLOQUE** es la elaboración de una ruta para los pasos siguientes al taller, una evaluación del taller y las palabras de cierre.

# Guía del Plan GIRH

La duración del taller de planificación depende principalmente de los resultados del diagnóstico y del tamaño de la cuenca.

## 3.2.3. Metodología

De acuerdo con la metodología de la elaboración del PGIRH (Parte A, Cap. 5.4.) la planificación de las medidas se basa en los temas de intervención identificados como resultados del diagnóstico. Así, los temas de intervención representan los ejes temáticos del taller.

Se recomienda los siguientes pasos metodológicos durante el taller, el cual es un ejemplo de los pasos de la experiencia en la subcuenca Mayales (Figura 11):

### PASOS METODOLÓGICOS DURANTE EL TALLER



## 3.3. Problemas Identificados y las Cadenas Causales

Una pre-condición importante para la planificación participativa de las medidas es la comprensión de las relaciones entre las causas e impactos de los problemas identificados en el diagnóstico.

El **objetivo** es que todos participantes puedan entender las cadenas causales de los problemas identificados en el diagnóstico.

### Ejemplo:



*Figura 12 La cadena causal para el problema identificado: “Contaminación microbiológica de aguas superficiales y subterráneas”*

Causa		Impacto			
Aguas residuales urbanas	Falta de alcantarillado y planta de tratamiento	Desagüe a cielo abierto	Contaminación de las aguas superficiales	Detrimiento de la flora y fauna y del balance ecológico río debajo de las contaminaciones.	Aprovechamiento restringido del agua
		Infiltración	Contaminación de los acuíferos someros	Riesgo de enfermedades propagadas por el agua especialmente para niños.	Riesgo de la contaminación de los pozos de suministro de agua potable
Concentraciones de asentamientos a lo largo de los ríos	Desconocimiento e incumplimiento de las normas de saneamiento	Deposición fecal de personas y ganado cerca de los ríos y pozos.	Contaminación de los ríos y de los acuíferos por coliformes fecales	Riesgo de la contaminación de los pozos de suministro de agua potable	Costos de depuración y de suministro de agua potable a las comunidades afectadas
	Pozos cerca de los ríos y letrinas sin medidas de protección			Riesgo de enfermedades propagadas por el agua especialmente para niños.	
	Falta de letrinas mejoradas			Detrimiento de la flora y fauna y del balance ecológico río debajo de las contaminaciones.	Aprovechamiento restringido del agua
Ganadería	Falta de control				

## 3.4. Matrices de planificación

Las matrices de planificación están compuestas de nueve columnas, detallándose:

- ✓ Objetivo de cada tema
- ✓ Resultados esperados
- ✓ Indicadores por resultado, donde quede incluido el enfoque de género
- ✓ Hitos necesarios para alcanzar los resultados
- ✓ Responsables de la ejecución de las acciones
- ✓ Acompañamiento Institucional ligado a la ejecución de las acciones
- ✓ Recursos Humanos por cada institución, indicando el número de días requeridos por cada técnico
- ✓ Recursos financieros requeridos para llevar a cabo las acciones.
- ✓ Plazos indicando el tiempo de ejecución de las acciones.

De cada una de las matrices se realiza un Plan Operativo Anual (POA), el cual se elabora con la participación de los actores del sector hídrico, el comité de cuenca, las Alcaldías, Gobiernos Regionales Autónomos del Caribe y Gobiernos Territoriales Indígenas.

Se recomienda usar el formato del ejemplo siguiente:

### Ejemplo:



**Tabla 13: Matriz del primer tema de plan GIRH Subcuenca Mayales “Estado Cualitativo de las aguas superficiales y subterráneas”**



