

## USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL AGUA

### RECORDANDO LA HIDROLOGÍA

La Hidrología trata del agua en el ciclo hidrológico de la tierra, y sus interacciones con la atmósfera, océanos y glaciares. Su tema central es el agua y el entorno terrestre, pero también abarca los procesos de evaporación, condensación, precipitación, congelación y deshielo. Además, el ciclo hidrológico determina el transporte y deposición de las sustancias en suspensión, y los efectos relacionados con el agua sobre la vida vegetal.

Originalmente, la Hidrología había desarrollado un cuerpo de doctrina único, dirigido por los Ingenieros Hidráulicos y Civiles, enfocado a la obtención de información acerca de los caudales máximos y mínimos de diseño para el cálculo de crecidas y evaluación de sequías.

El ciclo completo hidrológico ha asumido un nuevo significado para la ingeniería, de manera que recientes aplicaciones tratan la lluvia en distribución y magnitud como una entrada de datos en modelos de procesos de erosión.

La evaporación como una parte del riego o de las pérdidas de agua de los depósitos y ríos.

La escorrentía como punto de partida de los caudales entrantes en ríos y sistemas de drenaje, el cálculo de los recursos para el suministro de agua y las causas de las inundaciones.

La Hidrología en su amplio sentido ha surgido durante las últimas décadas como una ciencia natural y fundamental, cuyas aplicaciones parten de las Geociencias hasta alcanzar muchos otros campos de la Ingeniería (Nash et al., 1990).

### CONOCIENDO LA HIDRÁULICA APLICADA

La Hidráulica Aplicada se puede definir como una aplicación de los principios de la Mecánica de Fluidos para la solución de trabajos de ingeniería que están relacionados con el movimiento del agua y el transporte de sustancias en suspensión. Estos procesos incluyen la recolección, utilización y redistribución del agua superficial, subterránea y marítima tanto en el tiempo como en el espacio y la determinación de las fuerzas que el agua ejerce.

Tradicionalmente, los hidráulicos se basaron en simplificaciones de la mecánica de fluidos a través de representaciones unidimensionales apoyadas en el uso de coeficientes empíricos y en la experiencia acumulada. Las posibilidades que ofrece el ordenador han ampliado las perspectivas de los Ingenieros Hidráulicos y Civiles modernos.

El enfoque tradicional, basado en estudios de modelos hidráulicos y fórmulas semiempíricas que representaban aproximaciones unidimensionales, se ha ido modificando para incluir los métodos numéricos basados en la solución directa de las ecuaciones en derivadas parciales de la Mecánica de Fluidos. Estas aplicaciones cubren un amplio espectro de los sistemas de agua naturales y artificiales, así como técnicas para resolver los problemas de calidad del agua con la introducción de procesos morfológicos, químicos y biológicos.

## EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LA HIDRÁULICA APLICADA

La Hidráulica Aplicada constituye hoy una parte fundamental del cúmulo de conocimientos de la Ingeniería Civil.

Desde el comienzo de la civilización, cuando el hombre se asienta en los fértiles valles y largos ríos, como el Nilo en el norte de África, el Éufrates y el Tigris en la Mesopotamia Asiática, el Yang Tsé Kiang y el Hoang Ho en China, el desarrollo de los recursos hídricos ha sido una de las mayores tareas de la humanidad.

La Humanidad siempre ha dependido del desarrollo de sus recursos hídricos para sobrevivir en ambientes que a menudo experimentan sequías e inundaciones. Los ajustes en la irregularidad de los caudales de agua requerían grandes esfuerzos, e ingeniosas soluciones técnicas, normalmente para riego o protección frente a inundaciones.

Durante siglos de pruebas, a veces fallidas, los ingenieros afinaban su destreza. La Hidráulica Aplicada, en su forma empírica, está entre las más antiguas ciencias, y de su desarrollo han dependido muchas civilizaciones a través de los siglos, desde la antigüedad hasta el presente.

En el transcurso del tiempo, la humanidad no solo ha usado y disfrutado las aguas del mundo para sus propósitos, sino que forzando a la naturaleza ha transformado desiertos en áreas fértiles de agricultura.

Sin embargo, desafortunadamente, algunos exuberantes bosques se han convertido en desiertos. Muy recientemente nos empezamos a dar cuenta del poder que tenemos, y de como hemos usado ese poder para cambiar regiones enteras. Ahora el hábitat natural es tratado en más y más partes del mundo por una creciente población: la naturaleza no tiene defensas contra las talas indiscriminadas de bosques en países en desarrollo.

Ha llegado la hora para la formulación de una nueva escala de valores que considera no sólo las necesidades de la población actual sino también las de futuras generaciones. Estas eternas necesidades no son solo comida, agua y protección, sino además un medio ambiente limpio, sano y estético. El reconocimiento de la amenaza a la humanidad y al mundo nos ha conducido a un nuevo camino para el desarrollo.

Ingenieros y científicos se enfrentan al reto del desarrollo sostenible, que consiste en la formulación de teorías que sean útiles para mantener y manejar nuestros recursos hídricos, y que deben presidir el diseño y la operación de los proyectos implicados. Estas tareas requieren de la unificación de la ingeniería tradicional con el medio ambiente pensando en soluciones equidistantes entre lo tradicional y lo innovativo.

La metodología no puede modificarse repentinamente, pero sus objetivos y la filosofía básica diferirá de las prácticas tradicionales. Los educadores tienen el reto de actualizar sus asignaturas, basándolas en el medio ambiente y concienciar a sus alumnos de las consecuencias sobre el mismo.

Las complejidades que surjan van a requerir probablemente de un enfoque dirigido a sistemas orientados. Los Ingenieros Hidráulicos y Civiles deben servir como siempre las necesidades de sus Comitentes, pero esas necesidades deben tender a una integración de su trabajo en el ecosistema natural, y con la vista puesta en un futuro lejano y duradero.

Los Ingenieros Hidráulicos, a mediados del siglo pasado, eran una rama consolidada de los Ingenieros Civiles, cuyos miembros habían diseñado y construido algunas de las mayores estructuras jamás construidas. Son ejemplos, las presas “Hoover” y “Grand Coulee” en los Estados Unidos, el proyecto “Dnepropetrovsk Hydropower” en la antigua Unión Soviética.

Sus creaciones fueron apoyadas por científicos e ingenieros de reconocido prestigio quienes conformaron un equipo de diseño que cumplió con sus necesidades. Los conceptos fundamentales procedían del conocimiento del movimiento de los fluidos ideales e incompresibles, y estos se extendían a experimentos y observaciones de las estructuras existentes para incluir las pérdidas de energía y los efectos de no uniformidad del flujo por medio de coeficientes empíricos. La experiencia colectiva de los ingenieros y las investigaciones en los laboratorios habían dado lugar a excelentes libros de texto.

Sin embargo, por este tiempo las instituciones ya se habían dirigido a ingenieros hidráulicos más cualificados, integrando un enfoque basado en la mecánica de fluidos en la mayoría de los cursos. Los procesos que en el pasado se habían caracterizado por coeficientes experimentales también se investigaron analíticamente. El principal promotor de este período de cambio fue Hunter Rouse, con su libro “Engineering Hydraulics” con una amplia visión, diseñado y editado por él mismo.

Ello estimuló un vigoroso desarrollo de la investigación en la hidráulica, cuyos resultados fueron utilizados por una comunidad científica en alza, particularmente a través de los esfuerzos de la “International Association of Hydraulic Research” y la “American Society of Civil Engineers”.

Con la evolución de los ordenadores en los sesenta y setenta, se dio un fuerte impulso a la investigación fundamental. Inicialmente su aplicación se concentró tanto en modelos numéricos de complejos flujos hidráulicos estacionarios, como los transitorios en canales abiertos y aguas subterráneas. Pero pronto se reconoció su potencial para recopilación y análisis de datos, y sobre 1970 también se vio alterada la forma de investigar.

Hoy en día continua ejerciendo una fuerte influencia en todos los aspectos de la hidráulica, y su rango de aplicación, comprende desde los modelos de simulación de áreas complejas de flujo turbulento hasta el almacenaje y obtención de grandes cantidades de detallada información. Esto también alteró drásticamente los procesos de diseño y experimentación. Por otra parte el ordenador es la base de otro significativo avance en el campo de la ingeniería hidráulica: el reconocimiento y el manejo explícito de procesos aleatorios.

Los Ingenieros Hidráulico y Civiles, a través de la información de la hidrología natural y otras, ve como sus estructuras interactúan con los procesos naturales y como éstos se pueden manejar por medios estadísticos. Los años sesenta fue un período de concienciación sobre el medio ambiente y las consecuencias sociales del desarrollo tecnológico. Los ingenieros hidráulicos tenían que aprender a desarrollar y trabajar con otros muchos aspectos externos de referencia.

Conscientes del medio ambiente, de los efectos de las aguas puras y las aguas negras en ríos y lagos y en las consecuencias en la flora y fauna de estas construcciones, desbordó el radio de acción de los hidráulicos y se estimuló una vigorosa actividad investigadora. La gente al igual que los ingenieros hidráulicos están envueltos en una variedad de tareas que conlleva esta nueva concienciación.

Ahora, el aún más reciente concepto de sostenibilidad está alterando ese ámbito de acción. La respuesta lógica de la ciencia al incremento de la conciencia de la relación que se debía establecer

entre ingenieros y economistas de una parte, y de la conflictividad entre las necesidades y los objetivos de la sociedad de otra, fue la emergencia en la planificación de los recursos hídricos como una disciplina formal.

La planificación de los recursos hídricos en este sentido, incluye a los proyectos hidráulicos como parte de un gran proceso de planificación en el cual éste ocupa una importante etapa. Un claro y remarcable ejemplo práctico de este enfoque fue llevado a cabo por la afortunada planificación de sistemas de las Autoridades del Valle de Tennessee, entre los años treinta y cuarenta.

La planificación de recursos hídricos se utilizó primeramente en estudios que afectaban a áreas con gran escasez de agua, proyectos de recursos hídricos financiados internacionalmente en los países desarrollados.

Nos hemos dado cuenta de la necesidad de compartir esas experiencias adquiridas en estos proyectos, por lo que este desarrollo debería reflejarse en las carreras para Ingenieros Hidráulicos y Civiles. Se necesita una habilidad especial para la planificación, construcción, operación, mantenimiento y manejo de estos grandes sistemas de gestión de los recursos hidráulicos.

Los Ingenieros Hidráulicos y Civiles deben ser capaces de describir y cuantificar los procesos físicos en el medio ambiente, con la consideración de los efectos químicos o biológicos. Sus diseños deben incluir no solo las condiciones de diseño, tales como el máximo consumo o las inundaciones de diseño, sino también su comportamiento bajo una variedad de condiciones que ocurren de forma natural.

Deben incorporar procesos de series de tiempo estocástico que permiten predecir los consumos, lo que lleva de forma natural a la necesidad de introducir la Hidrología y la Hidráulica Aplicada como componentes interactivos en el proceso de diseño.

Un trabajo sobre Impacto Medio Ambiental requiere una gran riqueza de información, proveniente de otros campos de la ciencia, y por ello los ingenieros deben actuar como parte en equipos donde se incluirían científicos, sociólogos y gerentes.

