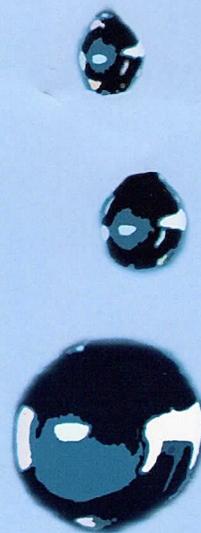


Protección del Medio Ambiente Tarija
PROMETA



Agua Superficial y Subterránea

Cartilla informativa para industrias



Tarija - Bolivia

Agua Superficial y Subterránea Cartilla Informativa para Industrias

PRIMERA EDICIÓN
2006, PROMETA
Reservados Todos los Derechos

Depósito Legal N° 9-2-56-07

Protección del Medio Ambiente Tarija – PROMETA
Alejandro del Carpio N° E 0659
Casilla 059

Email:
Telefax: (591) (4) 6645865 / 6633873 / 6641880 / 6649160
Tarija – Bolivia

El siguiente trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto Alianza Comunidad
Cuenca en Bolivia, financiado por GETF y USAID

Introducción

El agua es un recurso que por varias décadas ha sido utilizado en forma desinteresada e indiscriminada, a tal punto, que por falta y/o deficiencias en las medidas de protección y conservación de las fuentes naturales de agua, en muchos lugares del mundo, la distribución de este recurso no se ha realizado de manera accesible y equitativa, entre otros factores, debido a la desigualdad de desarrollo, al agotamiento por sobreexplotación, por la contaminación, el mayor desarrollo industrial y el incremento de la demanda ocasionada por el fuerte crecimiento poblacional en todas partes del mundo.

De manera general, se puede decir que en la región, compartimos una problemática caracterizada por un acceso al agua cada vez más deficiente, al mismo tiempo que la población y las actividades económicas se concentran de forma inversa a la distribución espacial de los recursos hídricos, esta situación no hace más que agravar los patrones de escasez, como consecuencia de un uso poco eficiente del agua.

Estos contrastes de escasez y abundancia, se explican en parte por la insuficiente gestión y manejo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, situación que da lugar a que en algunas regiones, existan muchos sistemas hidrológicos poco aprovechados, mientras que en otros sistemas se presenta una fuerte competencia entre los distintos usos y usuarios, lo cual genera situaciones de conflicto.

Bajo este contexto, el agua debe ser considerada como un recurso natural estratégico.

De hecho, en los últimos eventos mundiales como el IV Foro Mundial del Agua realizado en la ciudad de México bajo el lema, se reconoce la necesidad de adoptar políticas y lineamientos para buscar la sostenibilidad del recurso, considerando que el agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, indispensable para la vida, el desarrollo y el medioambiente por lo que es un bien común y un patrimonio de la humanidad.

EL CICLO DEL AGUA

Se denomina ciclo del agua al permanente movimiento y presencia del agua en la naturaleza ya sea en su estado líquido, gaseoso o sólido. Esto quiere decir que el agua circula continuamente por nuestro planeta cambiando de estado líquido a vapor o hielo y viceversa.

El ciclo del agua no tiene principio ni fin, pero podemos convenir en que transcurre a través de varios procesos que se inician con el calentamiento de los cuerpos de agua y los suelos por la energía del sol dando origen a la evaporación, en el caso de la vegetación, este proceso recibe el nombre de transpiración, mientras que ambos procesos simultáneos son conocidos como evapotranspiración.

Luego este vapor de agua se eleva hacia la atmósfera para formar las nubes, las mismas que al ser arrastradas por las corrientes de aire y sufrir cambios de temperatura, provocan la **condensación** del vapor de agua dando lugar a la **precipitación** en forma de lluvia, granizo o nieve. Una parte de esta precipitación es **interceptada** por el follaje, ramas y hojas de la vegetación, otra se almacena en depresiones y lagos, mientras que otra parte penetra al interior del suelo por medio de **la infiltración** que es la que alimenta el **escurrimiento subterráneo** dando lugar a la recarga de los acuíferos y presencia de manantiales, mientras que el resto de la precipitación corre por la tierra en forma de **escurrimiento superficial** que viene a ser el agua que vemos en los ríos, quebradas y arroyos (figura 1).



Figura 1. Ciclo hidrológico.

Estos procesos ocurren de manera continua en el tiempo, por lo que debemos tener mucho cuidado en no alterar el equilibrio natural del ciclo hidrológico.

En efecto, los ríos, quebradas y arroyos constituyen nuestras fuentes de agua superficiales, en tanto que nuestras fuentes subterráneas, son aquellas que hacen referencia al agua que se encuentra bajo la superficie del suelo. Cuando estas aguas se localizan entre capas permeables de roca y suelo capaces de almacenar, filtrar y liberar el agua, es lo que conocemos como: **acuíferos**.

Lo importante es que debemos tener presente que ambas fuentes nos proveen agua, ya sea para consumo en nuestros domicilios, para el riego de los cultivos, para la ganadería, para la producción en las industrias y también para el mantenimiento de los procesos ecológicos de la vida en la flora y fauna silvestre de nuestros ecosistemas.

DISTRIBUCIÓN GLOBAL DEL AGUA

En contraste al pensar de muchos, la distribución del agua dulce superficial en ríos de fácil acceso en nuestro planeta es muy pequeña en comparación al resto como se puede ver en la figura 2.

Partir de esta realidad, es importante para reflexionar sobre el compromiso que exige de nuestra parte la gestión, manejo y conservación de nuestros recursos hídricos.

CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

A diferencia de otros recursos naturales, el agua presenta algunas características que conviene tenerlas en cuenta al momento de planificar su uso. Estas son:

- **Movilidad e incertidumbre:** El agua está en constante movimiento como parte del ciclo hidrológico. Esta característica confiere al recurso agua, limitaciones inciertas

e irregulares respecto a su distribución en el espacio y el tiempo sin consideración de los límites político-administrativos. Sin embargo, cuando se trata de agua subterránea, el movimiento es bastante lento y tarda muchos años en circular. Por eso, una vez contaminado un acuífero es muy difícil recuperarlo.

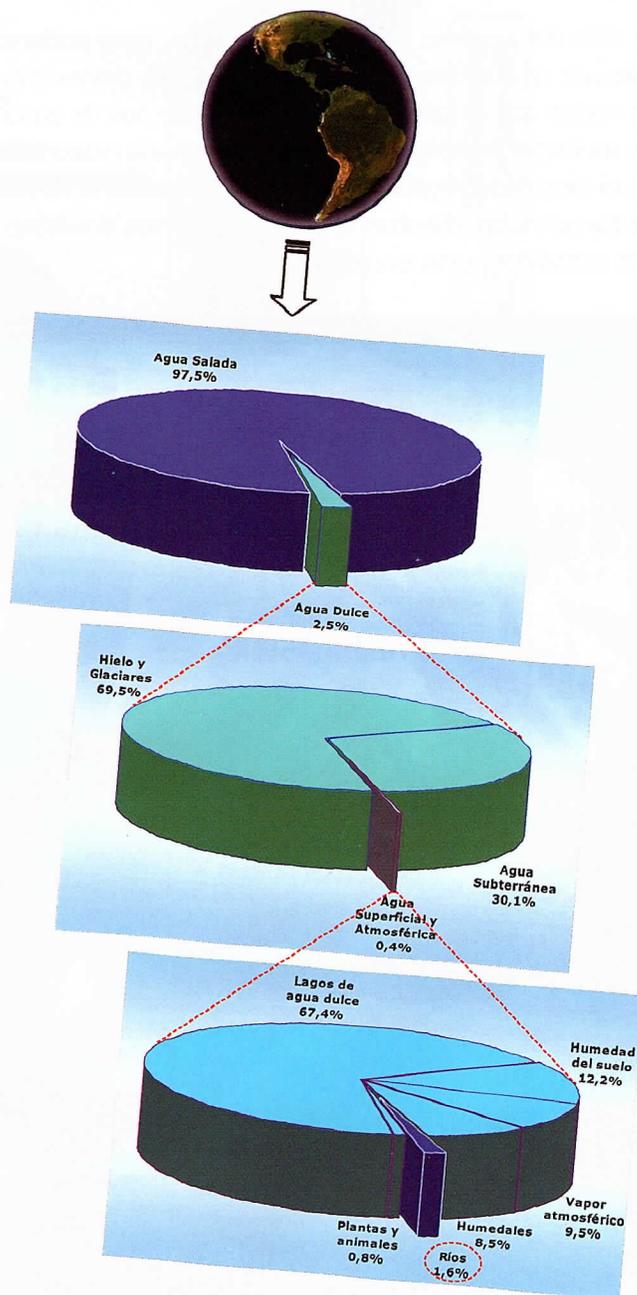


Figura 2. Distribución Global del Agua

- **Diversidad de usos:** En los usos consuntivos como el riego, agua potable o industrial que consumen el recurso, normalmente se genera rivalidad y exclusión entre los usuarios del agua. Mientras que en los usos no consuntivos como la generación de energía hidroeléctrica, la pesca y la recreación que no consumen el recurso, no siempre ocurre lo mismo, pero en ambos casos, lo que siempre está presente es un alto grado de interrelación, interdependencia y afectación recíproca entre todos los usuarios.

- **Interdependencia entre usuarios:** El ser humano interfiere en el ciclo del agua, captando el agua en un sitio para su aprovechamiento y devolviéndola en otro sitio y tiempo distintos con alteración de la calidad original. Como resultado, los usos y usuarios situados aguasabajo dependen de la cantidad, calidad y tiempo de los "sobrantes", o pérdidas de los usos y usuarios situados aguas arriba del sitio en cuestión. Esta característica, explica en gran parte el origen de los problemas ambientales y conflictos sociales entre usuarios.

- **Naturaleza de las interrelaciones:** Los efectos externos positivos o negativos provocados por las interrelaciones entre los diferentes usos y usuarios del agua, se manifiestan unidireccionalmente. Es decir que lo que ocurre aguas arriba casi siempre tiene algún efecto en los usos y usuarios de agua ubicados aguas abajo, mientras que lo que ocurre aguas abajo difícilmente puede tener influencia en los usuarios situados aguas arriba. Esta característica nos lleva a reflexionar que debemos buscar estrategias de solidaridad y complementariedad entre usuarios.

CUENCA HIDROGRÁFICA

Una cuenca hidrográfica es el territorio que está delimitado por las partes elevadas de los cerros y montañas a partir de los cuales se configura una red de drenaje superficial que en presencia de las lluvias, forma el escurrimiento de arroyos y quebradas para conducir sus aguas a un río principal o a un río más grande, lago o mar (World Vision, 2004).