## Estado Cualitativo de las Aguas Superficiales y Subterráneas

Objetivo	Indicadores	Resultados	Hitos
Mejoramiento de la calidad de las aguas subterráneas y superficiales	Al 2017 las aguas superficiales y subterráneas de la subcuenca Mayales ha mejorado un 50% respecto a los resultados de la línea base	La calidad microbiológica de las aguas superficiales y subterráneas ha mejorado *	Identificadas las letrinas ubicadas en las cercanías de los ríos y pozos
			Realizado informe, con enfoque de género, sobre la cantidad de letrinas a reubicar
			Reubicadas las letrinas cercanas a ríos y pozos
			Instaladas 1,000 letrinas ecológicas, priorizando las comarcas con mayor necesidad y considerando 30% asignadas a familias cuya jefa es mujer
			Identificación de todos/as los/as mujeres y hombres ganaderos que aguan ganado en los ríos, a través de inventario
			Disponible, con enfoque de género, el módulo "buena practicas de uso de agua para consumo de ganado"
			Ganaderos y ganaderas con propiedades cercanas a los ríos de la cuenca han sido capacitados(as)
			Alcaldías municipales establecen ordenanzas municipales según L/462 y declaratorias municipales para protección de aguas superficiales
	Al 2017 las aguas del río Mayales río abajo de Juigalpa ha mejorado un 70% respecto a los resultados de línea base	Las aguas residuales municipales en la subcuenca Mayales han sido tratadas	Finalizados los estudios del proyecto de construcción del sistema de tratamiento de aguas grises de Juigalpa
			Funcionando en un 100% el sistema de tratamiento de aguas grises para la ciudad de Juigalpa
			Las alcaldías de Cuapa y Comalapa cuentan con el diseño de la construcción del sistema de tratamiento de aguas grises (cubre diseño, planos y presupuesto)
			Entregado a ENACAL diseño de sistema de tratamiento de aguas grises para realizar gestión conjunta de búsqueda de financiamiento
			Solicitudes de financiamiento (1 solicitud por alcaldía)
	Las medidas de protección de las zonas de captaciones de agua para el suministro rural han sido implementadas en un 50%	"Captaciones de agua superficial y subterránea para suministro rural están protegidas contra contaminación"	Inventario de CAPS en la subcuenca Mayales
			Al menos un 50% de CAPS legalizados en las 3 municipalidades de la subcuenca Mayales, con equidad de género en la integración de las juntas directivas
			Hombres y mujeres (mínimo 30%) de los CAPS de la subcuenca, han sido capacitados(as) en temas de protección de sistemas de captación de agua
			Inventario de las captaciones de agua potable y del estado de protección en la subcuenca Mayales
			Disponible plan de medidas de protección para las zonas de las captaciones de agua de los CAPS y de ENACAL
			Implementado plan de medidas de protección por POAs



Responsables	Acompañamiento institucional	Recursos humanos	Recursos financieros	Plazos
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	MINSA y gabinetes de familia	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), MINSA (1) 5 días laborales	US 200.00	Octubre 2014
	MINSA y gabinetes de familia	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), dos días laborales por técnico (a)	-----	Noviembre 2014
	MINSA	En dependencia del informe	En dependencia del informe	Junio 2017
	MINSA	2 personas por semana por 1 letrina (aporte de beneficiario)	US\$ 90,000 (para cada alcaldía)	Diciembre 2017
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), MINSA (1) 5 días laborales por técnico (a)	US\$ 200.00	Diciembre 2014
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1) y ANA (1) Cuatro días laborales	-----	Febrero 2015
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 1 día laboral	US\$ 1,000.00	Marzo 2015
	COMITÉ DE CUENCAS, ANA	Concejo municipal de cada alcaldía, 1 día laboral	US\$ 1,000.00	Diciembre 2014
ENACAL	Alcaldía Juigalpa	Contemplando en proyecto coreano	Contemplando en proyecto coreano	Diciembre 2014
ENACAL	Alcaldía Juigalpa	Contemplando en proyecto coreano	Contemplando en proyecto coreano	Diciembre 2017
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL, COMITÉS DE CUENCA, ANA y MINSA	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 60 días laborales	US\$40,000.00 ( para 2 alcaldías)	Diciembre 2014
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL, COMITÉS DE CUENCA, ANA y MINSA	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 1 día laboral por alcaldía	-----	Diciembre 2015
Alcaldía de Cuapa y Alcaldía de Comalapa	ENACAL	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Comalapa (1), ENACAL (1); 5 días laborales	-----	Marzo 2016
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	INAA, Comité de Cuenca	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1), 3 días laborales por técnico (a)	GIZ: \$1,000 pago de consultoría	Diciembre 2014
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	COMITÉ DE CUENCA, MINSA, INAA y GIZ	Alcaldía de Cuapa (1), Alcaldía de Juigalpa (1), Alcaldía de Comalapa (1),	US\$ 1,000.00	Diciembre 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	COMITÉ DE CUENCAS, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 2 días laboral	US\$ 1,000.00	Febrero 2016
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	COMITÉ DE CUENCAS, CAPS, ENACAL, ANA y GIZ	GIZ (1), ANA (1), 5 días laboral	US\$ 2,000.00	Febrero 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	FISE y MINSA	GIZ (1), ANA (1)	US\$ 2,000.00	Junio 2015
Alcaldía de Juigalpa, Alcaldía de Cuapa y Alcaldía Comalapa	FISE y MINSA			Diciembre 2017

## 3.5. Financiamiento, Implementación y Monitoreo del PGIRH

### 3.5.1. Financiamiento:

El objetivo es identificar las posibles fuentes de financiamiento para cubrir el costo de todas las actividades a desarrollar para la implementación del plan de gestión integrada de los recursos hídricos.