Este cambio en los objetivos y en el enfoque al medio que nos circunda, debe de reflejarse en la forma en que las asignaturas se imparten a los ingenieros del futuro. Como resultado de la evolución precedente, la Ingeniería Hidráulica y Civil como hoy la vemos, representa un área científico-técnica que agrupa muchas ramas básicas y aplicadas de la ciencia, que pueden estructurarse básicamente de acuerdo con lo que se indica en los apartados siguientes.

<https://youtu.be/vl5Hfl-td0Y>

## HIDRÁULICA DE ESTRUCTURAS Y DISPOSITIVOS

El diseño de las estructuras hidráulicas, que estudia la interacción entre dichas estructuras y el agua, forman el núcleo de la Ingeniería Hidráulica. Incluye a las Obras de Cierre, tanto de Acumulación, como de Derivación y de Desvío Transitorio, las Presas y Azudes y sus partes constitutivas, sus Obras de Alivio, tales como Vertederos, Válvulas y Descargadores de Fondo. Las Obras de Toma, y de Conducción, tales como Canales, Túneles, Galerías de Presión y Tuberías Forzadas. Las Chimeneas de Equilibrio, las Obras de Restitución, con sus Disipadores de Energía y Canales de Fuga. Los Puentes, Alcantarillas, Sifones y Sifones Invertidos.

Las estructuras hidráulicas para control del caudal son elementos importantes en todos los campos de aplicación.

Las labores de ingeniería incluyen el análisis de los caudales, la estimación de las fuerzas hidráulicas, incluyendo la interacción entre éstas y las vibraciones estructurales, además de la consideración de funciones de regulación y control y el impacto de las estructuras sobre el agua y el medio ambiente.

Probablemente las más prominentes estructuras hidráulicas son las presas para almacenamiento del agua. La planificación, diseño, construcción y operación de las presas son partes vitales en la utilización y reutilización del agua, mediante la generación de depósitos multipropósito: el suministro de agua para uso doméstico, riego y usos industriales; la protección de la vida y de las propiedades ante inundaciones; la generación de la energía hidroeléctrica y el almacenamiento de grandes cantidades de energía para el crecimiento económico; la mejora de la navegación mediante el incremento de la profundidad de las aguas y la creación de lagos artificiales, así como la utilización de lagos para la pesca y el recreo, el suministro adecuado de agua para el riego de la producción agrícola y la ganadería.

## HIDRÁULICA DEL SANEAMIENTO

Para su estudio en profundidad acostúmbrese a agruparla dentro de: a)- una Hidráulica del Saneamiento Urbano y Rural, que abarca los sistemas asociados con el suministro de agua potable y agua industrial, el desagüe de las aguas negras, que son campos específicos de la Ingeniería Sanitaria, b)- el control del drenaje urbano de las aguas pluviales, campo de la Hidrología Urbana y de la Hidráulica Urbana y c)- el saneamiento rural y agrícola, que son campos de la Hidrología General y la Hidráulica Agrícola.

Tanto la cantidad como la calidad son importantes. Los conocimientos que se requieren incluyen aspectos hidráulicos acerca de las redes de suministro del agua, el conocimiento de las fuentes de suministro superficiales y subterráneas, la hidrología urbana, el análisis de sequías, la previsión y alivio de las inundaciones, protección contra éstas por medio de estructuras, el control en tiempo real de los sistemas de drenaje, el movimiento de sedimentos en las alcantarillas, la reglamentación del drenaje urbano, los elementos hidráulicos en plantas de tratamiento tanto para agua potable como para aguas negras, y medios para el control o alivio de la contaminación del agua industrial. La operación y el mantenimiento de estos sistemas requieren técnicas de control de los recursos hidráulicos.

## HIDRÁULICA FLUVIAL

La Hidráulica Fluvial consiste en la medida, análisis y control de los procesos fluviales. Los procesos físicos en los ríos están determinados por la interacción del agua y los sedimentos. La ingeniería hidráulica trata de estimar y controlar el agua en desagües y las capas de sedimentos en las desembocaduras; la morfología de los ríos bajo condiciones naturales y modificadas; la interacción entre el caudal, los sedimentos y las estructuras (incluyendo presas, puentes y estructuras de protección de taludes)

A tal fin deben realizarse estudios de Hidrometría, con Aforos Líquidos y Sólidos, par conocer los Caudales Instantáneos, Cronológicos, Módulo, Descarga Anual, Frecuencias y Permanencias de Caudales para aplicarlos en estudios de Dinámica Fluvial de Erosión, Transporte y Sedimentación

La morfología de un río varía progresivamente a lo largo de su curso, desde las primeras ramificaciones en las altas regiones hasta alcanzar los estuarios, donde el río se encuentra con el mar.

## HIDRÁULICA MARÍTIMA

La Hidráulica Marítima cubre todos los aspectos de temas marítimos, costeros y portuarios. Ello incluye la morfología costera, las olas, las corrientes, las mareas, la sedimentación y la contaminación.

Trabajando con estos temas los ingenieros hidráulicos tratan con la generación de las olas, el oleaje, las direcciones de los mares, el romper de las olas y las comentes portuarias; los esfuerzos inducidos por el agua sobre las estructuras; el transporte de materia en el lecho y en suspensión, las corrientes portuarias y en las orillas envueltas en el transporte de sedimentos y procesos costeros; la convección de los contaminantes mediante corrientes, derivas residuales, dispersión y difusión; los aspectos navegacionales; la planificación, diseño, operación y mantenimiento de los puertos, las estructuras costeras, las tuberías de petróleo, y las estructuras costeras de protección.

Todos estos trabajos deben ser desarrollados desde la perspectiva de un compromiso de la ingeniería con el medio ambiente.

## HIDRÁULICA DEL AGUA SUBTERRÁNEA Y DE LOS MEDIOS POROSOS

La Hidráulica de los Medios Porosos cubre las aguas subterráneas en medios naturales y caudales en cuerpos artificiales porosos tales como sumideros y filtros arenosos; ello incluye aspectos tanto sobre cantidad como calidad del agua.

Los sistemas de agua subterránea varían ampliamente con la formación geológica de los acuíferos y están caracterizados por la baja velocidad y los extremadamente largos tiempos de renovación. A lo largo de sus contornos abiertos, el agua subterránea puede contaminarse por fuentes puntuales de contaminantes o por fuentes diversas como los abonos y herbicidas de los campos agrícolas. Los procesos de transporte tienen lugar a escala del tamaño de un poro o grano y son afectados simultáneamente por heterogeneidades locales de mayor escala en la formación geológica, así como por absorción, reacciones químicas y actividades microbiológicas.

Los ingenieros Hidráulicos y Civiles están implicados en el control de estas fuentes de aguas subterráneas, los efectos de sobreexplotación, los hundimientos de tierra o intrusión de agua salada; la utilización del agua subterránea; la planificación, diseño y operación de los sistemas de suministro de agua; y la protección de las aguas subterráneas, control de la contaminación y esquemas de prevención.

## HIDRÁULICA AGRÍCOLA

Los Ingenieros Hidráulicos y Civiles desarrollan proyectos de Saneamiento Pluvial Rural, Riego y Drenaje, tareas que se solapan y complementan con las tareas del Ingeniero Agrónomo. A tal efecto Debíó interesarse en los estudios del Sistema Suelo-Agua-Planta, la Demanda Agrícola, los Sistemas de Riego, tanto Superficiales como Subterráneos, el Riego Tecnificado, el Saneamiento Agrícola Superficial y Subterráneo y el Control de la Erosión en áreas productivas.

## HIDRÁULICA INDUSTRIAL

La Hidráulica Industrial, también conocida como Hidromecánica, abarca fluidos bajo condiciones estacionarias y transitorias en diversos tipos de hidro-maquinaria, incluyendo turbinas, bombas, cilindros hidráulicos, válvulas, tuberías y otros.

De una forma más general, también incluye el diseño y operación de un amplio surtido de equipamiento, como los que conducen el fluido de la gasolina en los motores de los automóviles y el caudal de tinta en las impresoras de los ordenadores.

En muchas partes del mundo, el término “ingeniero hidráulico” se utiliza para describir lo que concierne con estos movimientos de los fluidos. Se incluyen el diseño y la producción de turbinas eficientes y duraderas y la producción de grandes sistemas de bombeo para el transporte de diferentes tipos de fluidos, así como sistemas de control y monitorización.

Los referidos conocimientos de la Hidromecánica son indispensables para el estudio, diseño y construcción de Aprovechamientos Hidroeléctricos e Instalaciones de Bombeo.

## HIDRÁULICA DE APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

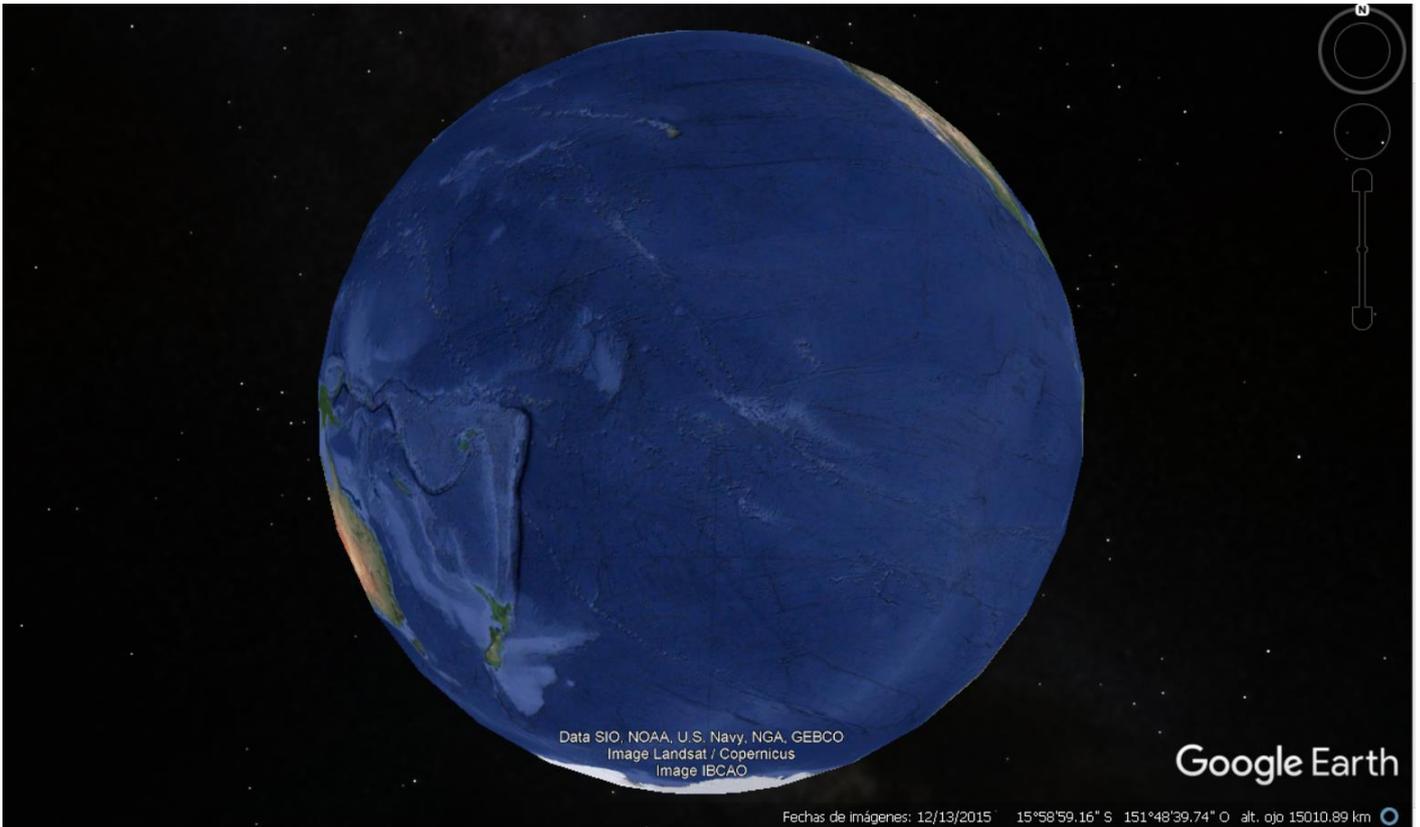
Trata de las aplicaciones de la Hidráulica al diseño de Centrales Hidroeléctricas de Embalse, de Pasada, de Acumulación por Bombeo y Mareomotrices, en Funcionamiento Aislado e Interconectado. Se basa en estudios de Demanda de la Energía, razón por la cual se deben analizar los conceptos de Altura Bruta y Altura Neta, la Capacidad Reguladora, el Caudal y Potencia Instalada, la Energía Anual, el Costo de la Energía y la metodología para la Selección de Turbinas y el Control de la Cavitación.