En la cuenca hidrográfica (figura 3), se encuentran los recursos naturales y toda la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades productivas, económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano.

De esta manera, no existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica por lo que es recomendable ver a la cuenca como un sistema y comprender que somos parte de dicho sistema.

BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES

Se conoce como **servicios ambientales** aquellas funciones generadas por los ecosistemas que le generan beneficios sociales y económicos al ser humano. Debemos diferenciar que los servicios ambientales son funciones ecosistémicas (no tangibles), mientras que los **bienes ambientales** son las materias primas tangibles que utiliza el hombre en sus actividades económicas como la madera, el agua, los minerales y otros.

Los servicios ambientales hidrológicos tienen como principal característica que no se gastan y no se transforman en el proceso, pero generan indirectamente utilidad al consumidor, por ejemplo: la regulación de caudales, el control de inundaciones, la recarga de los acuíferos, la oferta de agua para distintos usos, etc.

ENFOQUE ECOSISTÉMICO

El enfoque de ecosistemas es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua y los recursos vivientes que promueve la conservación y el uso sostenible en una forma equitativa. El enfoque coloca a la gente que vive en los ecosistemas y a sus medios de vida en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección (UICN, 2006).

El enfoque reconoce a las personas como un componente

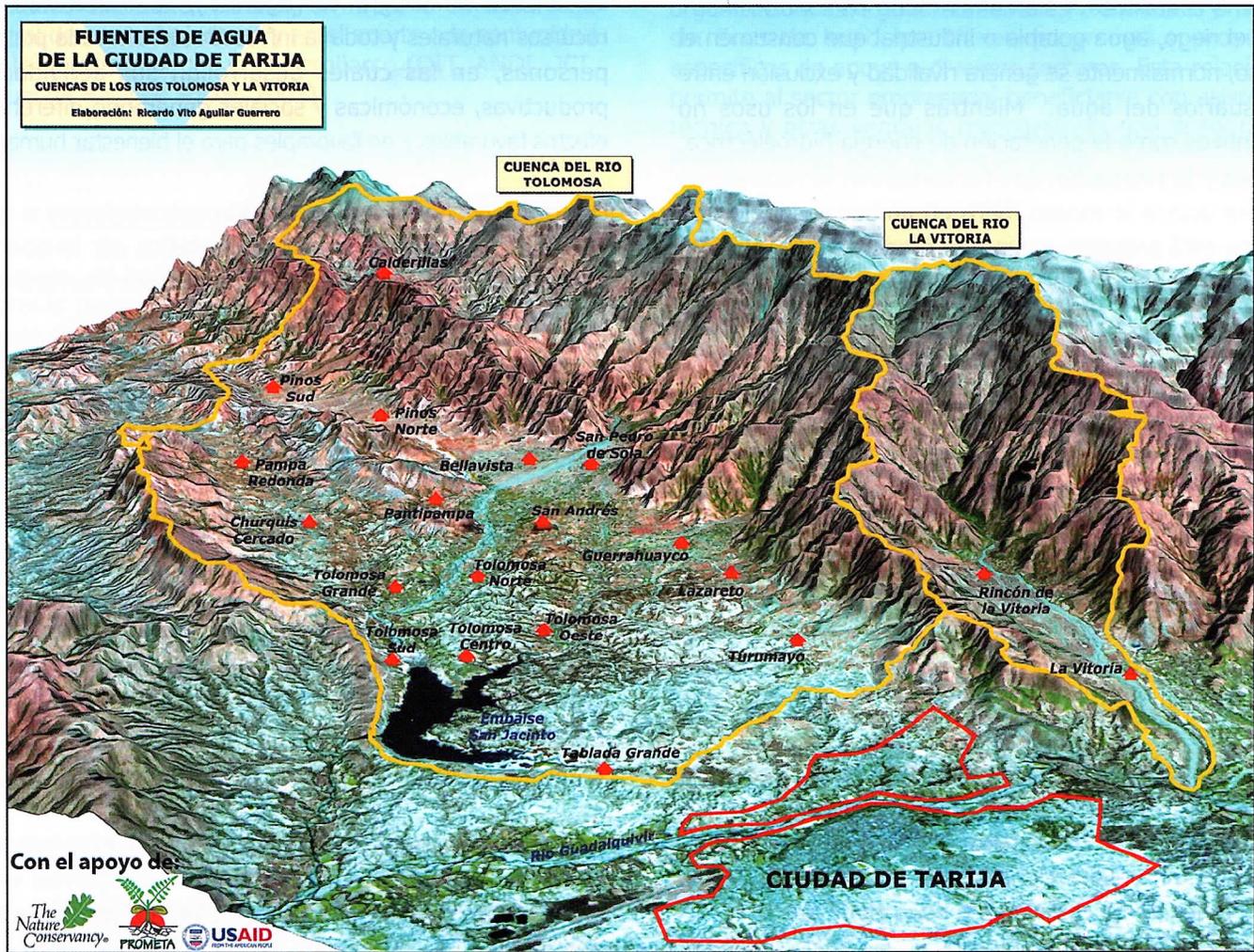


Figura 3. Cuencas hidrográficas y fuentes de agua de la ciudad de Tarija.

integral de todos los ecosistemas y reconoce la necesidad de considerar la interacción que existe entre ambos.

El fundamento holístico y multidimensional del enfoque ecosistémico tiene su expresión en que: "acciones conjuntas de dos o más entes tienen un efecto superior a la suma de los efectos individuales" lo que constituye precisamente la definición de sinergia (Urquiza, 2001).

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado de los recursos hídricos y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (GPW, 2000).

La GIRH está basada en la perspectiva ecosistémica, en la cual el agua es vista como parte integral del ecosistema y como un bien social y económico cuya cantidad y calidad determinan la naturaleza de su utilización.

El enfoque ecosistémico para la gestión del agua complementa el pensamiento actual sobre la GIRH en virtud de que los dos conjuntos de principios son consistentes y complementarios entre sí.

GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

Una de las limitaciones para la adopción de un enfoque para la gestión integral del agua, radica en la débil percepción que el público en general y los tomadores de decisiones tienen sobre la magnitud e importancia de los problemas que pueden generarse en el largo plazo, si la tendencia actual de deterioro ambiental continúa, haciendo caso omiso e ignorando los diagnósticos o pronósticos que ya existen sobre los problemas que en el corto, mediano y largo plazo se presentarán en relación con el agua a nivel regional y local.

USOS Y USUARIOS DEL AGUA

Los seres humanos utilizamos el agua para múltiples actividades: agricultura, ganadería, piscicultura, producción industrial, generación de energía, transporte, recreación y por supuesto, también la empleamos para satisfacer nuestras necesidades vitales y cotidianas como: mantener beber, preparar los alimentos, higiene, etc.

No hay que olvidar que de cada uno de estos usos resultan diversos usuarios con motivaciones, conocimientos, creencias y condiciones que no siempre estarán de acuerdo en anteponer el interés colectivo sobre el interés individual. A nivel de los usos, la demanda de agua viene aumentando continuamente de la mano del desarrollo económico, social y el uso que de ella hace la población y los diferentes usuarios.

Según su uso, los cursos de agua se pueden clasificar como:

- Consuntivos, aquellos de uso extractivo o de consumo del agua de ríos, arroyos, lagos y pozos.
- No consuntivos, aquellos de uso no extractivo o de no consumo del curso, que ocurren en el ambiente natural, sin modificación significativa del curso original.

En la figura 4 se esquematiza la clasificación señalada.

CALIDAD DEL AGUA

El término calidad del agua es un concepto relativo que se lo debe considerar en el contexto de los requerimientos inherentes al uso que se le quiere asignar al recurso en

función del grado o nivel de alteración que se tenga. Como los requerimientos y condiciones no son las mismas en agua para consumo humano que para riego o la industria, por ello podríamos señalar que una determinada fuente de agua está contaminada, cuando no tiene la calidad necesaria para ser usada en un determinado fin.

De todas maneras, los casos de contaminación resultan generalmente en que el agua no sea utilizable, o que para usarla debamos someterla a procesos de tratamiento que pueden ser muy costosos y no factibles de realizarlos.

AGUAS SUPERFICIALES

Las **aguas superficiales** comprenden todos los sistemas conocidos como ríos, lagunas, embalses y humedales que se presentan por sobre la superficie de la tierra. Estos recursos hídricos superficiales provienen de la precipitación pluvial caída en la cuenca y de los manantiales que alimentan los cuerpos de agua superficial.

En el caso de la ciudad de Tarija, las fuentes de agua superficiales de la ciudad de Tarija, son las cuencas de los ríos La Vitoria y Tolomosa, la primera, en época de lluvias dota el 70% del agua potable consumida en la ciudad; mientras que la segunda alimenta el 100% de las actividades agropecuarias del área rural y el embalse de la represa de San Jacinto, que genera energía eléctrica para la ciudad y principalmente provee de riego a la industria vitivinícola y agrícola del Valle Central de Tarija, una de las principales actividades económicas de la región.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUPERFICIAL

La contaminación del agua se produce como consecuencia de la introducción de materias o formas de energía, que de modo directo o indirecto, impliquen una modificación perjudicial de la calidad original en relación con los usos que se le dan al curso de agua o con su función ecológica.

El incremento de las alteraciones negativas sobre los recursos hídricos, proviene en general de la intensificación de la agricultura y la industrialización, así como de la concentración de la población en áreas urbanas y rurales aledañas a los cuerpos de agua.



Figura 4. Clasificación general de los usos del agua.

Podemos clasificar a los contaminantes del agua superficial en tres grupos:

Contaminantes domésticos

Las aguas servidas son la principal causa de contaminación, en razón que en muchas poblaciones estas aguas no tienen un tratamiento previo para disminuir la carga contaminante y se descargan de manera directa en los cursos de agua como los ríos y quebradas.

Contaminantes agrícolas

Los contaminantes agrícolas están constituidos básicamente por los residuos de plaguicidas y otros compuestos químicos de origen sintético que son utilizados en la agricultura. Estos compuestos al ser agregados a los cultivos agrícolas en exceso, luego contaminan los suelos y los cursos de agua superficial.

Contaminantes industriales

Comprenden todos los tipos de desechos y efluentes sólidos, líquidos o gaseosos que se descargan directamente en los cuerpos de agua como ríos, lagunas o arroyos.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

El **agua subterránea** es aquella que se encuentra debajo de la superficie de la tierra ocupando el espacio existente entre los poros, grietas y espacios del suelo. La zona donde el agua se acumula llenando completamente los espacios vacíos se denomina **zona saturada**, mientras que el nivel superior de esta zona se la conoce como **nivel freático**. El nivel freático puede encontrarse a unos pocos centímetros de la superficie de la tierra como a cientos de metros por debajo de la misma.

