UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Trabajo Fin de Diploma

Agua dulce, ¿un recurso en peligro?

Fresh water, ¿a resource in danger?

autor
Gemma Nadal Martinez
tutora
Beatriz Escribano Rodríguez de Robles

Diploma Ciència, Tecnologia i Societat
2022

“El agua dulce es preciosa, ya que no podemos vivir sin ella. Resulta irremplazable, dado que no tiene sucedáneos. Y es un recurso delicado, pues la actividad humana tiene un profundo impacto en la cantidad y calidad del agua dulce disponible.”

Kofi Annan

Diploma Ciència, Tecnologia i Societat

Agua dulce: ¿un recurso inagotable?

Fresh water: ¿an inexhaustible resource?

Autora: Gemma Nadal Martinez

Tutora: Beatriz Escribano de Robles

Resumen

El agua es esencial para el desarrollo socioeconómico, así como para mantener sano nuestro ecosistema. El incremento de población y el desarrollo, exigen el aumento de las asignaciones de aguas superficiales y subterráneas para el uso doméstico, agrícola e industrial. La presión sobre los recursos hídricos se está intensificando cada vez más, provocando tensiones, conflictos y excesiva presión sobre el medio ambiente. Es necesario conocer las causas por las cuales este recurso natural y renovable, empieza a ser escaso.

En este trabajo analizaremos de cuánta agua dulce disponemos y las razones por las cuáles podría llegar a agotarse.

Palabras clave: *agua dulce, recurso ilimitado, recursos hídricos, escasez de agua*

Abstract

Water is essential for socioeconomic development as well as for keeping our ecosystem healthy. The increase in population and development require an increase in surface and groundwater allocations for domestic, agricultural and industrial use. The pressure on water resources is intensifying more and more, causing tensions, conflicts and excessive pressure on the environment. It is necessary to know the reasons why this natural and renewable resource is becoming scarce.

In this work we will analyze how much fresh water we have and the reasons why it could become exhausted.

Key words: *fresh water, unlimited resource, water resources, lack of water*

Índex de continguts

INTRODUCCIÓN 1
Justificación 1
Objetivos 2
Metodología 2
CAPÍTULO 1: AGUA DULCE 3
1.1 Ciclo hidrológico 3
1.2 Distribución del agua dulce 6
1.2.1. Agua superficial 7
1.2.2. Agua subterránea 8
1.3 Disponibilidad del agua dulce útil y sus usos 9
1.3.1. Uso doméstico o humano 10
1.3.2. Uso agrícola 11
1.3.3. Uso industrial 12
1.3.4. Desequilibrio en la extracción de los diferentes usos. 14
CAPÍTULO 2: LAS OTRAS RESERVAS DE AGUA DULCE 16
2.1. Visión global 16
2.1.1. La importancia del acuífero Guaraní 23
2.1.2. Reserva de agua dulce bajo el Atlántico 26
CAPÍTULO 3: ESCASEZ DE AGUA 29
3.1. Escasez física y económica de agua 30
3.2. Objetivos de desarrollo sostenible 32
CAPÍTULO 4: PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA ESCASEZ DE AGUA 35
4.1. Presión demográfica 35
4.2. Sobreexplotación 37
4.3. Deforestación 41
4.4. Contaminación 43
4.5. Cambio climático 45
4.6. Lluvia ácida 47
CAPÍTULO 5. CONFLICTOS POR EL AGUA: CASOS DE ESTUDIO 48
5.1 Las bases de los conflictos por el agua 48
5.2 Justificación sobre la elección de los casos. 49
5.2.1 Conflictos bélicos 49
5.2.2. Conflictos por escasez económica de agua 52
5.2.3. Grandes desastres 54

CAPÍTULO 6. PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA ESCASEZ DE AGUA, A TRAVÉS DE UNA ENCUESTA. 63
CONCLUSIONES 65
REFLEXIONES Y CONTINUIDAD 68
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA 69
WEBS CONSULTADAS 71
ANEXO I 74
Encuesta Google Form 74

INDICE DE IMÁGENES Y GRÁFICOS

Imagen 1: Ciclo hidrológico
fuente: https://cienciasnaturalesonline.com/los-gases-de-efecto-invernadero/.....5