## HIDRÁULICA DE INSTALACIONES DE BOMBEO

Hidráulica de las Instalaciones de Bombeo analiza las Características de la Instalación y de las Bombas. Los procesos de determinación y análisis de Alturas Topográfica, de Pérdidas, Total y de Aspiración. Analiza y determina las Recomendaciones para el diseño de Instalaciones y Cárcamos de Bombeo. Aporta soluciones a la problemática de la Cavitación y de la protección ante Fenómenos Transitorios. Aporta conocimientos de diseño al Bombeo de Aguas Pluviales, de Riego, Crudas, Potabilizadas y Turbias e incluso de Selección de Bombas y su disposición en cámara seca, húmeda ó en Serie y en Paralelo

## USOS Y APROVECHAMIENTOS DEL AGUA

### DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL PLANETA TIERRA



Vista del Océano Pacífico: al NE costa Oeste de América del Norte, al SW, costa oriental de Australia y, al S, Antártida.

Entonces, ¿por qué no llamar a nuestro planeta como “Planeta Agua”?

### EL AGUA COMO RECURSO NATURAL

El agua es uno de los cuatro elementos que el filósofo griego Aristóteles (siglo IV A.C.) definió como elemento del universo junto con el aire, la tierra y el fuego.

Es la sustancia más abundante que existe en la Tierra y el principal componente de todos los seres vivos: constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos y participa en la mayor parte de los procesos metabólicos que estos realizan.

Además, interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas, es el hábitat de una gran variedad de seres vivos y constituye un factor decisivo para la existencia humana en la regulación del clima, la formación de paisajes y el desarrollo económico de las sociedades.

## EL AGUA FUENTE DE VIDA, BIENESTAR Y DESARROLLO

El agua es un bien natural estratégico para el hombre, ya que permite la realización de actividades económicas, sociales y culturales propias del desarrollo de la vida. Es imprescindible para el progreso de las sociedades.

También es vital para los procesos naturales dentro de los ecosistemas, por lo que se debe hacer un buen uso y aprovechamiento que permita no solo satisfacer necesidades sociales y económicas, sino también que ayude a la conservación ecosistémica y garantice la perdurabilidad en el tiempo de la biodiversidad.

## CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN NUESTRO PLANETA

El agua es indispensable para la vida del ser humano, es un elemento vital para los pueblos y un factor determinante para el desarrollo económico. También es insustituible para la generación de energía y las actividades agrarias, industriales, turísticas, entre otras.

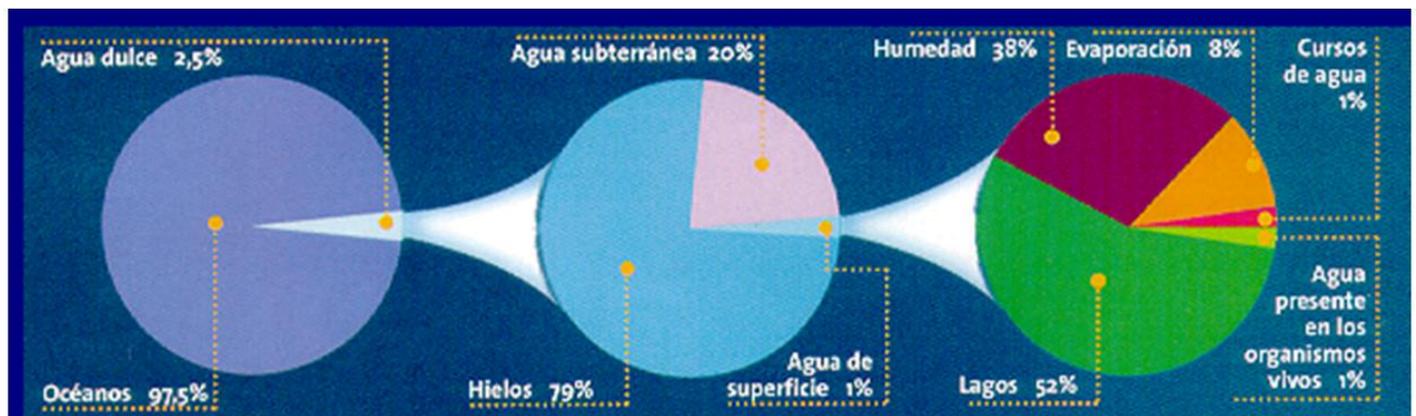
Nuestro planeta tiene mucha agua. ¿Por qué estamos entonces tan preocupados?, ¿por qué pensamos en una crisis o en guerras por el agua?

La respuesta es más simple de lo que pensamos. Aunque más de 2/3 de la superficie del planeta sea agua, en realidad solamente alrededor del 3% (varía entre un 2,5 y un 2,7 o un 3% según el autor) existente es dulce: la que sostiene la vida humana y la de los ecosistemas.

Si analizamos el 3% de agua dulce disponible en el planeta su distribución es la siguiente: 70% corresponde a hielos continentales en forma de casquetes polares y glaciares, 29% se encuentra en forma subterránea, mientras que el 1% es superficial fácilmente accesible.

La cantidad de agua que hay en el planeta ocupa el 70% de la superficie terrestre. Si se extendiera sobre toda la Tierra formaría una capa de unos 3.000 m de altura. Sin embargo, alrededor del 97% de esta agua está en los mares y océanos y es salada, lo que la convierte en un elemento inutilizable para beber, para el desarrollo de la agricultura y para la mayor parte de las actividades humanas.

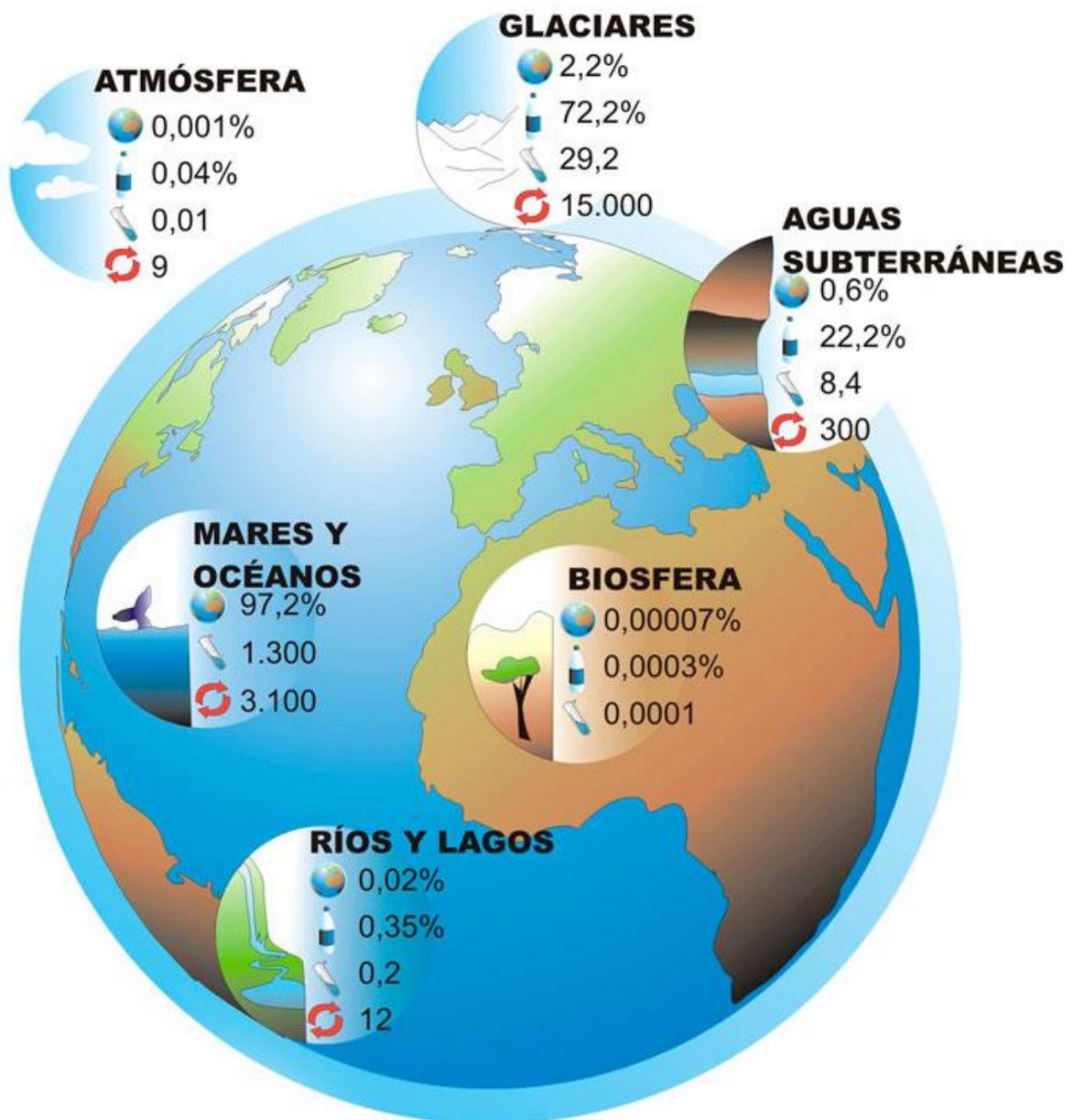
En sus diferentes estados físicos se presenta repartida en siete compartimentos: océanos, casquetes de hielo y glaciares de los polos, aguas subterráneas, lagos, ríos, mares interiores y atmósfera.