Recordemos entonces que un **acuífero** son formaciones o capas permeables de roca, arena, sedimentos y suelo capaces de almacenar, filtrar y liberar agua a un nivel aprovechable. La velocidad a la que el agua se mueve en un acuífero depende del tamaño de los espacios en las capas y de la conexión entre éstos.

De esta manera, la calidad natural del agua de los acuíferos podrá variar según la composición mineralógica de la zona en la que se encuentran y/o de la manera en la que la

población hace uso de esta agua.

En la ciudad de Tarija, la recarga de los acuíferos se origina principalmente en la Cordillera de Sama y otras zonas permeables que permiten la infiltración y percolación del agua. Así mismo, no olvidemos que en la época seca durante los meses de mayo y septiembre, el agua que se distribuye en la ciudad proviene en un 50% de las fuentes superficiales y el otro 50% de las fuentes subterráneas.

CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el concepto de **contaminación** se incluye a todo proceso natural o antrópico que genere un deterioro apreciable en la calidad física, química y/o biológica del agua subterránea.

Esa preciso señalar que **la contaminación del agua subterránea está estrechamente ligada a los procesos de deterioro ambiental** y en este sentido, considerando que formamos parte de un mismo ecosistema, será muy difícil, sino imposible preservar la calidad del agua, si el resto de los recursos naturales que están relacionados como la vegetación o el suelo continúen siendo deteriorados o utilizados inapropiadamente.

Una característica especial del agua subterránea, es que se **mueve muy lentamente**, por lo que hay que tener muy en cuenta que pueden transcurrir varios años desde que un contaminante liberado en la superficie de la tierra por encima de un acuífero, sea detectado en la misma agua del acuífero a una determinada distancia del sitio de contaminación. Desafortunadamente, esto significa que la contaminación normalmente ocurre antes de que pueda ser detectada. Aún si se detuviera la liberación del contaminante, podrían pasar muchos años más para que el acuífero se purifique en forma natural.

De todas maneras, aunque el agua podría ser tratada para remover solo alguno de los contaminantes, esta tarea resultaría muy costosa puesto que además requeriría de equipos sofisticados.

En la figura 5, se esquematiza la relación existente entre las fases del ciclo hidrológico y las actividades humanas más comunes que originan fuentes de contaminación de las aguas subterráneas.

Así mismo, en la figura 6, se reproduce esquemáticamente

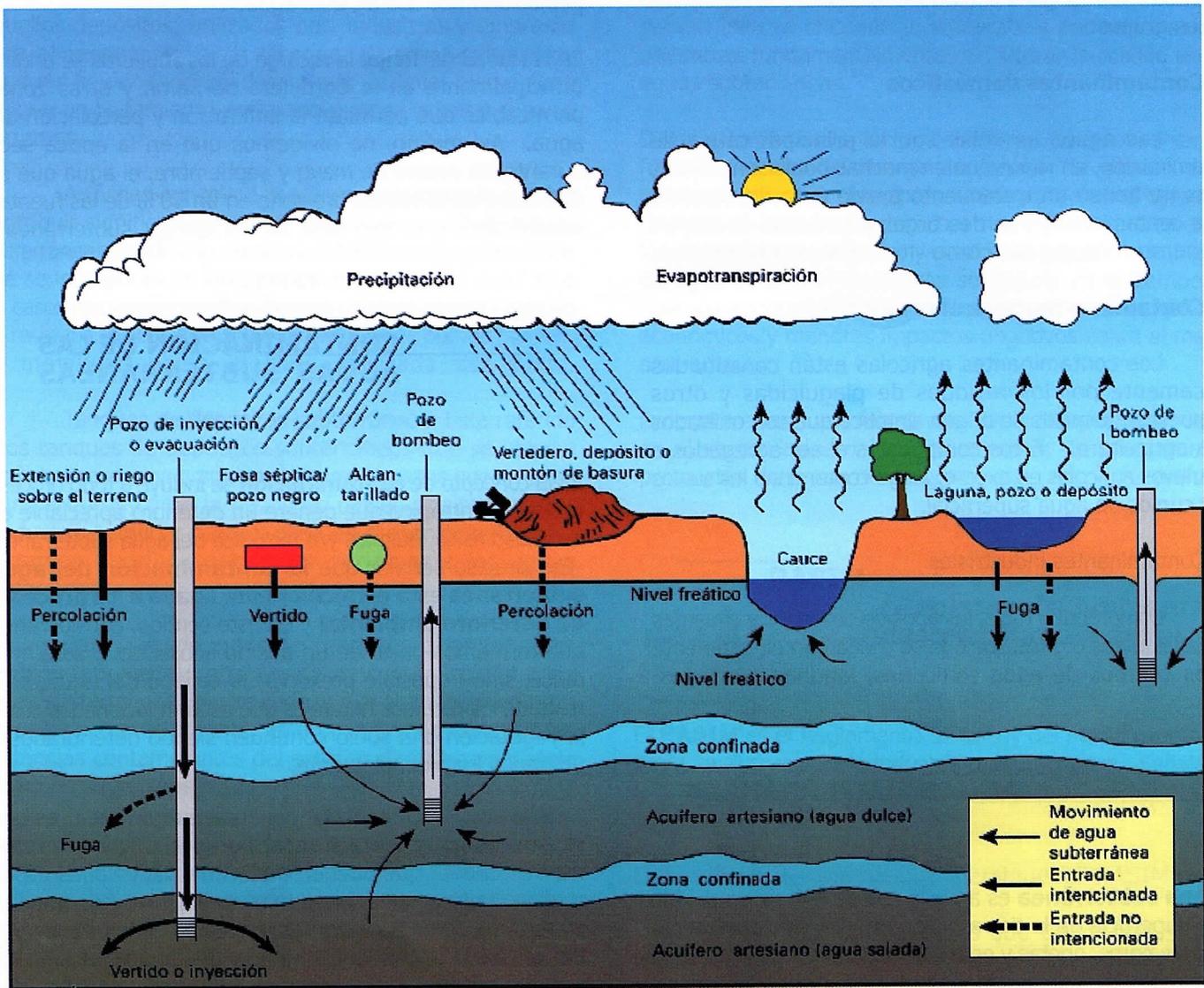


Figura 5. Ciclo del agua y contaminación de las aguas subterráneas.

la producción industrial de contaminantes, la emisión al aire y los vertidos sobre el suelo y el subsuelo. Los gases o humos contienen contaminantes en diferentes estados (sólido, líquido, gaseoso) que deterioran al aire y luego llegan al suelo por su propio peso o arrastrados por la lluvia.

Estos contaminantes generalmente tienden a concentrarse en las depresiones topográficas de la superficie o cuerpos de agua, o peor aún infiltrarse y pasar al subsuelo si existen condiciones favorables para la recarga. Se muestra también la migración a través de capas de baja permeabilidad o **acuitardos**, favorecida por el bombeo del acuífero

semiconfinado subyacente, lo que genera una sobrecarga favorable al acuífero libre sobrepuesto (Auge, 2.006).

De manera general entendemos por **sobre-explotación** de un acuífero a la extracción de agua en magnitudes significativamente mayores a la de su capacidad de recarga natural. Con ello solo queremos señalar que si extraemos más agua de la que ingresa y recarga al acuífero, sin duda que un ritmo de explotación de ese tipo puede llevar al agotamiento del acuífero y en consecuencia afectar al usuario, la industria que se beneficiaba con la extracción del agua.

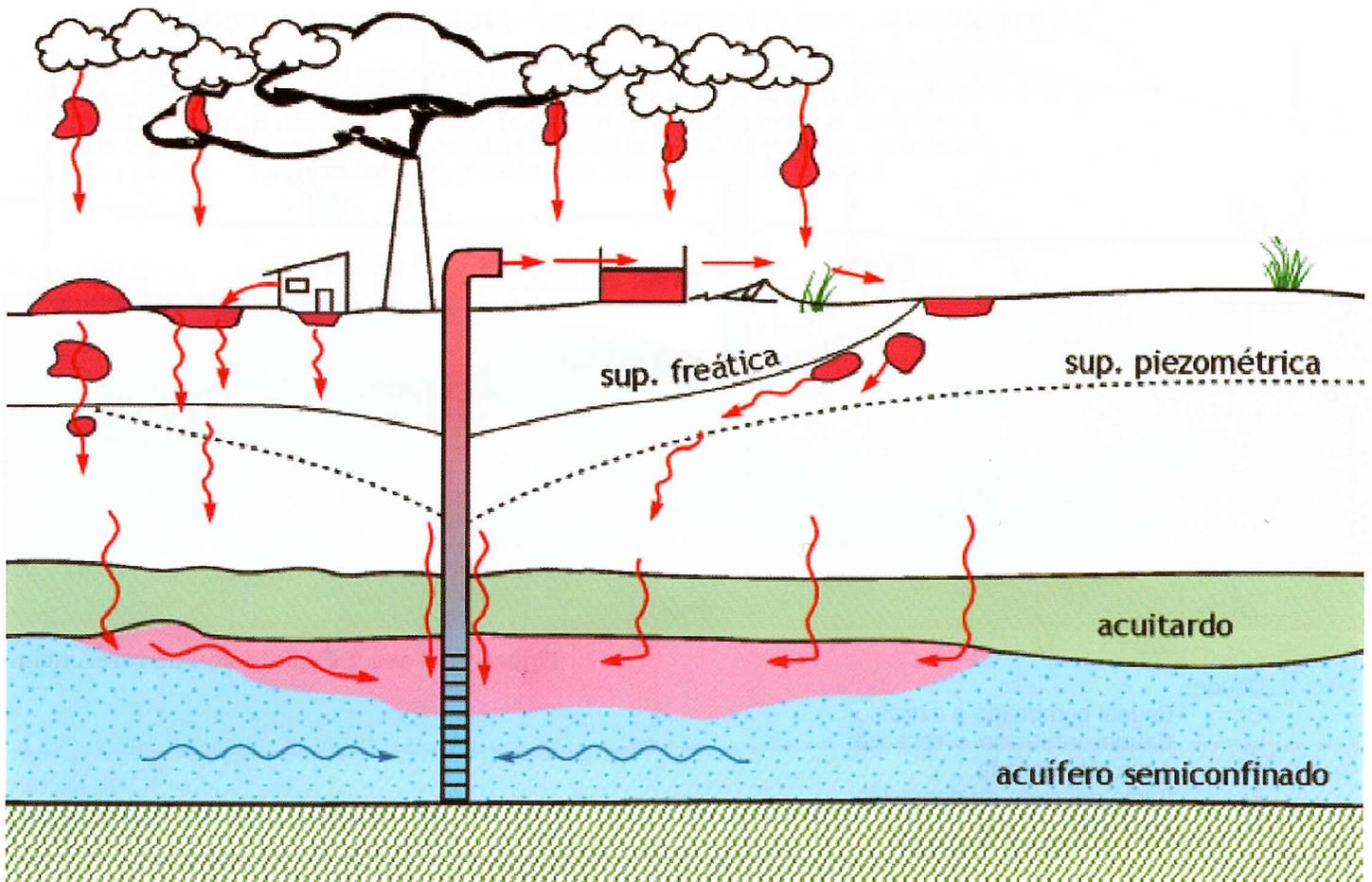


Figura 6. Contaminación atmosférica, superficial y subterránea.