Imagen 2: Evapotranspiración
fuente: https://historiadelavida.editorialaces.com/la-evapotranspiracion/.....6

Imagen 3: Sistema lótico
fuente: https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-loticos-que-son-y-ejemplos-2419.html ……..7

Imagen 4: Sistema lético
fuente: https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-lenticos-que-son-y-ejemplos-2132.html 8

Gráfico 1: Distribución de las aguas superficiales
fuente: https://www.cronista.com/columnistas/Los-10-paises-con-mayores-reservas-de-agua-dulce-20191125-0037.html 9

Imagen 5: Mapa acuíferos
fuente: Water Resouces Research ……..…10

Gráfico 2: Proporciones de extracción de agua por sectores y continentes, datos 2015
fuente: FAO.org (Aquastat) ……14

Tabla 1: Extracciones de agua dulce por sectores, totales y per cápita de seis países……15

Imagen 6: Zona hiporreica
fuente: agua.org.mx …….....18

Imagen 7: Acuífero
fuente: https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/07_cicloagua/index.html 20

Imagen 8: Planta desalinizadora de Ashkelon, Israel
fuente: https://israelwaterblog.wordpress.com/ ……22

Imagen 9: Acuífero Guaraní
fuente: https://www.biodiversidadla.org/Documentos/El-acuifero-Guarani-en-la-mira-del-Banco-Mundial 24

Imagen 10: Barco desde donde se mapeó la reserva de agua dulce, autor: Key Perry
fuente: bbc.com ……..25

Imagen 11: Mapa de la reserva de agua dulce hallada bajo el Atlántico
autores: Gustafson_Key_Evans-kagE
fuente: ABC.es ……27

Imagen 12: Gráfica Scientific Reports
fuente: https://www.catorce6.com/investigacion/17251-encuentran-enormes-pozos-de-agua-dulce-en-profundidades-del-oceano-atlantico **.....27**

Imagen 13: Mapa escasez física y económica del agua,
fuente: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml**.....30**

Imagen 14: Acceso al agua por continentes, datos: Iagua día-mundial-agua-2019 fuente: https://www.iagua.es/blogs/pablo-gonzalez-cebrian/como-es-acceso-al-agua-distintas-regiones-mundo**……32**

Imagen 15: Población mundial y previsión según datos de Naciones Unidas, datos 2019
fuente: https://www.un.org/**.....33**

Imagen 16: Socavón en Puebla fuente: https://www.efe.com/efe/america/sociedad/el-socavon-del-centro-de-mexico-se-extiende-y-derrumba-parte-una-casa/20000013-4554511**.35**

Imagen 17: Proceso de hundimiento fuente:
https://www.cienciahistorica.com/2016/07/23/se-hunde-la-ciudad-mexico/**.....36**

Imagen 18: Deforestación en el Gran Chaco Argentino, foto: NASA, fuente:
https://www.elfederal.com.ar/la-nasa-publico-fotos-alarmantes-de-la-deforestacion-en-salta-santiago-del-estero-y-chaco/ (26/05/2020)**……..38**

Imagen 19: Incendios tiempo real 06/04/2022, foto: NASA, fuente:
https://www.geamap.com/es/incendios#zoom=3&lat=39.3&lon=-3.6&layer=2&overlays=TTFFFFF**.....39**

Imagen 20: Permafrost, fuente: https://www.xataka.com/ecologia-y-naturaleza/por-que-el-permafrost-puede-ser-la-gran-amenaza-del-cambio-climatico-en-los-proximos-anos**.....42**

Imagen 21: Deshielo del permafrost , fuente:
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/deshielo-permafrost-podria-modificar-terminos-acuerdo-paris_16917**.....42**

Imagen 22: Mapa de conflictos por el agua, fuente: Fernando Arturo Ledezma Perizza , https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Mapa-de-Conflictos-de-agua_fig2_291331423**.....48**

Imagen 23: Disminución de la superficie del mar de Aral, autor: NASA, fuente: www.later-cera.com/**.....53**

Imagen 24: Lago Chad, autor: Agencia Espacial Europea, fuente: iagua.es**…….54**

Imagen 25: Carretera Tamiami Trail, autor: Everglades Foundation , fuente: bbc.com**…...55**