Fuente: Revista Newton-Nº18-oct.1999

A continuación, se adjunta un Grafismo y una Tabla donde podemos apreciar su distribuciones y cantidades:

-  % Sobre agua total
-  % Sobre agua dulce
-  Volumen en millones de km<sup>3</sup>
-  Tasa de renovación en años



### Cantidades estimadas de agua en el Planeta

Agua	Volumen (km <sup>3</sup> )	% Agua Total	% Agua Dulce
Océanos	1.338.000.000	96,5	-
Agua Subterránea Dulce	10.530.000	0,76	30,1
Agua Subterránea Salada	12.870.000	0,93	-
Humedad de Suelo	16.500	0,0012	0,05
Hielo Polar	24.023.500	1,7	68,6
Hielo no polar y nieve	340.600	0,025	1,0
Lagos Dulces	91.000	0,007	0,26
Lagos Salinos	85.400	0,006	-
Pantanos	11.470	0,0008	0,03
Ríos	2.120	0,0002	0,006
Agua Biológica	1.120	0,0001	0,003
Agua Atmosférica	12.900	0,001	0,04
<b>Agua Total</b>	<b>1.385.984.610</b>	<b>100</b>	<b>-</b>
<b>Agua Dulce</b>	<b>35.029.210</b>	<b>2,5</b>	<b>100</b>

Fuente: Chow, (1994)

## USOS DEL AGUA: CONSUNTIVOS Y NO CONSUNTIVOS

El **uso consuntivo** (con consumo): es cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve con las mismas cualidades con las que se ha extraído. O sea que el agua se gasta o cambia sus cualidades de forma tal que no puede volver a utilizarse para otra finalidad, como por ejemplo:

- El uso del agua para la agricultura (riego) y la ganadería (abrevamiento).
- El uso del agua para consumo humano.
- El uso del agua en minería.
- El uso del agua como insumo industrial (Industrias manufacturera, agropecuaria y alimenticia).

En el caso de **uso no consuntivo** (sin consumo): el agua utilizada es devuelta posteriormente al medio del cual ha sido extraída. El agua se utiliza pero no se gasta y puede volver a utilizarse para otra finalidad, como por ejemplo:

- El uso del agua como fuente de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas.
- El uso del agua como vía de comunicación y transporte de personas y de mercancías con barcos que navegan por ríos, lagos y mares.
- El uso del agua para el deporte y el ocio, ríos, mares, etc., para hacer submarinismo, surf, natación, waterpolo, piragüismo, esquí, etc.

## USOS DEL AGUA: CALIDAD

Las características de la calidad del agua están vinculadas al uso que demanda el servicio deseado por los usuarios. Todos los usos, sean consuntivos (consumen agua) o no consuntivos (no consumen agua), son potenciales generadores de contaminación y los efluentes derivados deben ser tratados con tecnología y recursos humanos adecuadamente calificados para que los ríos, cauces y embalses no se transformen en receptores y transporte de desechos y basura que contamine el recurso, inutilizándolo para otros usos posteriores e impactando en el ambiente (clima, biota, etc.).

## USOS DEL AGUA: RENOVABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD

**Renovabilidad:** es la propiedad de los recursos (agua, hielo, bosques, fauna, energía, etcétera) de regenerarse o volver a su estado original dentro del ciclo normal de interacción de los procesos naturales. Esta propiedad debe producirse sin intervención del hombre.

**Tasa de Renovación:** Es un valor comparativo que se mide en años y expresa el tiempo que tarda el recurso en recomponerse a su estado y condiciones originales, luego de un episodio de contaminación. El agua presente en la atmósfera es la que menor tasa de renovación muestra, ya que en 9 años recupera sus condiciones naturales si no persiste la causa de la contaminación (por ejemplo, emisiones de industrias). La contraparte son los glaciares: su tasa de renovación son 15.000 años debido a que el agua en estado sólido forma parte de ciclos glaciarios que muestran períodos prolongados de recuperación.

Este concepto es muy importante para entender por qué algunos recursos son renovables y otros no. Los recursos naturales renovables son considerados así porque tienen la capacidad de recuperarse en los ciclos ecológicos.

**Sustentabilidad:** se refiere a la relación entre las sociedades humanas y la naturaleza. Es la capacidad que tiene una sociedad para hacer un uso consciente y responsable de sus recursos sin agotarlos o exceder su capacidad de renovación. También nos habla del uso de recursos sin comprometer el acceso a estos por parte de generaciones futuras.

**Estrés Hídrico:** es un estado que aparece cuando se produce el deterioro de los recursos de agua dulce en términos de cantidad y de calidad. Sucede cuando la demanda de agua es más grande que la cantidad disponible durante un periodo determinado de tiempo o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

América Latina es el continente más rico en términos de disponibilidad de agua por persona, pero hay poblaciones que padecen una seria escasez. Países como Perú, El Salvador y México sufren el denominado “estrés hídrico”.

## USO DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

La OMS (Organización Mundial de la Salud) y el UNICEF (Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia) definen el agua potable salubre básica de la siguiente manera:

- Agua potable es el agua utilizada para fines domésticos, higiene personal, para beber y cocinar.
- Agua potable salubre es el agua cuyas características microbianas, químicas y físicas cumplen con las pautas de la OMS o los patrones nacionales sobre la calidad del agua potable.
- Una persona tiene acceso al agua potable si la fuente de la misma se encuentra a menos de 1 km de distancia del lugar de utilización y si puede obtener al menos 20 litros diarios para cada miembro de la familia.
- Por acceso de la población al agua potable salubre se entiende el porcentaje de personas que utilizan las mejores fuentes de agua potable como: conexión domiciliaria, fuente pública, pozo de sondeo, pozo excavado protegido, surgente protegida y aguas pluviales.

## Disponibilidad de agua y población

Se calcula que en la Tierra hay unos 1.400 millones de km<sup>3</sup> de agua. Sin embargo, solo una pequeña parte es dulce. El resto es salada y se encuentra en forma de hielo o vapor o situada en lugares inaccesibles.

Además, el reparto heterogéneo de este recurso, debido fundamentalmente a las diferencias en la distribución de las precipitaciones, hace que no todas las regiones tengan la misma disponibilidad.

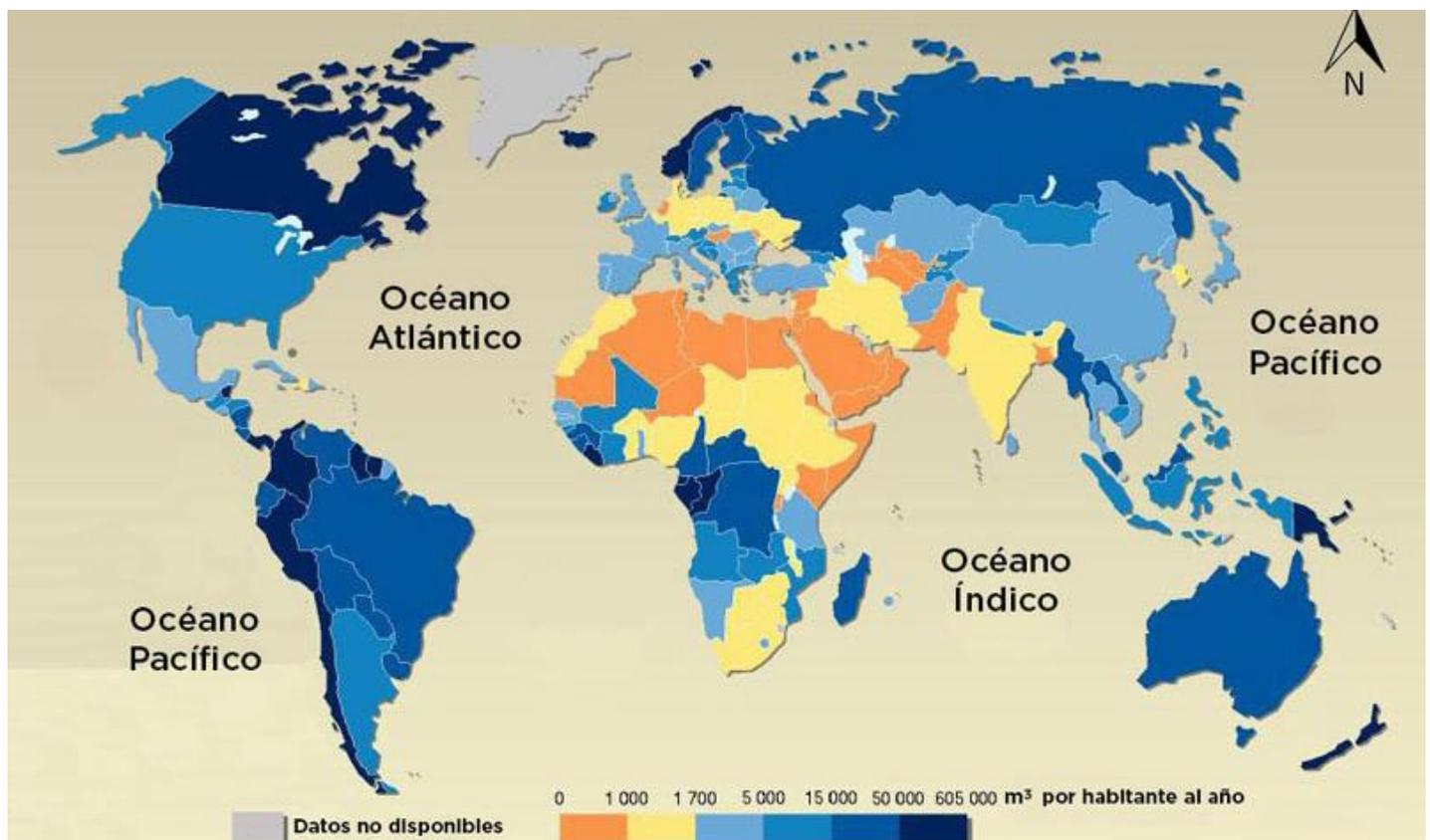
Los países del Norte de Europa disponen una media de agua en todos sus estados de 70.000 m<sup>3</sup> por persona y año, lo que no quiere decir que se consuma todo este volumen. Por otra parte en algunos

países de la península de Arabia no pueden satisfacer las necesidades básicas de agua para beber o de higiene.

En ciertos casos, la disponibilidad es limitada por la calidad del agua, ya que su nivel de degradación la inutiliza para determinados usos.