El manejo inadecuado de un acuífero mediante una extracción muy elevada (sobre-explotación) a través de pozos, afecta su reserva y productividad, generando un deterioro hidráulico al que generalmente se le asocian otros procesos de degradación como la salinización, contaminación artificial, asentamiento del suelo, pérdida de surgencia, disminución del caudal superficial en ríos y arroyos, desecamiento de humedales, etc. (Auge, 2.006).

Para graficar estos fenómenos, en la figura 7b se esquematiza el concepto de **sobre-explotación** mediante un procedimiento comparativo respecto a la figura 7a, que representa una fase previa de explotación.

Es posible visualizar que la fase 2 se caracteriza por un incremento en el caudal y en el tiempo de extracción respecto a la fase 1. En la fase 2, el caudal bombeado (Q_{b2}) también supera con amplitud al que recibe el acuífero como recarga por infiltración (Q_i).

La sobre-explotación esquematizada en esta fase, además de la disminución de la reserva de agua (A_a), origina un descenso mayor del nivel dinámico o de bombeo ($s_2 > s_1$), un incremento en la velocidad de flujo ($v_2 > v_1$) y un aumento en el área afectada por la extracción ($R_{i2} > R_{i1}$), respecto a la fase de explotación.

Pero este no es el único problema, pues la sobre-explotación del agua subterránea también es la causante de la pérdida de **surgencia natural** del flujo subterráneo hacia los cuerpos de agua superficiales como ríos, arroyos y manantiales en razón del desequilibrio que se produce en la posición de la superficie hidráulica tal como se grafica en las figuras 8 y 9.

Estos elementos de análisis nos llevan a concluir que en principio la mejor protección contra la contaminación y el agotamiento de las aguas subterráneas son la **prevención, y el uso racional y eficiente.**

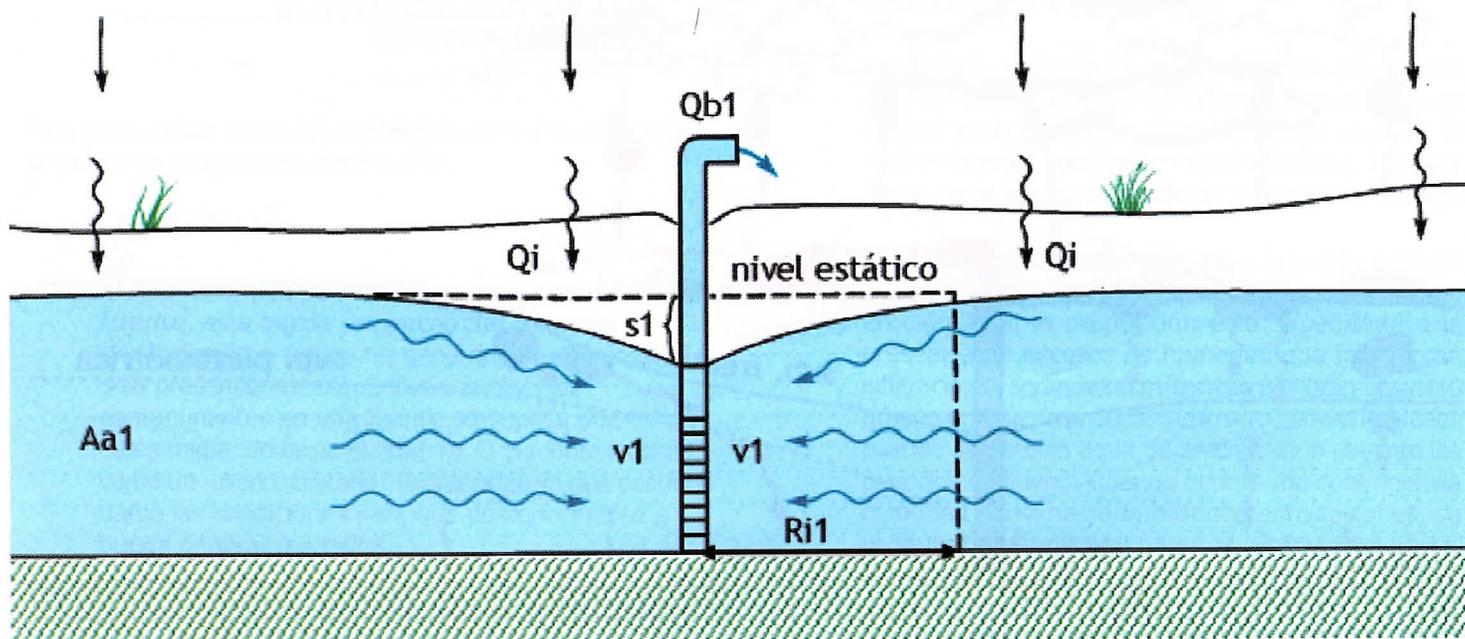


Figura 7a. Fase 1 Explotación de referencia.

Donde:

- Q_b = Caudal bombeado o extraído
- Q_i = Caudal infiltrado o recarga
- A_a = Agua almacenada
- R_i = Radio del cono de depresión
- v = Velocidad de flujo

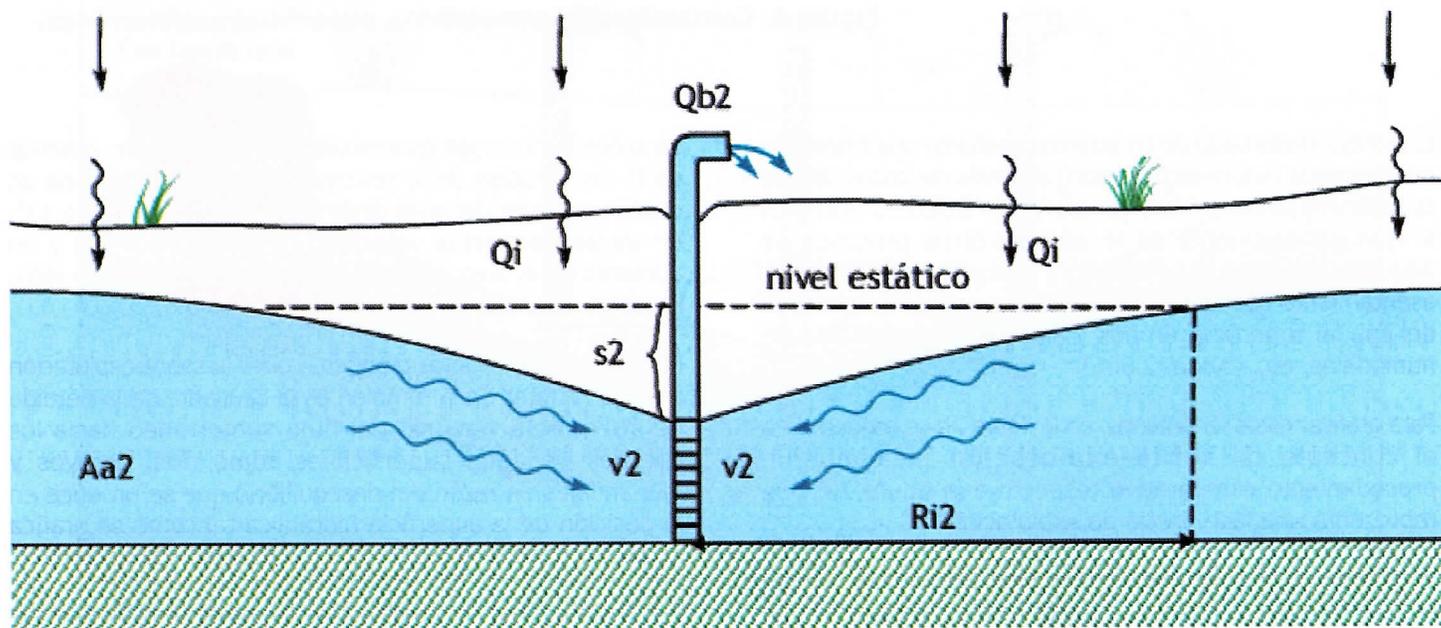


Figura 7b. Fase 2 Sobre-explotación.

Bajo las condiciones de explotación de la fase 2 con relación a la fase 1, se verifica que:

- $Q_{b2} > Q_i =$ El caudal extraído en la fase 2 es mayor a la recarga natural.
- $A_{a2} < A_{a1} =$ El agua almacenada en la fase 2 es menor al agua almacenada en la fase 1.
- $s_2 > s_1 =$ El nivel dinámico o de bombeo en la fase 2 es mayor al de la fase 1.
- $R_{i2} > R_{i1} =$ El radio del cono de depresión en la fase 2 es mayor al de la fase 1.
- $v_2 > v_1 =$ La velocidad de flujo en la fase 2 es mayor al de la fase 1.