Una propuesta de financiamiento puede ser a través de las alcaldías con fuentes de los presupuestos municipales y transferencias del gobierno central hacia las municipalidades. Dentro de estas fuentes de financiamiento, caben aquellas actividades del PGIRH, que están en concordancia con las competencias municipales en los temas de medio ambiente, agua y saneamiento. Conforme la orientación del gobierno central, las municipalidades deben destinar 7.5% para agua y saneamiento, y 5% para medio ambiente, por lo cual habrá que proceder de forma anual para establecer y asegurar con las alcaldías que los productos y actividades del PGIRH ingresen a los planes de inversión anual y a los planes operativos de las áreas municipales involucradas.

El aporte de personal técnico para la realización de las actividades del PGIRH, es otro mecanismo de financiamiento por parte de las alcaldías, que de forma específica se incluyen en las matrices del plan de medidas (véase Cap. C.4.). Otras formas de financiamiento que deberían tomar en consideración son: donaciones, en base a proyectos con una duración determinada, de entidades nacionales o internacionales y aportaciones voluntarias en efectivo, recursos humanos y materiales, por parte de instituciones públicas (por ejemplo por las universidades) y de personas naturales o jurídicas pertenecientes al Comité de Cuenca (aporte de privados).

Aunque la Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620), establece la creación del Fondo Nacional del Agua, para coadyuvar al financiamiento de actividades relacionadas con los planes hidrológicos por cuencas, no se incluye en la actualidad como fuente de financiamiento para el PGIRH, dado que el Fondo aún no se ha establecido (por lo tanto no hay mecanismo elaborados al respecto). En el Plan Nacional de los Recursos Hídricos se abordara Estrategia de Financiamiento para estos planos.

### 3.5.2. Implementación

El PGIRH contempla los diferentes temas de intervención derivados del diagnóstico. Para cada tema de intervención identificado está disponible una matriz de planificación con hitos claramente definidos que requieren para el debido alcance, la elaboración de planes

---

En Nicaragua, existe el Fondo Nacional de Desarrollo Forestal. Parte de su menú, es el financiamiento para la protección de zonas de recarga hídrica.

operativos anuales (POA), que conlleven a la implementación del PGIRH.

La elaboración de los POAs individuales se realizará, una vez que el PGIRH sea aprobado técnicamente por la Autoridad Nacional del Agua. En su elaboración participan las instituciones rectoras y el Comité de Cuenca.

Aspectos importantes a crear o desarrollar para la implementación, son los siguientes:

- ✔ Voluntad política de los gobiernos municipales para impulsar la implementación del plan. Ésto será evidente a través de la disponibilidad de recursos humanos y financieros.
- ✔ Integración a los Planes de Inversión de las entidades estatales, el aporte para la implementación de las medidas GIRH.
- ✔ Cohesión y trabajo en equipo para avanzar en la implementación de acuerdo a lo planificado.
- ✔ Desarrollo de capacidades de hombres y mujeres, para incidir en la sostenibilidad de las medidas del plan de GIRH, una vez que la cooperación se haya retirado.
- ✔ Aprovechamiento de la oferta de fondos nacionales o internacionales, para presentar en forma oportuna proyectos y ser constantes en el seguimiento de la gestión hasta lograr el financiamiento.
- ✔ Establecimiento de mecanismos de coordinación y cooperación, de intercambio de información entre instituciones y comité de cuenca y de difusión hacia la comunidad.
- ✔ Definidas fechas bimensuales de seguimiento al cumplimiento de los POAs, siendo la Delegación de la ANA la encargada de convocar a las instituciones involucradas en la ejecución del PGIRH (Si está activo el CNRH esta será su competencia).

### 3.5.3. Monitoreo del PGIRH

El monitoreo de la implementación comprende dos niveles:

- a) Monitoreo del PGIRH
  - b) Monitoreo de los POA derivados del PGIRH
- a) Se recomienda realizar el monitoreo del PGIRH anualmente en conjunto con el foro de la cuenca a través de los matrices y sus indicadores al nivel de los objetivos esperados:

# Guía del Plan GIRH

---

Objetivos	Indicadores	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas para resolver problemas	Responsable

b) se recomienda realizar el monitoreo de los POA individuales trimestralmente a través de las respectivas matrices temáticas y sus hitos al nivel de los resultados esperados:

Resultados	Hitos	Fecha de monitoreo	Logros	Problemas	Medidas para resolver problemas	Responsable

La Columna que indica responsable permitirá medir el desempeño de cada actor en el cumplimiento de los acuerdos presupuestarios

## 4. LOS ANEXOS

Figuras, gráficos, mapas, tablas y perfiles que no encontraran espacio en el texto del diagnóstico (Parte B del PGIRH) pero, son importantes para documentarlo y visualizarlo deberían ser anexados en esta parte del PGIRH.

Parte D también tiene que contener la bibliografía y las referencias del diagnóstico.