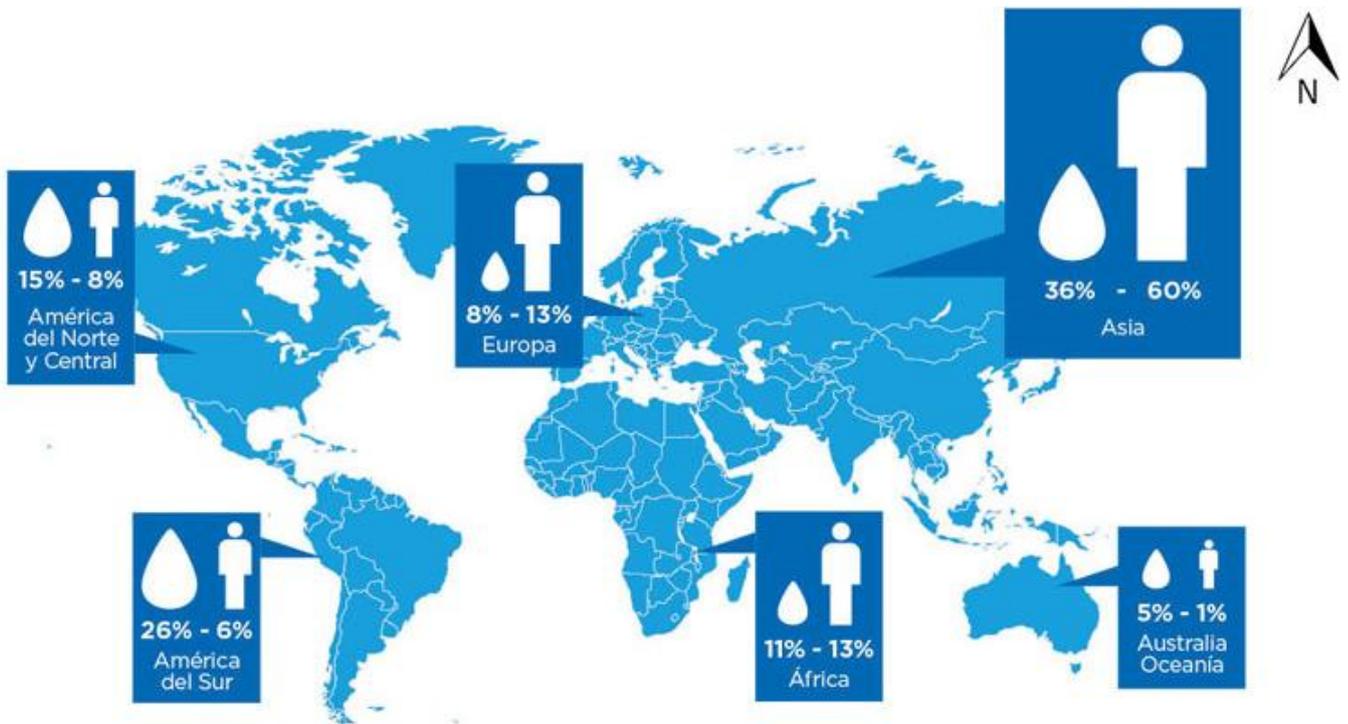
Por otro lado, el crecimiento de la población mundial en los últimos años, el aumento del consumo para usos no domésticos en las zonas urbanizadas y el incremento de la superficie de cultivos de regadío, hacen que, en muchos lugares la cantidad de agua existente se vea superada con creces por la demanda. En estos casos donde el requerimiento de agua es superior a la disponibilidad del recurso, se habla de escasez.

En el mapa siguiente se puede apreciar la disponibilidad de agua por países. Fuente: Adaptado de World Resources Institute Whashington DC, (2000).



El porcentaje de consumo de agua requerida por habitante aumenta debido a la mejora de los niveles de vida y al crecimiento poblacional. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible puede decirse que la cantidad existente para todos los usos comienza a escasear y nos llevará a una crisis hídrica. Por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. Unos dos millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras. Esto incluye residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas.

El siguiente mapa resume regionalmente la disponibilidad global de agua versus la población.



Fuente: Adaptado de UNESCO, Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio, (2010).

Las poblaciones más pobres son las más afectadas, ya que un 50% de los habitantes de los países en desarrollo se encuentra expuesto a fuentes de agua contaminada. El cambio climático produce efectos sobre los recursos hídricos. Con una tendencia perceptible hacia condiciones meteorológicas extremas más frecuentes es probable que las inundaciones, sequías, avalanchas de lodo, tifones y ciclones aumenten. Es posible que disminuyan los caudales de los ríos en períodos de flujo escaso y que la calidad del agua empeore debido al aumento de las cargas contaminantes y la temperatura.

Por otra parte, se avanza notablemente en la comprensión de la naturaleza del agua y de su interacción con el entorno biótico y abiótico. Actualmente existen proyecciones más precisas sobre los efectos del cambio climático en los recursos hídricos. La comprensión de los procesos hidrológicos permitirá que en el transcurso de los años se pueda contar con recursos hídricos suficientes para nuestras necesidades y reducir los riesgos de situaciones extremas. Sin embargo, las presiones sobre el sistema hidrológico continental aumentan al ritmo del crecimiento demográfico y del desarrollo económico, lo que plantea retos frente a la progresiva falta de agua y su contaminación.

### Índice de Pobreza Hídrica (IPH)

El Índice de Pobreza Hídrica permite evaluar este recurso si tenemos en cuenta factores físicos y socio-económicos relacionados con su disponibilidad.

Este índice resulta de la suma de cinco componentes claves: recursos, acceso, uso, capacidad y ambiente, en una escala de evaluación de 0 a 100. Constituye una herramienta de diagnóstico de la oferta y demanda hídrica fundamentalmente para la planificación de tierras secas y degradadas.

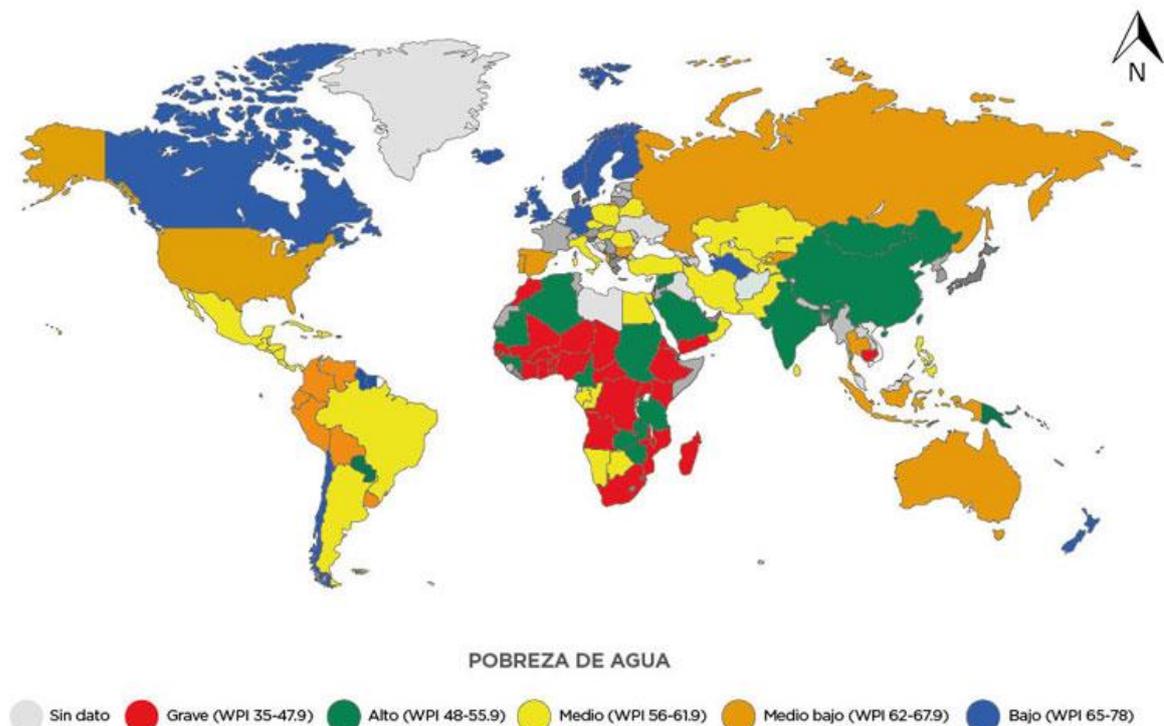
Se adjunta una Tabla con los Componentes del Índice de Pobreza Hídrica.

COMPONENTES	DEFINICIÓN
<b>Recursos</b>	Disponibilidad física del agua superficial y subterránea que tiene en cuenta la variabilidad y la calidad del recurso así como la cantidad total.
<b>Acceso</b>	Nivel de acceso al agua para uso humano. No sólo la cantidad, sino la distancia a una fuente de agua segura, la época de recolección doméstica del agua y otros factores significativos. El acceso hace referencia al uso de agua apta para el abastecimiento humano, doméstico, agrícola e industrial.
<b>Capacidad</b>	Eficacia de la capacidad de la población para manejar el agua.
<b>Uso</b>	Formas en las cuales el agua se utiliza para diversos propósitos. Incluye uso doméstico, agrícola, ganadero e industrial.
<b>Ambiente</b>	Evaluación de la integridad ambiental que relaciona el agua con el uso del recurso natural, productividad agrícola y degradación de tierras.

Fuente: Sullivan, et al. (2003 modificado).

Si tenemos en cuenta los componentes del Índice de Pobreza Hídrica descritos en la tabla anterior surge una ponderación a escala mundial. Los resultados se pueden apreciar en el siguiente mapa donde los colores diferenciales definen rangos de IPH por país: Grave, Alto, Medio, Medio Bajo y Bajo.

### Índice de Pobreza del Agua (WPI) en escala mundial



Fuente: Adaptado de Lawrence, Meight & Sullivan, (2002).

## Reservas regionales de agua

Las reservas de agua en el mundo consideran el total acumulado de agua subterránea y superficial. En el siguiente mapa se presentan los volúmenes de las reservas de agua mundial: América del Sur es la región con los mayores recursos hídricos renovables del planeta (cerca del 31.8% del total), seguida por Asia (28.9%) y Europa (13.9%). En contraste con esto, la región de América Central posee tan solo el 1.5% de la reserva total.

### Reservas de agua dulce en el mundo, por región



Para algunas regiones los valores no comprenden a 100% de los países que las conforman: África (93% de los países); Centroamérica (81% de los países); Europa (85% de los países) y Oceanía (31% de los países).

Fuente: Adaptado de FAO Aquastat, (2012).

## USOS DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES ECONOMICAS

El uso del agua, a excepción del poblacional y el ecológico, está relacionado a las actividades económicas y productivas.

Sin embargo, el 93,75% del recurso hídrico se destina a la actividad agrícola, un 5,45% al uso poblacional y el 1% a la industria y otras actividades.

El siguiente esquema resume las actividades económicas como un conjunto de acciones que realiza el hombre para satisfacer sus necesidades básicas o secundarias mediante procesos de producción, intercambio y consumo. Estas se engloban en primarias, secundarias y terciarias



## USO DEL AGUA EN AGRICULTURA

La agricultura es una actividad económica en la cual el recurso agua es vital para su realización. De allí su utilización de distintos sistemas de riego.

La técnica de riego consiste en reponer la humedad del suelo en cantidad y oportunidad adecuadas a fin de lograr en los vegetales el máximo rendimiento económico. Por método de riego se entiende a las técnicas y procedimientos empleados en hacer que el agua llegue a la zona de las raíces.