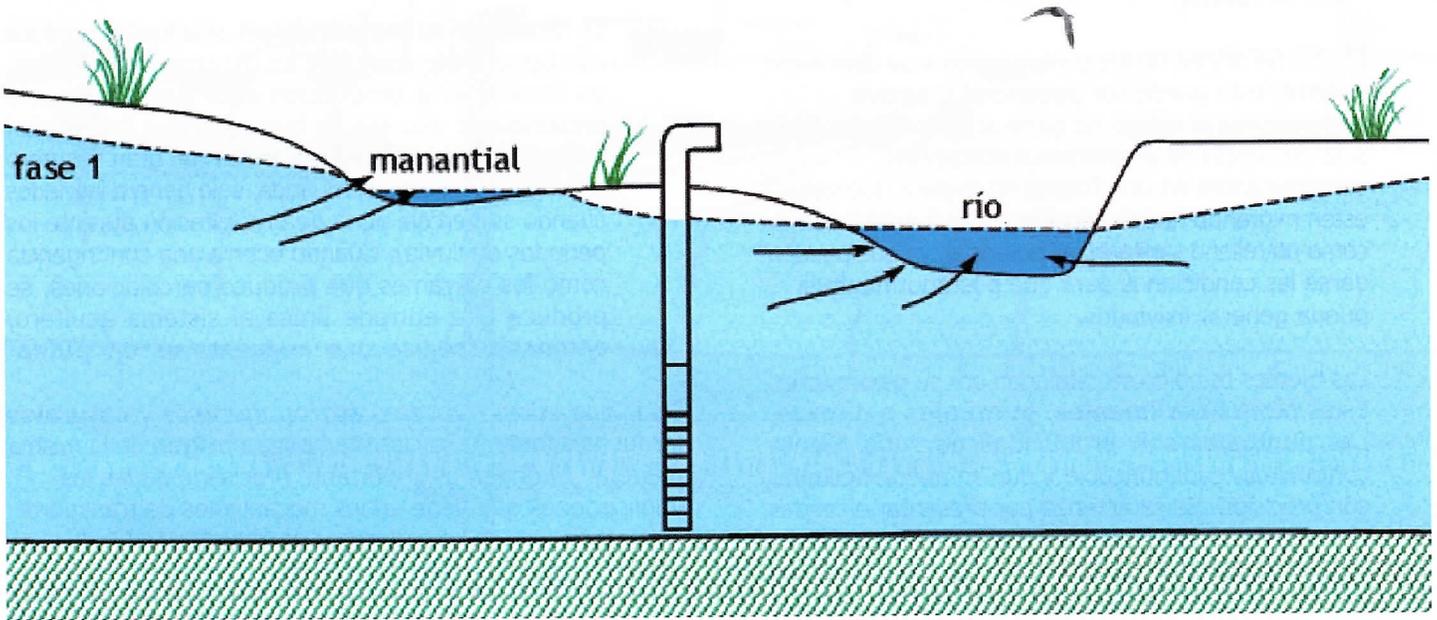


Figura 8. Surgencia natural.

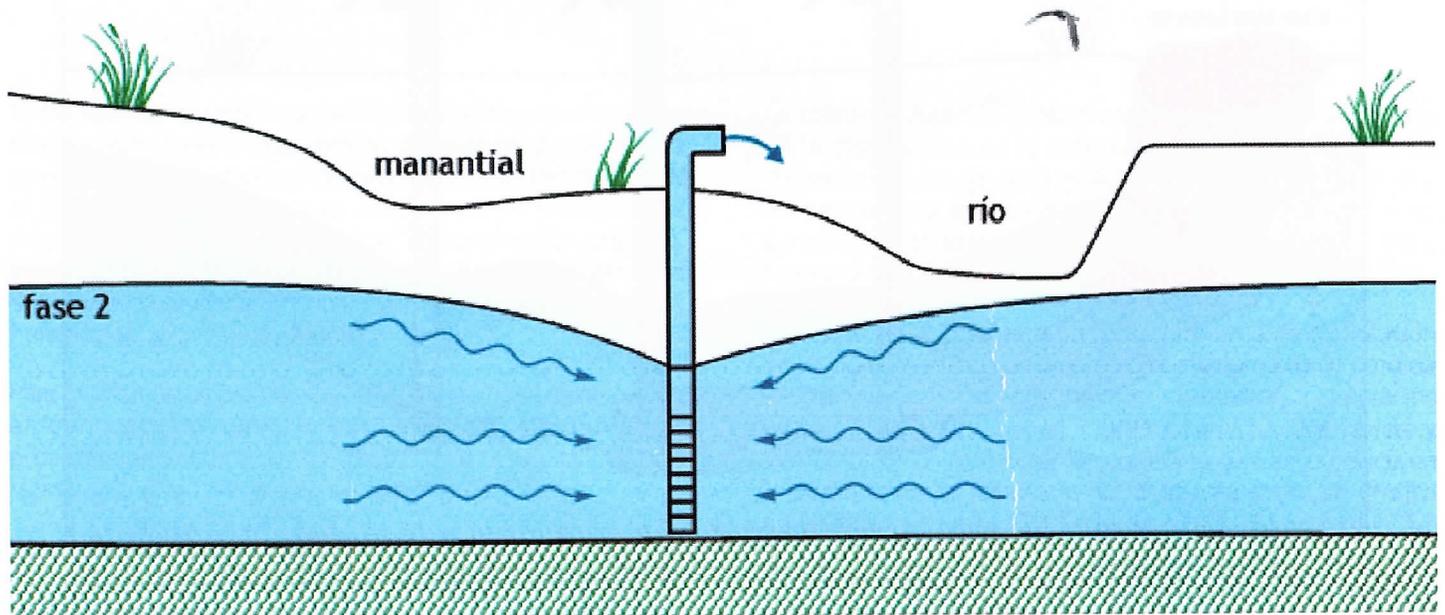


Figura 9. Pérdida de la surgencia natural por sobre-explotación.

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES

Para profundizar sobre los contaminantes, a continuación se presenta la siguiente clasificación:

Por la fuente

El sitio de origen de los contaminantes se denomina **fuentes**, esta puede ser **potencial** o **activa** dependiendo si está o no generando lixiviados. La sola presencia de elementos o sustancias contaminantes en una fuente no implica que estos estén migrando hacia el acuífero. Una fuente inactiva, como un relleno sanitario, es potencial, ya que pueden darse las condiciones para que posteriormente si pueda generar lixiviados.

Las fuentes también se catalogan por su **geometría**. Estas pueden ser **lineales**, **puntuales** o **difusas**. Las puntuales son producidas por una fuente contaminante identificable y que se puede delimitar con precisión. Se caracteriza por presentar elevadas concentraciones, pero que pueden disminuir por dilución si se elimina la fuente de contaminación

como se ilustra en la figura 10.

Son difusas aquellas fuentes que en una vasta zona aportan contaminantes en diferentes puntos de su interior pudiendo presentarse en zonas amplias. El mejor ejemplo son los terrenos agrícolas. Precisar límite entre ambos depende de la escala de trabajo.

En función de su **temporalidad**, si la fuente produce constantemente solutos se les denomina **continuos**, en cambio si la producción esta supeditada a la presencia de excesos de humedad que favorezcan infiltraciones serán **intermitentes** (un gran basurero urbano en una zona semi-árida, solo genera lixiviados cuando se percola agua de precipitación durante los periodos de lluvia). Cuando ocurre una contingencia como los derrames que produce percolaciones, se produce una entrada única al sistema acuífero, entonces se dice que la fuente es un **pulso**.

Dado que existen procesos **antropogénicos** y **naturales** las fuentes también se clasifican por su **origen** de la misma manera. El origen es importante precisarlo dadas las implicaciones que tiene en los mecanismos de transporte y de ser el caso, en los programas de remediación (Rodríguez, 2003).

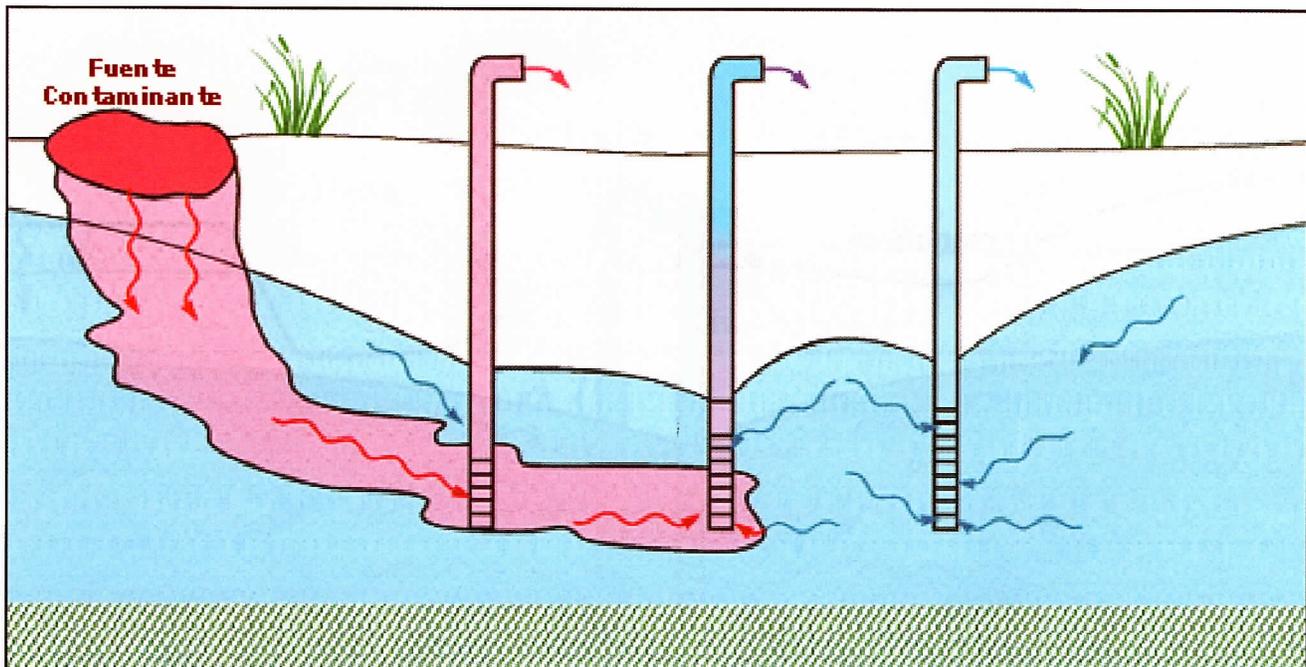


Figura 10. Contaminación puntual.

Por su naturaleza:

En este grupo, los contaminantes pueden ser: físicos, químicos y biológicos.

Contaminantes físicos: Los que afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y residuos sólidos.

Contaminantes químicos: Comprenden los productos orgánicos e inorgánicos, provenientes tanto de fuentes naturales como antropogénicas.

Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que pueden provenir de descargas domésticas, agrícolas o industriales.

Los principales son: cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Estos contaminantes una vez liberados directamente a la atmósfera pueden volver a la tierra en forma de lluvia ácida.

Los contaminantes orgánicos se caracterizan por su estructura molecular basada en el carbono. Entre estos, destacan, los denominados Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs), que se caracterizan fundamentalmente por ser: tóxicos, puesto que en muy bajas concentraciones afectan la salud de las personas, animales y el medio ambiente. Son persistentes porque tienen una muy lenta degradación física, química o microbiológica, es decir que no se descomponen fácilmente incluso durante cientos de años. Son Bioacumulables, puesto que al ser liposolubles, se acumulan en los tejidos grasos, biomagnificándose a través de la cadena trófica. Son contaminantes globales porque pueden movilizarse por el medio ambiente a través de las corrientes de aire, los océanos, ríos sedimentos y los seres vivos.

Tienen efectos en la salud humana por sus propiedades carcinógenas, ya que incrementan el riesgo de cáncer y provocan daños al sistema nervioso, inmunológico y reproductivo.

¿Cuáles son los COPs y donde se encuentran?

El Convenio de Estocolmo sobre COPs ratificado por nuestro país en año 2003, reconoce en principio que se deben eliminar hasta el año 2025, 12 COPs: 8 plaguicidas, 3 productos industriales (PCBs, Dioxinas y Furanos) y 1 último producto utilizado tanto en la industria como en la agricultura: el Hexaclorobenceno.

- Plaguicidas organo-clorados (8): sustancias utilizadas en la agricultura como el DDT, Aldrín, Endrín, Dieldrín, Clordano, Heptacloro, Mirex y Toxafeno.

- Bifenilos policlorados -PCBs (1): son sustancias usadas como aceite dieléctrico en transformadores y acumuladores, fuentes eléctricas, capacitores, sistemas de distribución eléctrica, bombas al vacío, motores de refrigeración, motores de bombas hidráulicas, switches, cables eléctricos térmicos, sistemas de calefacción, lubricantes especiales, tintas de imprenta, PVC (plásticos de cloruro de polivinilo), material de relleno en juntas de hormigón, papel copia sin carbónico (químico), plaguicidas, control de polvo (asfaltado), pinturas al aceite.

- Dioxinas y Furanos (2): son subproductos generados por la combustión de biomasa y algunos procesos industriales, entre estos se encuentran los incineradores de basura, fabricación de cables de cobre, tratamiento de aguas, combustibles fósiles, crematorios, tratamiento de la madera, chimeneas industriales, curtiembre (teñido), producción de papel, rellenos sanitarios, metalúrgicas, minería, quema abierta de basura, refinería de aceites, incineración de desechos hospitalarios y en plantas de tratamiento de aguas servidas.

- Hexaclorobenceno (1): es una sustancia utilizada por la industria para hacer fuegos artificiales, municiones y caucho sintético.

¿Cuales son las fuentes de contaminación más comunes de las aguas subterráneas?

Entre las principales tenemos:

1. Cámaras sépticas y letrinas: Una de las causas mayores de contaminación de las aguas subterráneas son los efluentes, derrames o filtraciones de cámaras sépticas y letrinas. Si estos sistemas no están situados, construidos o mantenidos correctamente, pueden contaminar las aguas subterráneas con bacterias, nitratos, detergentes sintéticos y otras sustancias dañinas.

2. Estanques y fosas de tratamiento industrial: Son aquellos depósitos, utilizados por industrias y empresas para almacenar, tratar o disponer de una variedad de residuos líquidos y/o sólidos; y que de igual forma si no reciben un tratamiento adecuado pueden originar fugas y derrames.

3. Actividad agrícola: Las actividades agrícolas pueden contribuir significativamente a la contaminación de aguas subterráneas debido a la cantidad de fertilizantes y plaguicidas que se incorporan en los campos de cultivo. En casi todos los casos frecuentemente se genera una importante cantidad de residuos tóxicos que al no ser asimilados por las plantas, se movilizan hacia la zona saturada del suelo.

4. Tanques de depósitos subterráneos: Está referido a los tanques de depósitos subterráneos que se utilizan para almacenar una gran variedad de sustancias que incluyen hidrocarburos como la gasolina, diesel, aceites y otros productos químicos que en caso de presentarse fugas o derrames podrían contaminar seriamente las aguas subterráneas.

5. Pozos abandonados: Los pozos abandonados, también representan otra fuente de contaminación a las aguas subterráneas, en virtud de que al abandonar un pozo sin sellarlo correctamente, este pozo podría conducir las sustancias contaminantes del exterior directamente hacia las aguas subterráneas.

6. Rellenos sanitarios: Los basurales representan una fuente potencial de contaminación debido a la lixiviación de sustancias químicas que se originan en estos depósitos de residuos sólidos, especialmente en el periodo de lluvias.

EL AGUA Y EL SECTOR INDUSTRIAL

El sector industrial no está ajeno a esta situación, porque el agua es un recurso indispensable que participa en todas las etapas del proceso productivo y las actividades auxiliares del mismo.

En la ciudad de Tarija, ciudad, existe una relación muy fuerte entre la protección de la zona de recarga de los acuíferos y la disponibilidad del agua subterránea que se bombea a través de pozos en la zona industrial. Sin embargo, esta relación es ignorada en su generalidad; y

entre tanto, nuestras fuentes de agua superficial y subterránea se encuentran vulnerables por acciones que amenazan fundamentalmente con alterar la calidad de las aguas subterráneas.

Dada su importancia, incluir estrategias para conservar las fuentes y zonas de recarga de agua en la gestión de la empresa, permitirá al sector industrial optimizar el consumo de agua de forma estructurada y sistemática e incrementar los niveles de producción, y contribuir a que el suministro de agua para la empresa sea sostenible en el tiempo, lo que en conjunto traerá consigo mayores beneficios económicos y menores impactos negativos sobre el medio ambiente.

De esta manera, una forma sencilla de "empezar por casa" en el sector industrial es implementar un programa de protección de pozos de agua en cada una de las plantas.

RASIM **(Reglamento Ambiental para el Sector Industrial Manufacturero)**

El **RASIM** es el Reglamento de la Ley del Medio Ambiente 1700, exclusivo para la industria manufacturera. Señala lo que deben hacer las industrias para proteger el medio ambiente y producir mejor.

Las principales metas que persigue el RASIM son:

- Que todas las personas que tienen industrias, trabajen o se relacionan con ellas cumplan con el RASIM, solucionen sus problemas ambientales y participen en el diálogo con la sociedad y las autoridades para proteger y conservar el medio ambiente.
- Que las autoridades sean más flexibles, lleguen a acuerdos y brinden incentivos para que la industria cumpla con el RASIM.
- Que las autoridades informen sobre los problemas ambientales de la industria y faciliten el uso de mejores tecnologías disponibles.
- Que la sociedad esté debidamente informada de los problemas ambientales y participe de sus soluciones;
- Que los consumidores sean informados del efecto y beneficio de su apoyo a la solución de problemas ambientales.

Por su parte, la industria es enteramente responsable de

la contaminación que pueda generar desde que la misma se proyecta, se instala, funciona o se cierre.

Se debe priorizar la producción más limpia, es decir resolver los problemas antes de generar la contaminación, utilizando mejor las materias primas, el agua, la energía, manteniendo en buen estado los equipos, instalaciones, para mejorar su productividad y competitividad, contribuyendo a la calidad de vida y al medio ambiente.

Procesos u operaciones industriales que generan contaminantes en el agua

- Procesos que generan residuos líquidos en los cuales el agua se utiliza como insumo.
- Procesos térmicos, refrigeración, calentamiento.
- Vertido o derrame de líquidos.
- Operaciones de limpieza.

Acciones puntuales que puede hacer la industria para prevenir la contaminación al agua en planta.

- Reciclar y reutilizar sus efluentes líquidos, hasta agotar las sustancias en ellos contenidos.
- Capturar y reconducir los derrames, evitar vertidos intencionales.
- Optimizar procesos y operaciones para el uso más eficiente del agua.

Hay que tomar en cuenta que está prohibido descargar al alcantarillado o a los cuerpos de agua todo tipo de sustancias radiactivas, compuestos órgano halogenados, aceites y lubricantes minerales, lodos, sedimentos u otros sólidos (Figura 11).

También está prohibido diluir las descargas (aumentar agua) para lograr los límites permisibles previstos en la Ley.

En resumen, la industria debe concentrar sus esfuerzos en prevenir la contaminación y aplicar prácticas de producción más limpia antes que implementar medidas correctoras o de control. Por ejemplo antes de instalar una chimenea en un horno a leña es mejor cambiar la leña por gas natural.

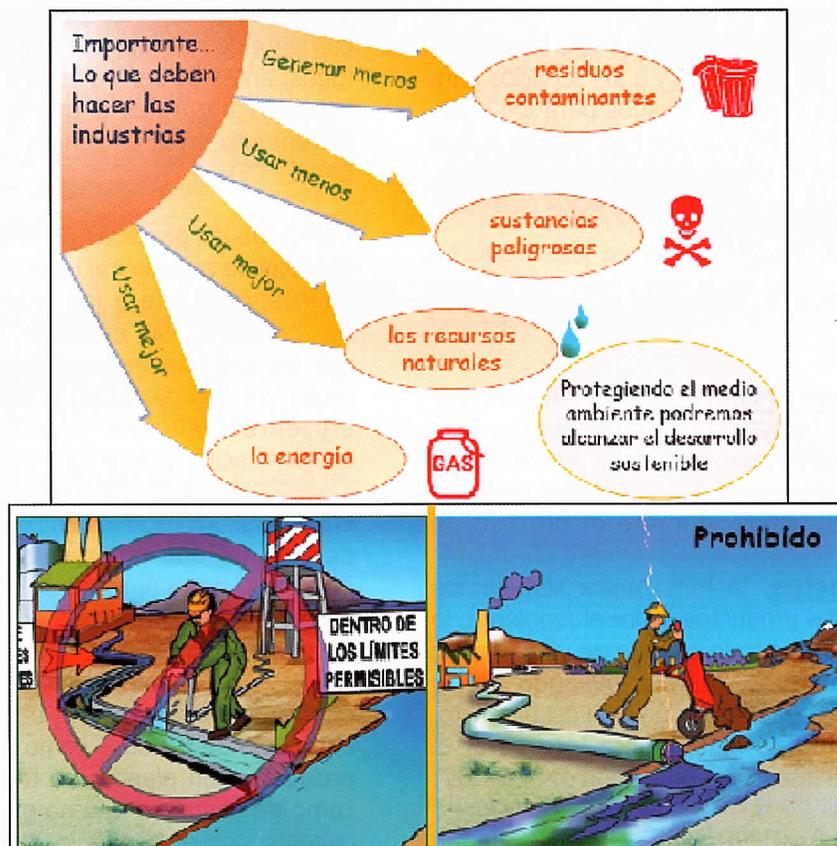


Figura 11. Obligaciones y prohibiciones a la industria.

GESTIÓN AMBIENTAL INDUSTRIAL

La **gestión ambiental** en una industria comprende el manejo, organización y control de todas las actividades que tienen o pueden potencialmente tener un impacto sobre el medio ambiente para lograr una producción y consumo sostenible.