Dichas técnicas, según la forma de aplicación del agua al suelo y su disposición, se clasifican en:

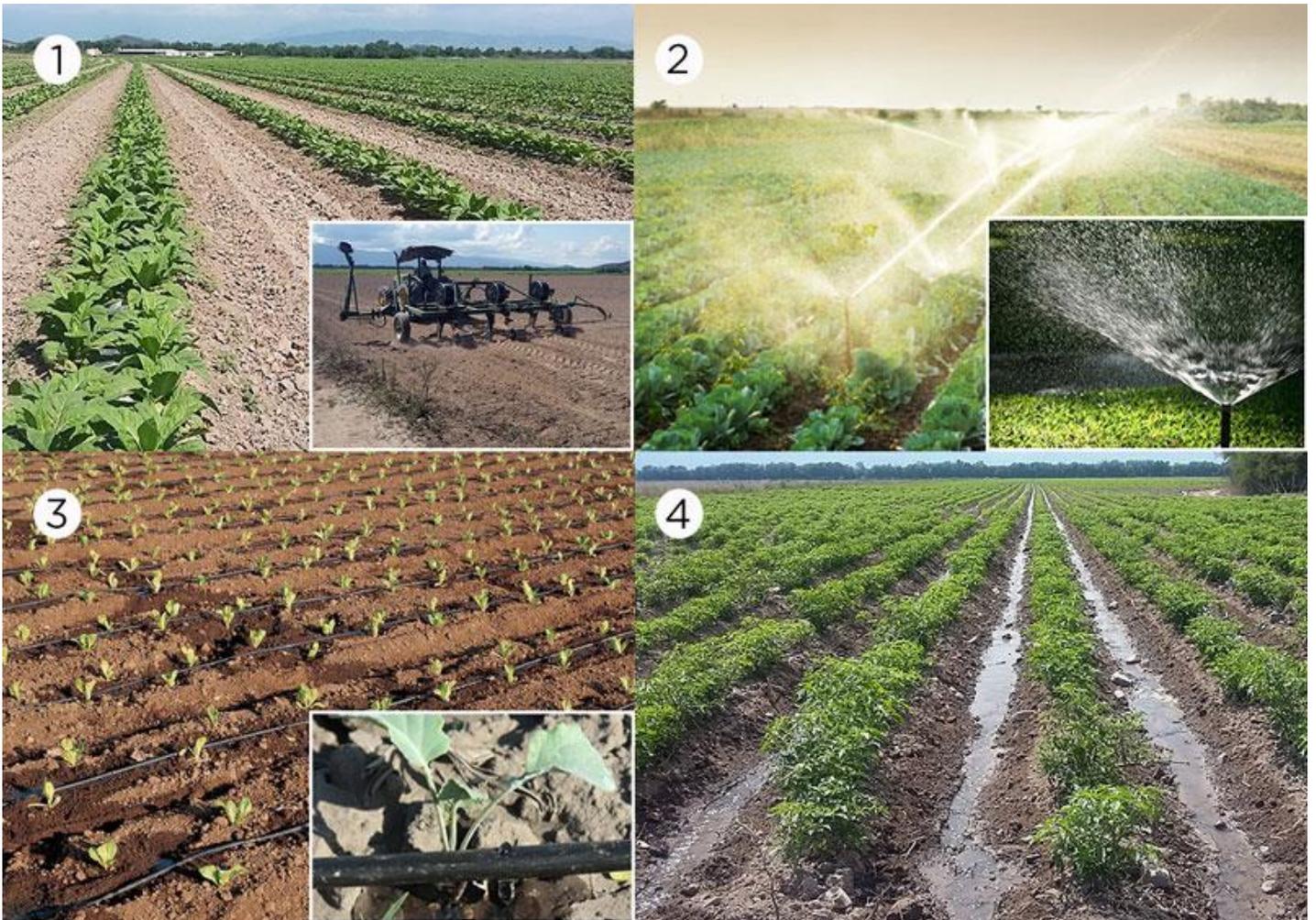
1- Riego subterráneo o sub-irrigación: es un sistema que utiliza una red de tuberías para distribuir el agua de forma presurizada (similar a goteo) bajo la superficie del terreno y junto a la línea de cultivo.

2 - Riego por aspersion: se trata de un tipo de riego presurizado donde el agua se aplica semejante a una lluvia y se infiltra directamente en la zona de raíces sin escurrir por la superficie.

3 - Riego por goteo: el riego por goteo permite conducir el agua mediante una red de tuberías bajo presión y aplicarla a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes en forma periódica.

4 - Riego por escurrimiento: al agua se aplica cubriendo parcialmente el terreno. Luego se escurre y se infiltra en los pequeños cauces llamados surcos (riego por surcos, corrugaciones) o bien se desliza

sobre el suelo en forma de delgada lámina que se infiltra en su desplazamiento (riego por inundación).



## PRIORIZACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA

A título de ejemplo, se enumeran los principales usos del agua en la provincia de Mendoza de acuerdo a la demanda. En caso de emergencia hídrica, se limitan los cupos de abastecimiento según el siguiente orden de prioridad:

1. Uso poblacional: comprende el consumo directo del agua potable por parte de la población en bebida, preparación de alimentos, limpieza, saneamiento, comercio y servicios públicos (riego de calles, plazas, etcétera).
2. Uso agrícola: representa la mayor parte del consumo e incluye el agua para riego de cultivos y ganadería.
3. Uso energético: utilización del agua para la obtención de energía hidroeléctrica o bien para la condensación en centrales termoeléctricas.

4. Uso industrial: contempla la utilización de agua como materia prima de procesos fabriles, refrigeración y limpieza, generación de vapor y actividades petrolera y minera.
5. Uso ambiental y ecológico: comprende el agua que se usa para la preservación de la biodiversidad y mantenimiento de paisajes.
6. Uso recreativo: considera la utilización de cuerpos de agua para la práctica de deportes, pesca y esparcimiento.

El porcentaje de consumo de agua requerida por habitante aumenta debido a la mejora de los niveles de vida y al crecimiento poblacional. Si se suman las variaciones espaciales y temporales del agua disponible puede decirse que la cantidad existente para todos los usos comienza a escasear y nos llevará a una crisis hídrica. Por otro lado, los recursos de agua dulce se ven reducidos por la contaminación. Unos dos millones de toneladas de desechos son arrojados diariamente en aguas receptoras. Esto incluye residuos industriales y químicos, vertidos humanos y desechos agrícolas.

## APROVECHAMIENTOS HIDRÁULICOS

Los Aprovechamientos Hidráulicos constituyen emprendimientos que pueden cubrir necesidades tales como: almacenar agua para consumo humano, riego y uso industrial, generar electricidad, controlar las crecidas de los ríos, revalorizar tierras anegables, ofrecer oportunidades de turismo y recreación, generando nuevas fuentes de trabajo, y entre otros.

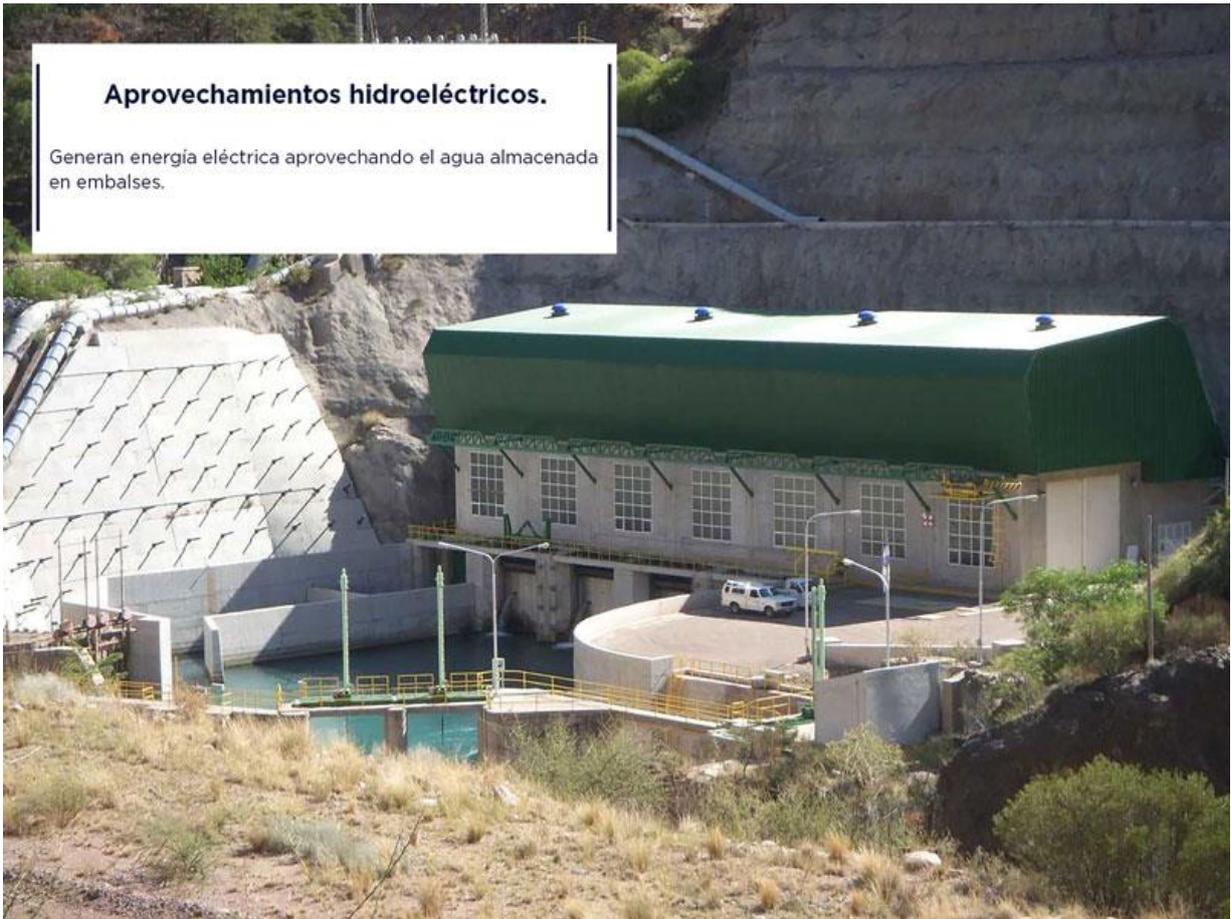
### Presas-Diques multipropósitos.

Almacenan y distribuyen el agua para múltiples usos: generación energía eléctrica, riego, producción industrial, consumo humano y animal.



## Aprovechamientos hidroeléctricos.

Generan energía eléctrica aprovechando el agua almacenada en embalses.



## Obras de irrigación y regulación.

Mejoran y amplían los sistemas de riego que contribuyen al desarrollo agrícola regional.



### Desagües pluviales.

Controlan el agua para proteger a los centros urbanos de las inundaciones.



### Obras de mantenimiento de suelos.

Controlan o mitigan el proceso de desgaste y erosión de suelos por acción de las aguas.