Una buena gestión ambiental permitirá a la industria:

- Ahorro en costos, por el uso más eficiente de insumos, materiales y equipos.
- Mejora la posición en el mercado.
- Mejora la imagen con la comunidad.
- Reduce el riesgo de reclamos ambientales.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA (PML)

La **Producción Más Limpia** es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, a los procesos productivos, a los productos y a los servicios para incrementar la eficiencia y reducir riesgos para los seres humanos y el ambiente. La Producción Más Limpia puede ser aplicada a los procesos empleados en cualquier industria, a los productos mismos y a los diferentes servicios prestados a la sociedad (PNUMA-UNEP-CPTS).

La PML se la puede aplicar en diferentes etapas y niveles de la industria:

- **En los procesos productivos**, la PML conduce al ahorro de materias primas, agua y/o energía; a la eliminación de materias primas tóxicas y peligrosas; y a la reducción, en la fuente, de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y los desechos, durante el proceso de producción.
- **En los productos**, la PML busca reducir los impactos negativos de los productos sobre el ambiente, la salud y la seguridad, durante todo su ciclo de vida, des de la extracción de las materias primas, pasando por la transformación y uso, hasta la disposición final del producto.
- **En los servicios**, la PML implica incorporar el quehacer ambiental en el diseño y la prestación de servicios”.

En consecuencia los beneficios de la PML se pueden redondear en:

- **Beneficios económicos** por el uso más eficiente de materias primas, agua, energía y otros insumos en los procesos.
- **Beneficios ambientales** por la eliminación de materias peligrosas, reducción de la carga de contaminantes en los efluentes de la planta, y la disminución de los requerimientos (infraestructura, gastos de inversión y operación) para el tratamiento final y disposición de los desechos.
- **Beneficios externos** por el cumplimiento de las normas ambientales vigentes y el respeto a los ecosistemas naturales que trae consigo el mejoramiento de la imagen pública de la empresa.

PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Es el uso de procesos, prácticas y/o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen; es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente incluyendo las fugas, antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia. (Consejo Asesor en Ciencia, EPA-CPTS).

Dentro de las prácticas de PML, la industria debe priorizar aquellas de prevención de la contaminación y de eficiencia energética frente a las prácticas de reciclaje, reuso y recuperación. Sin embargo, no se debe perder de vista que las operaciones asociadas a estas prácticas (reciclaje, reuso y/o recuperación) pueden hacerse de manera más eficiente mediante prácticas de prevención de la contaminación y de eficiencia energética.

En general, los recursos empleados para introducir prácticas de PML en una empresa son considerados como una inversión, normalmente de corto plazo, ya que generan retornos económicos y beneficios ambientales simultáneamente.

Contrariamente a ello, los recursos empleados para hacer el manejo de residuos como desechos al final del proceso productivo en plantas de tratamiento son considerados como un gasto, ya que no generan retornos económicos, excepto por el beneficio que resulta por evitar que se generen impactos ambientales, beneficio que para la empresa

tiene un carácter intangible en la mayoría de los casos. El siguiente esquema ilustra el texto:



- Prevención de la contaminación no es igual a producción más limpia, es parte de ella.
- Tecnologías limpias no es igual a tecnologías más limpias. La primera es la utopía de la segunda; y ésta, a su vez, forma parte de la producción más limpia.
- Producción limpia no es igual a producción más limpia. La primera es la utopía de la segunda.
- Tratamiento de residuos al final del proceso y disposición final de desechos, son conceptos que no forman parte de la producción más limpia.

MEDIDAS PARA OPTIMIZAR EL USO DE AGUA Y REDUCIR LA CONTAMINACIÓN

Algunas medidas que pueden ser incluidas en un programa para optimizar el uso del agua son:

- **Concienciar y capacitar al personal.-** Se debe concienciar y capacitar al personal sobre la importancia de conservar el recurso agua y por ende de hacer un uso racional del mismo. Debe haber un convencimiento de que el agua es un insumo importante, valioso y que tiene un costo que afecta la rentabilidad de la empresa.

La capacitación de los empleados debe estar dirigida introducir prácticas de uso eficiente del agua como: utilizar

cepillos y raspadores de goma para operaciones de limpieza de pisos, en lugar del chorro de agua de una manguera, la dosificación correcta del volumen de agua requerido en las operaciones de producción y en los lavados.

- **Medir el consumo de agua:** Se puede conocer el volumen del agua empleado en toda la planta por operaciones o por secciones, explicar al personal la forma de calcular los volúmenes adecuados de agua que se necesitan en cada operación y las formas de verificar que la dosificación de agua sea la correcta, por ejemplo con un medidor de agua en la línea de alimentación.

- **Desarrollar un programa de monitoreo del uso del agua:** Cada unidad o área de trabajo debe asumir responsabilidad del agua que se consume en el desarrollo de sus operaciones.

- **Identificar y evitar pérdidas de agua por fugas o rebases:** Las actividades de identificación de fugas se deben realizar en todas las áreas de la planta: áreas de producción, comedores, oficinas, baños, etc. También se debe identificar la presencia de fugas y pérdidas mientras la planta no está trabajando.

- **Captar agua de lluvia:** Aprovechar el agua de lluvia para almacenarla, la factibilidad técnica y económica de esta medida depende de la precipitación pluvial que existe en la zona donde está ubicada la planta.

- **Instalar equipos ahorradores de agua:** Existen equipos sencillos y de fácil instalación que permiten ahorrar agua como ser: pistolas de cierre automático para mangueras, válvulas reguladoras de presión, duchas de bajo caudal.

RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL

En los últimos años, la **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)** se ha convertido en un tema importante en la agenda de empresarios, organizaciones de la sociedad civil y organismos internacionales porque la RSE se refiere a una visión de los negocios que incorpora el respeto por los valores éticos, las personas, las comunidades y el medio ambiente.

La Responsabilidad Social Empresarial es la respuesta que debe dar una empresa a la expectativa de los sectores con

los cuales ella tiene relación, en materia de desarrollo integral de sus trabajadores y en el aporte a la comunidad que le permitió crecer y desarrollarse (OIT, ANDI, JCI, Manual de Balance Social, 2001).

Esto quiere decir que la RSE implica cultivar:

- **Relación con la comunidad local.-** Se refiere a la relación de la empresa con su entorno social más inmediato: el barrio y el municipio. En el caso de las empresas cuyos procesos productivos dependen en gran medida del agua u otros recursos naturales, se hace de suma importancia mantener relaciones con las comunidades vinculadas a estos recursos.

En este sentido, la empresa debe mantener un comportamiento que le garantice una buena relación con la población con la que más directamente está vinculada, ya sea el barrio, la comunidad, el municipio o la cuenca, evitando la contaminación ambiental, cooperando en la medida de sus posibilidades con las iniciativas de la población local y cumpliendo con las regulaciones que le apliquen.

Existen muchas formas en las cuales la industria puede contribuir a conservar el agua, recurso indispensable y fundamental para la existencia y funcionamiento de una empresa, por ejemplo a través del apoyo a:

- Actividades educativas y de sensibilización.
- Actividades productivas sostenibles.
- Actividades de protección de los pozos de agua.
- Actividades de protección de las zonas de recarga de agua.
- Actividades para mejorar las condiciones que favorecen la recarga de los acuíferos.

Hay que tener presente en todo momento, que contribuir a la conservación de las fuentes de agua y las zonas de recarga de los acuíferos promoviendo actividades sostenibles "aguas arriba" de nuestra industria, representa una **inversión fundamental** para contar "aguas abajo" con este recurso vital para la vida y la economía del sector industrial. No olvidemos que para restaurar nuestras fuentes de agua subterránea de la sobreexplotación y/o contaminación, puede representar complejas técnicas y millonarias sumas de dinero durante muchos años para apenas intentar su recuperación tan solo de forma parcial. Aquí aplica el dicho "más vale prevenir que curar".

- **Relación con organizaciones de la sociedad civil.-** Se refiere a la relación de la empresa con

organizaciones no gubernamentales y entidades privadas sin fines de lucro que tienen programas y proyectos específicos de apoyo a diversos sectores. Esta relación le permite al sector empresarial beneficiarse con asistencia técnica y otras ventajas comparativas que aseguran la sustentabilidad social de una empresa.

CONSIDERACIONES FINALES, ¿LA SOLUCIÓN?

En principio anotar que el conocimiento que las personas tenemos sobre el agua subterránea es limitado en comparación con el agua superficial y este contraste se hace más grande aún al hablar sobre la relación dinámica que existe entre ambas. Esta quizá sea una de las principales causas de incomprensión sobre la necesidad integral de acción que requiere esta temática.

Uno de los principales motivos, probablemente se deba a que por la "**invisibilidad**" del agua subterránea, esta no tiene uno de los principales atributos que tiene el agua superficial: su estética o notable belleza plástica que ha hecho que el agua sea objeto de admiración, poesía, canto e incluso cultural y ceremonial.

Sin embargo, el abordamiento de la problemática del agua ha sido realizado de forma sectorial, sin considerar las implicaciones y consecuencias de las decisiones que un sector tiene sobre el otro. Por esta razón, se presentan conflictos entre los diversos usos y usuarios del agua.

Lo cierto es que sin el agua no se puede vivir, todo lo que existe en nuestro planeta necesita de agua y al mismo tiempo sabemos que tenemos derecho a tener acceso al agua, pero también es nuestro deber es cuidarla para que alcance a todos.

Como hemos visto, la complejidad de la temática es bastante grande, por lo que pensamos que soluciones puntuales y dispersas no lograrán el efecto que necesitamos y por ello apuntamos a una visión integral y sistémica, la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH).

Esto significa que la GIRH implica tomar decisiones para manejar los recursos hídricos para todos los usos de forma tal que se consideren las necesidades y deseos de todos

Hay que tener presente en todo momento, que contribuir los usuarios y partes interesadas. Por lo tanto, comprende la gestión del agua superficial y subterránea en un sentido cualitativo, cuantitativo y ecológico desde una perspectiva multidisciplinaria y centrada en las necesidades y requerimientos de la sociedad y el medio ambiente.