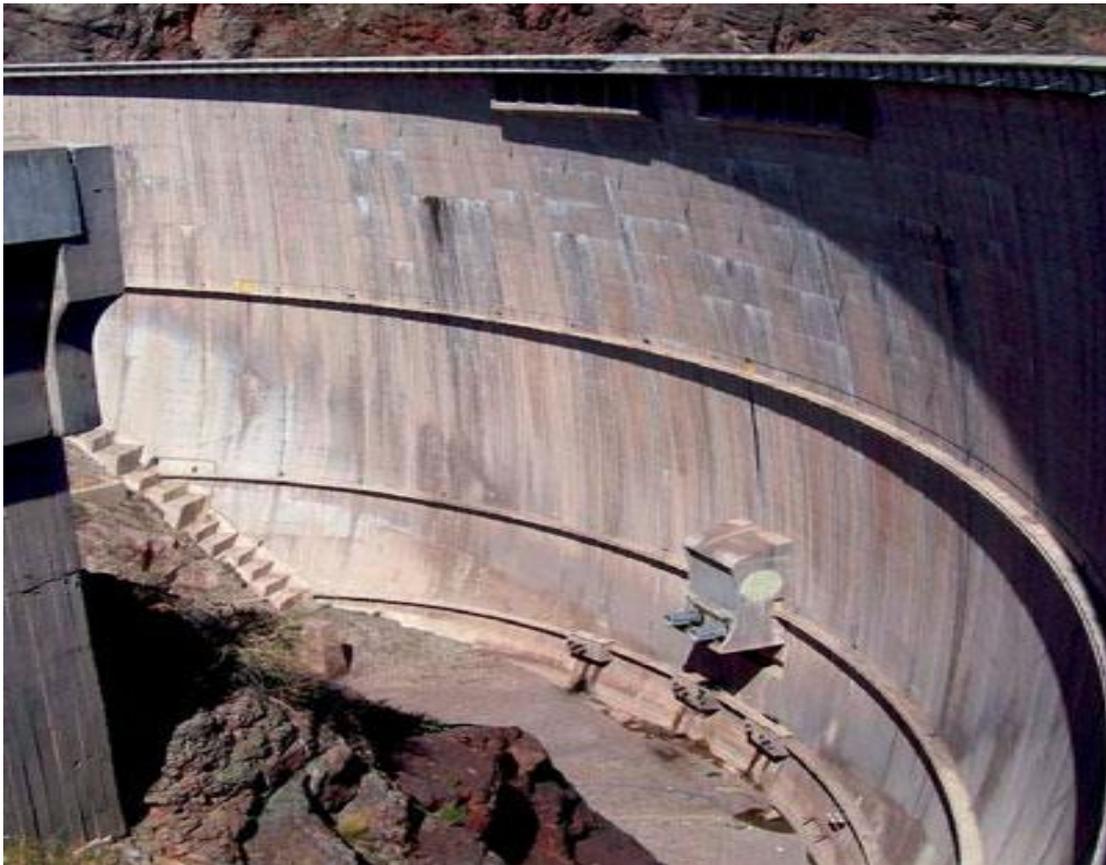


## PRESAS

En ingeniería se denomina presa a una obra que actúa como barrera (de piedra, hormigón o materiales sueltos) construida sobre un río o arroyo y por lo general en el área de un desfiladero. La finalidad de la obra consiste en embalsar el agua, elevar su nivel y a partir de allí derivarla mediante canalizaciones. Admite distintos aprovechamientos: abastecimiento poblacional, regadío, atenuación y control de crecidas y producción de energía. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica (centrales hidroeléctricas).



Presa de arco Agua del Toro



**Presa de arco Agua del Toro-Vista del paramento aguas abajo**



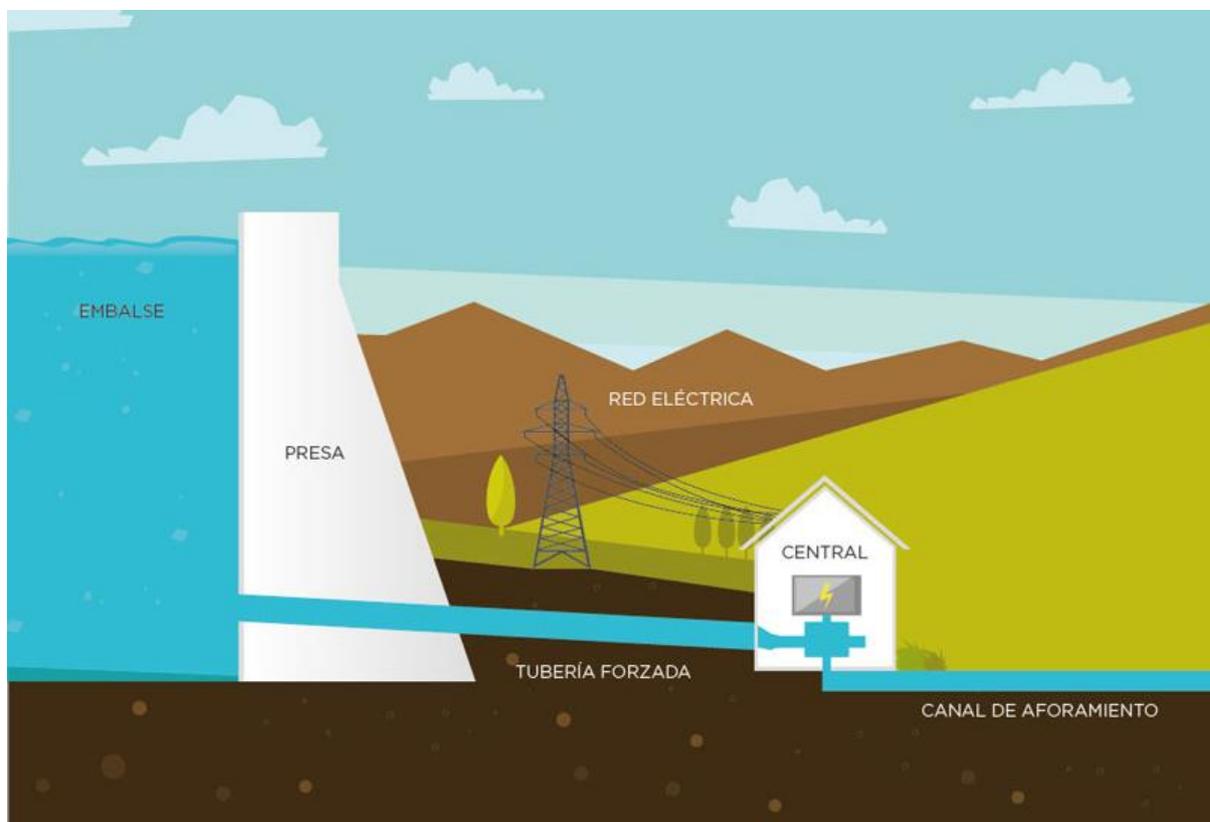
**Presa Valle Grande**



Presa de materiales sueltos. Embalse Potrerillos

## APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

Estas centrales aprovechan la energía potencial gravitatoria que posee la masa de agua de un cauce natural por desnivel. El agua, en su caída entre dos niveles del cauce, pasa por una turbina hidráulica que transmite la potencia obtenida a un generador donde se transforma en energía eléctrica.



Esquema de una Central Hidroeléctrica



Generadores Central A. Condarco



Vista de la central Nihuil I



Vista de la Central Hidroeléctrica de Agua del Toro

## OBRAS DE IRRIGACIÓN Y REGULACIÓN

La **irrigación** es un conjunto de técnicas que a través de dispositivos hidráulicos que aportan agua para obtener una producción agrícola. Es decir, el suelo recibe la humedad necesaria para compensar el déficit hídrico, permitiendo el cultivo de diversas especies vegetales.



Canal con sus derivaciones a través de compuertas



**Canal impermeabilizado**

Las obras de canalización son sistemas artificiales de conducción de aguas, captación de cauces, embalses naturales o artificiales. Su uso es multipropósito al actuar como sistemas de irrigación o reguladores de crecidas.

Pueden distinguirse, entre otros, tres tipos de conducción:

1. Sin almacenamiento hídrico: redistribución de flujos fluviales por medio de presas de derivación o canales. Son muy utilizadas en los piedemontes.
2. Con empleo de reservas superficiales: obras de menor envergadura a escala de pequeñas comunidades. Puede tratarse también de obras de grandes dimensiones como las presas de almacenamiento.
3. Con la utilización de las reservas subterráneas: comúnmente estas se extraen por bombeo.



## OBRAS ALUVIONALES

Las obras aluvionales están estrechamente relacionados con las obras de regulación planteadas y graficadas en el punto anterior. Las imágenes muestran (vista aérea con parte de planimetría y obras de arte con canalizaciones), la red y el sistema de conexiones pluviales de distinta categoría en ámbitos urbanos.



Canal Cacique Guaymallén como receptor de erogaciones pluviales



Canal Cacique Guaymallén en intersección con el Colector Frías



Acequias urbanas erogan agua de lluvia



La Ciudad de Mendoza y su entorno, el Gran Mendoza, se encuentran ubicados junto a una serie de pequeñas cuencas aluvionales sobre la planicie Este del piedemonte de la Precordillera.

Es una zona árida a semiárida con precipitaciones medias anuales de 220 mm aproximadamente que ocurren, por lo general, en verano. Estas son de gran intensidad, torrenciales, intermitentes y de corta duración. Durante el resto del año es muy poca la precipitación.

Esas precipitaciones que caen en las cuencas de recepción aluvional, pueden dar lugar a crecientes de magnitud que fluyen por zanjones y cauces (habitualmente secos) y que a su vez, desembocan en otros mayores sobre la bajada pedemontana hasta alcanzar la planicie aluvial.

La sedimentación que antes ocurría luego de producirse el fenómeno aluvional era considerada un efecto positivo para el ambiente, ya que los depósitos concentrados al final de las cuencas y microcuencas son los humedales receptores de estas escorrentías pluviales. Posteriormente, el escaso ordenamiento territorial y la mano del hombre, que modificó defensas naturales, acarrió consecuencias negativas. De este modo, comienzan a producirse anegamientos e inundaciones en los barrios periféricos del Gran Mendoza y muchas veces llegan a afectar el centro de la ciudad.

Cabe mencionar que uno de los problemas derivados de la falta de control es la ubicación de asentamientos poblacionales en antiguos caminos naturales del agua.

Como un claro ejemplo de lo anteriormente descrito, el 4 de enero de 1970 se produjo una fuerte tormenta. Precipitó sobre la cuenca aluvial, frente al dique Frías, lo que provocó su destrucción. Las crecientes superaron la capacidad de evacuación de agua del dique y originaron su colapso. Como consecuencia de la ruptura, se produjo una avalancha de agua y lodo que inundó la zona de influencia. Los aluviones superaron en algunos lugares el metro y medio de altura y toda la ciudad resultó afectada con 24 víctimas fatales y 2.000 accidentados aproximadamente; además de daños materiales millonarios.

## OBRAS DE MANTENIMIENTO DE SUELOS

Las obras de mantenimiento de suelos se ejecutan para prevenir, mitigar o restaurar problemas de erosión y sedimentación que afectan la calidad de los suelos productivos o vulneran infraestructuras. Para cumplir con el propósito de mantenimiento o restauración de suelos se pueden construir desde obras de ingeniería estructurales (colectores de defensa aluvional, diques, control de taludes), hasta obras o acciones no estructurales (diques de piedras, bioingeniería, comités de emergencia, sistema de alerta temprana, etcétera), sino una combinación de ambas.

Los fenómenos de erosión y sedimentación generalmente están asociados a aluvionalidad y desertificación:

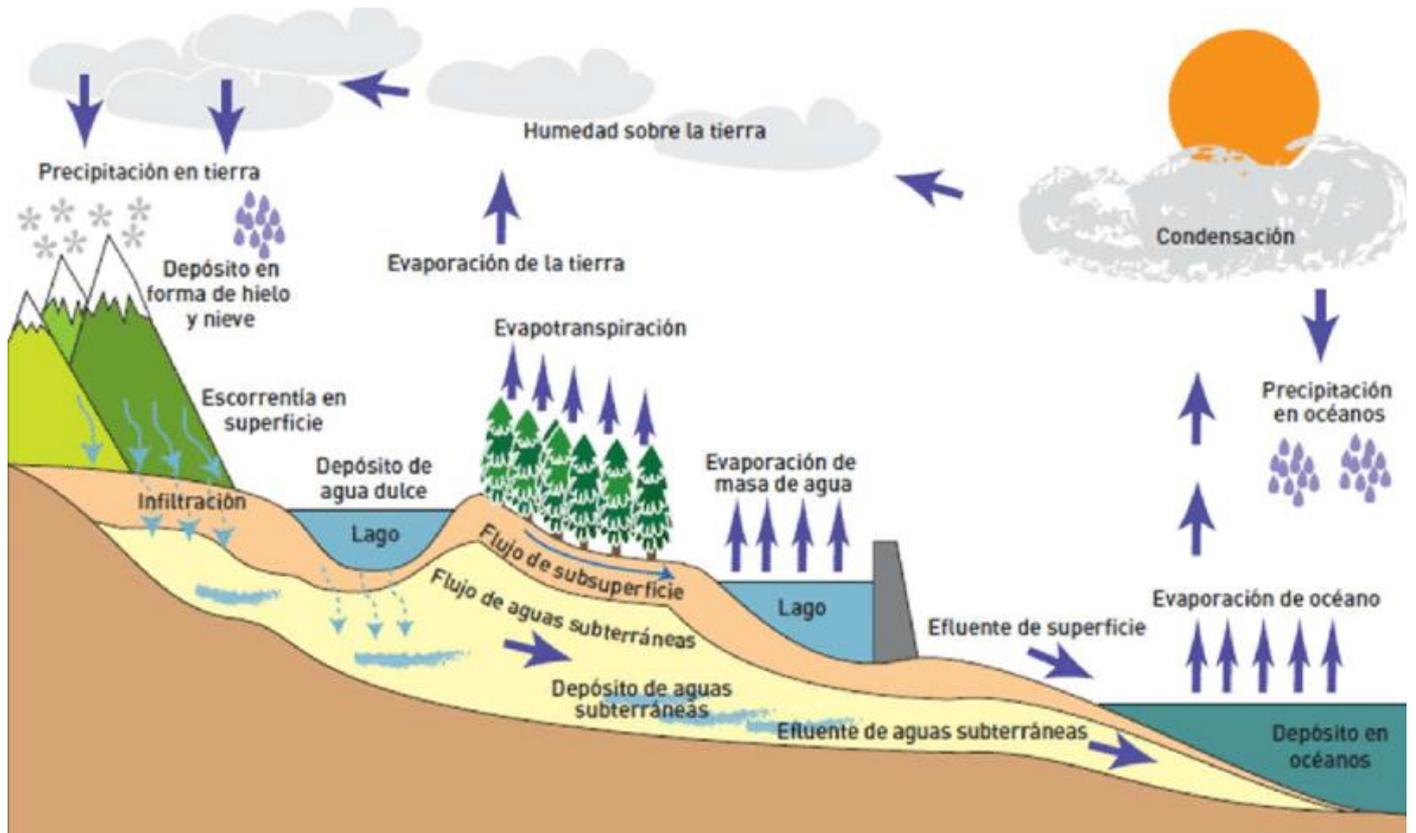
La aluvionalidad responde a fenómenos naturales relacionados con avenidas de agua o crecidas por torrentes o zanjones.

La desertificación está generada por el accionar del hombre (antrópica) sobre las condiciones naturales del suelo por diversas razones: deforestación, sobreexplotación de recursos naturales, planización, urbanización, truncamiento de escurrimientos naturales, etcétera.

Ante una intervención relacionada con procesos de erosión-sedimentación resulta imprescindible, en cada caso, tener claro el motivo de la intervención para obrar en consecuencia. Puede ser que en primera instancia los fenómenos de erosión-sedimentación se perciban como ambientales, pero una vez estudiados queda en evidencia que se trata de fenómenos interdisciplinarios con variado impacto en la naturaleza. La amplia gama de problemas planteados es abordada desde distintas especialidades: ingeniería hidráulica, forestal, agronómica, ambiental, química, física, biológica y geológica, entre otras.

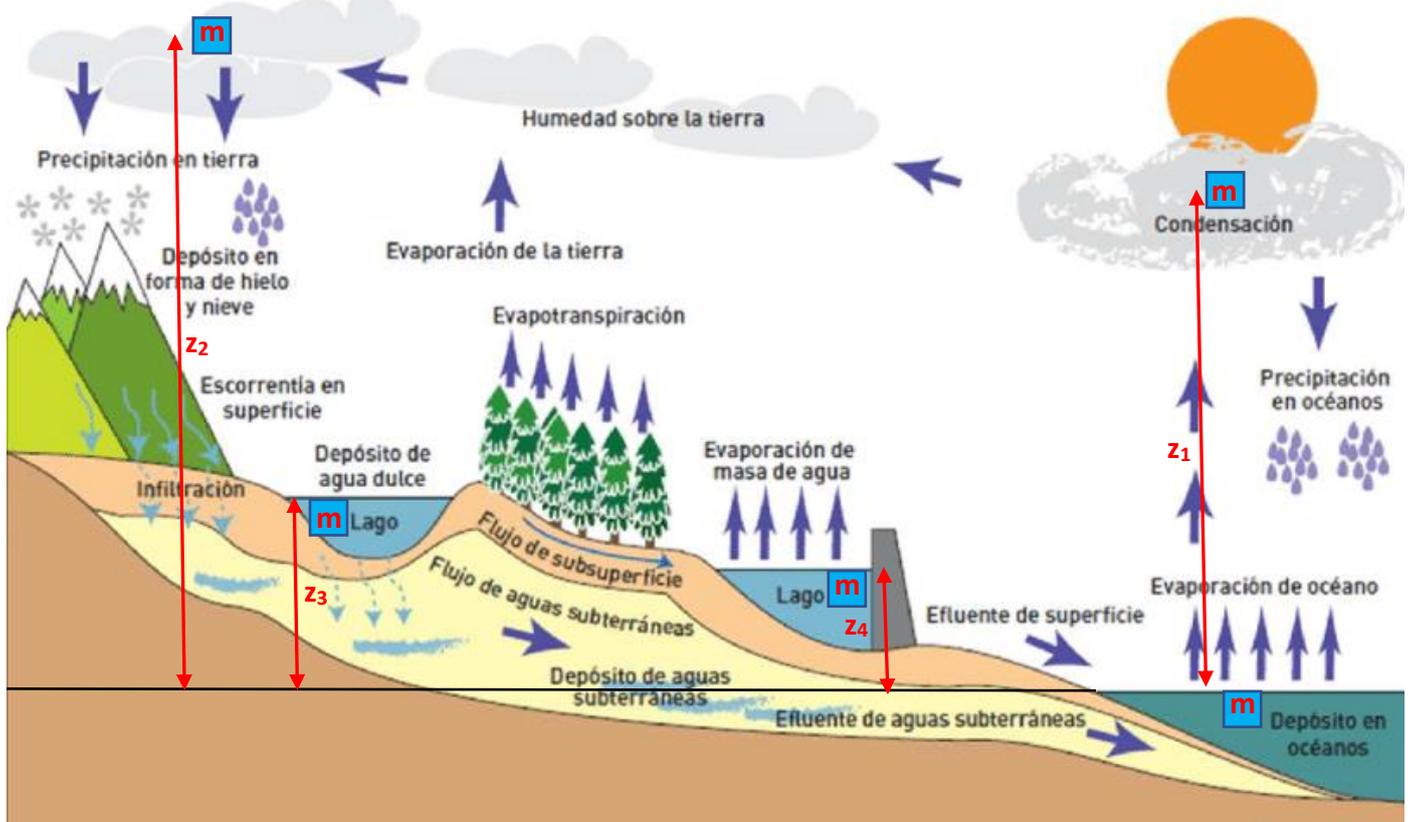
Por la relevancia que tiene el peligro aluvional en Mendoza es importante describir en forma puntual este tipo de fenómeno y las obras de control relacionadas, ya que afecta en forma directa al conglomerado urbano del oasis Norte.

## EL CICLO HIDROLÓGICO



<https://youtu.be/YaltgjQXSM8?t=19>

## INTERPRETACIÓN ENERGÉTICA DEL CICLO HIDROLÓGICO



$m$ : Masa

$g$ : Aceleración Gravedad

$W$ : Peso

$z$ : Altura sobre Nivel Mar

$E_p$ : Energía Potencial Geodésica

$e_p$ : Energía Potencial Geodésica Unitaria

Recordando que:  $W = m \times g$  [Peso]

y  $E_p = W \times z = m \times g \times z$  (Kgfxmts) [Energía]

$e_p = E_p/W = W \times z/W = z$  (Kgfxmts/Kgf) [Energía/Peso]

$z + p/Y + U^2/(2g) = Cte$  [Ecuación de Bernoulli]

Planteando la Ec. De Bernoulli

entre ambos lagos (reservorios), obtenemos:  $z_3 + p_3/Y + U_3^2/(2g) - H_{r3-4} = z_4 + p_4/Y + U_4^2/(2g)$

Como:  $p_3/Y = p_4/Y = p_{atm}/Y$   $U_3 = 0$   $U_4 = 0 \Rightarrow z_3 - H_{r3-4} = z_4$  (Kgfxmts/Kgf)

$H_{r3-4}$  es la energía por unidad de peso que se consume entre el Lago 3 y el Lago 4

En general, esa Energía Específica  $H_{r3-4}$  se consume en el tránsito por los tramos rectos del Río que comunica ambos Lagos (pérdida distribuida), en curvas, cambios de sección del cauce, salida del primero y entrada al segundo, etc. (pérdidas concentradas).

La pérdida distribuida en el tránsito por tramos rectos del Río se produce por la fricción con el cauce, fricción entre capas de fluido, turbulencia, transporte de sedimentos, erosión y modelación del cauce.

## COMPILADO DE:

- “Clases de Hidráulica Aplicada” - FI - UNaM
- “La formación del Ingeniero Hidráulico” - H. Kobus, E. Plate, H. Shen y A. Szöllösi-Nagy
- “La Gestión del Agua en la Argentina” - Lilian del Castillo
- <http://aquabook.agua.gob.ar/> - Departamento General Irrigación - Pcia. Mendoza - R. A.