La integración que se quiere impulsar con la GIRH está referida al menos en seis formas de integración:

- 1.) La integración de los intereses de los diversos usos (agua potable, agricultura, industria) y usuarios del agua y la sociedad en su conjunto, con la finalidad de reducir los conflictos entre los que dependen y compiten por este escaso y vulnerable recurso;
- 2.) La integración de todos los aspectos del agua que tengan influencia en los usos y usuarios como la cantidad, calidad y la gestión de la oferta con la gestión de la demanda;
- 3.) La integración de las diferentes fases del agua en el ciclo hidrológico, por ejemplo, la integración entre la gestión del agua superficial y la gestión del agua subterránea;
- 4.) La integración de la gestión del agua con la gestión del uso de la tierra y otros recursos naturales y ecosistemas relacionados;
- 5.) La integración entre los componentes biofísicos, socioeconómicos, técnicos, legales, institucionales y políticos;
- 6.) La integración de la gestión del agua en el desarrollo económico, social y ambiental.

De esta manera, planificar el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales considerando al agua como el **recurso estratégico e integrador** puede ser sin lugar a dudas una decisión que tendrá repercusiones positivas en la conservación de nuestros ecosistemas y el mejoramiento de la calidad de vida de nuestros habitantes y las generaciones venideras.

Sin embargo, se argumenta que el principal problema pasa por la poca flexibilidad de los sistemas de planificación que no permitirían asignar recursos con este enfoque en los presupuestos gubernamentales.

La inserción del enfoque de gestión del agua a nivel de cuenca bajo una perspectiva ecosistémica en los actuales sistemas de planificación gubernamentales obviando la limitación de los límites político-administrativos puede solucionarse de la mano de una de las herramientas de gestión ambiental más importantes como es el ordenamiento territorial.

En efecto, el problema se resuelve operativamente incorporando estos enfoques en los Planes Departamentales (PDOT) y Municipales (PMOT) de Ordenamiento Territorial en plena concordancia con los lineamientos y directrices técnicas de la materia. Luego es posible integrar los PDOT y PMOT en los Planes Departamentales de Desarrollo Económico y Social (PDDDES) y Planes de Desarrollo Municipal (PDM). La visión global del concepto se muestra en las figuras 12 y 13.

Independientemente de lo que expuesto aquí, de seguro que podrían plantearse otras formas de abordar la problemática; lo único verdaderamente importante es que todos estamos llamados a contribuir a la solución para gestionar de manera sostenible nuestros recursos naturales en general y nuestros recursos hídricos en particular.

Como lo dijo John F. Kennedy Ex-Presidente de los Estados Unidos de América "Quien fuere capaz de resolver los problemas del agua, será merecedor de dos premios Nóbel, uno por la Paz y otro por la Ciencia". No menos oportuno resulta lo dicho por Parakrama Bahu I, rey de Sri Lanka "Impidamos que una sola gota de agua que caiga en la tierra llegue al mar sin haber servido a la gente."

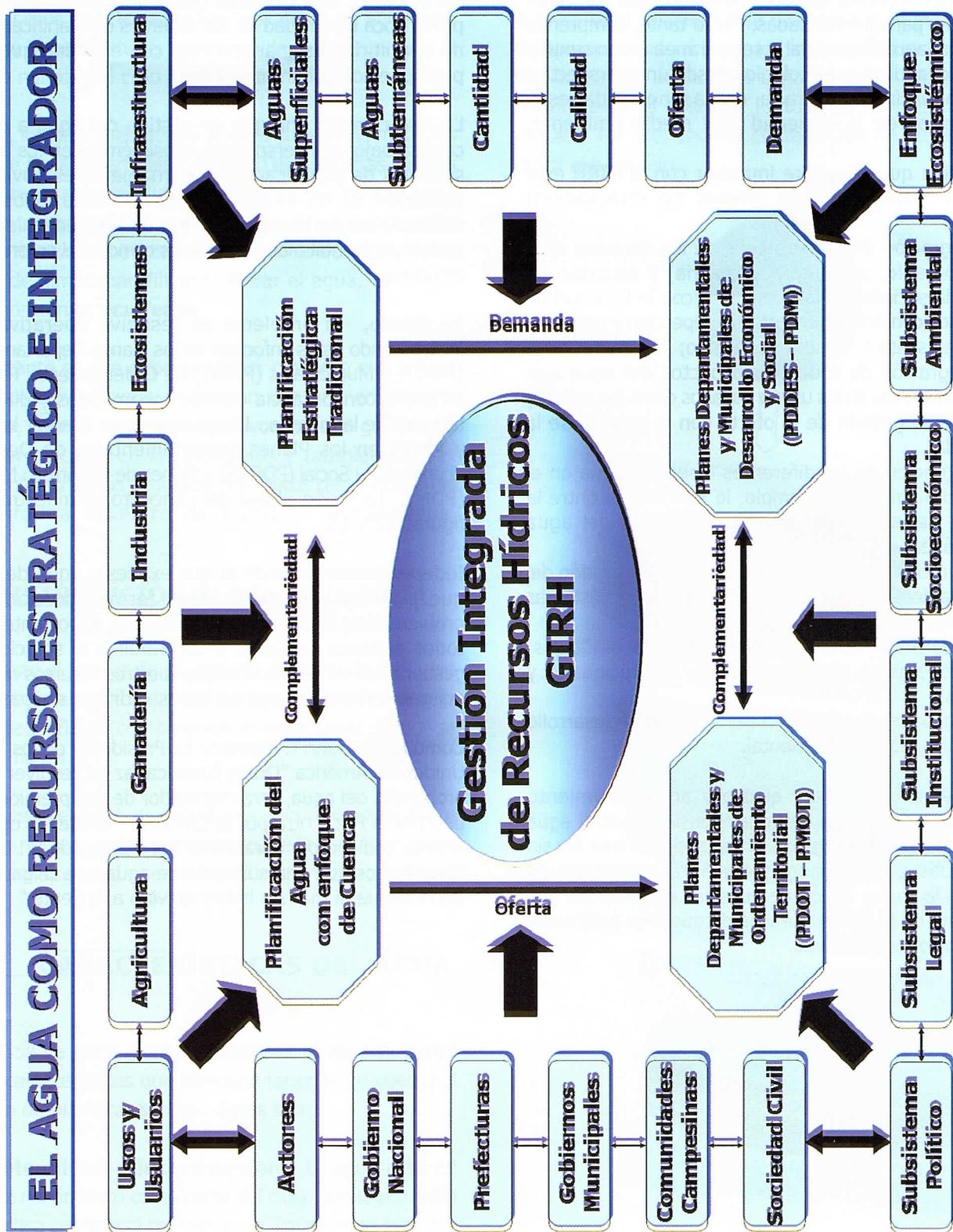


Figura 12. Visión conceptual en torno a la GIRH.

ESTRATEGIAS PARA IMPLEMENTAR LA GIRH

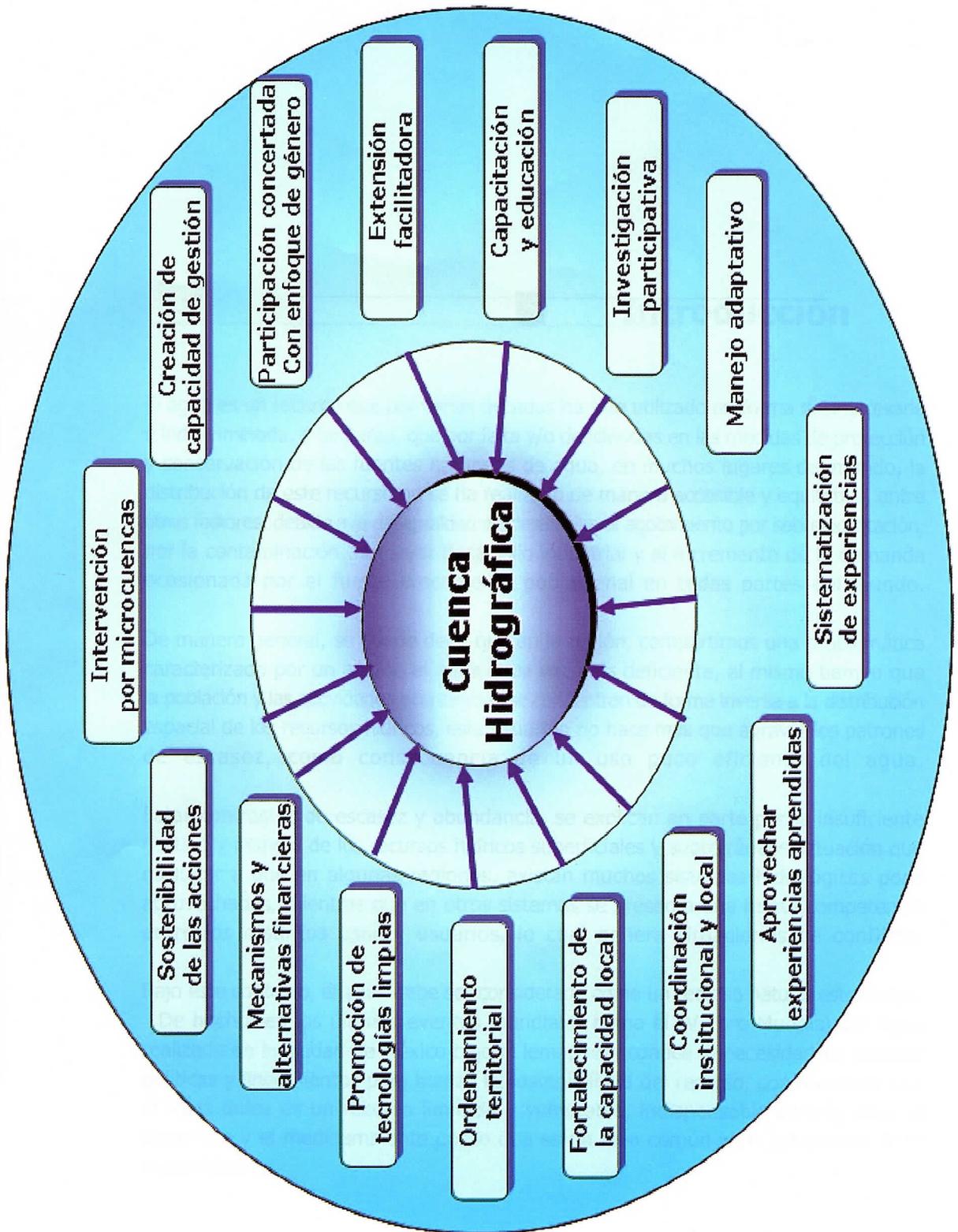


Figura 13. Algunas estrategias para alcanzar la GIRH.

Créditos

Elaboración:

Ricardo Aguilar y Claudia Pereira
Derechos Reservados:

Equipo de trabajo:

Rodrigo Ayala
Arnaldo Wayer
Roberto Cabrera
Raimundo Montaña
Verónica Vega

Diagramación:

Fernando Martínez Arnold



Proyecto
Alianza Comunidad
Cuenca en Bolivia