Imagen 26: Incendio Sandoz, autor: Dimitris Moraitis, subida a youtube el 30 de noviembre de 2017, fuente: https://www.youtube.com/watch?v=KuIMP2kEK5w**.....56**

Tabla 2: Respuesta a la pregunta 4 de la encuesta**……..64**

"Puede haber agua por todas partes y ni una gota para beber"

Samuel Coleridge

INTRODUCCIÓN

Justificación

Decidirme por este tema fue fruto de la casualidad. Acostumbro a leer las noticias de ciencia que publica la BBC en su web, y de esta manera, un 25 de junio de 2019, llegó a mis manos la siguiente noticia "La gigantesca reserva de agua dulce hallada bajo el océano Atlántico (y qué esperanzas brinda para las zonas áridas del planeta)". Continué buscando información, tanto actual como de años anteriores, y así encontré un artículo con fecha del día 7 de julio de 2017, también de la BBC, cuyo enunciado era: "¿Se está acabando el agua dulce en el mundo?".

Cuanto más leía, más me interesaba el tema, y me hizo dar cuenta de que no valoramos lo suficiente este recurso natural y renovable, pero que al paso que vamos en cuanto a su consumo y a que no lo cuidamos, podría llegar a ser limitado.

Antonio Ruiz de Elvira, catedrático de la Universidad de Alcalá de Henares y experto en el cambio climático, explicaba en una entrevista concedida a Eltiempo.es, el 22 de marzo de 2019: "Mientras haya agua en los océanos, se evaporará y caerá como agua dulce", pero continuaba diciendo "...eso sí, es responsabilidad de los humanos almacenarla adecuadamente para su uso".

Gonzalo Delacámara, coordinador del Departamento de Análisis Económico de la Fundación IMDEA Agua nos dice: "El agua como tal definitivamente no se agota. Siempre hay la misma cantidad en la biosfera, en diferentes estados, que sí cambian. El agua dulce es otra cosa porque intervenimos en el ciclo y alteramos su calidad"

Así pues, es el ser humano quien con sus malas gestiones tanto políticas, como tecnológicas, su desinterés por cuidar las fuentes disponibles, arrasar con el progreso sin tener en cuenta las consecuencias y evitarlas, quien nos ha llevado a esta situación de precariedad, incluso de escasez de agua dulce.

Nosotros dependemos del agua dulce para sobrevivir, pero al mismo tiempo el agua dulce nos necesita para mantener su calidad.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo es conocer los problemas que se avecinan si continuamos abusando del recurso del agua dulce, y responder a la pregunta clave de este trabajo ¿el agua dulce es un recurso en peligro?

Para contestar a esta pregunta, me he planteado las siguientes cuestiones.

Realizar una diagnosis del estado de los recursos hídricos en agua dulce útil, su distribución a nivel mundial y su origen, ya sea agua superficial o subterránea, así como los diferentes usos: doméstico, agrícola e industrial.

Analizar las reservas de agua dulce actualmente en el mundo.

Determinar los diferentes tipos de escasez, así como los parámetros que influyen en ellos.

Realizar el estudio de varios casos, para comprender mejor las bases del conflicto en la gestión del agua.

Metodología

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos serán el estudio y documentación en libros como:*"El agua, la lucha por la vida" de Yves Lacoste*, uno de los geógrafos más destacados del siglo XX. Profesor en la Sorbona y especialista en el tema del subdesarrollo. Ha centrado sus estudios en la geografía económica y social, así como en la historia de los países del Tercer Mundo., *"El agua, recurso limitado: sequía, desertificación y otros problemas"* de la *Fundación Ecológica y Desarrollo, coord*, esta fundación trabaja en la cooperación internacional para el desarrollo sostenible, eficiencia energética y del agua, etc. Artículos científicos y periodísticos. Informes oficiales de la *UNESCO, FAO, UNICEF,* la *Fundación Aquae* que trabaja para dar respuesta al desafío de optimizar los recursos naturales, y muy especialmente el uso de un recurso escaso y esencial para la vida como es el agua., *Iaigua* que es una web especializada en la información sobre el sector del agua etc. También incluiré los datos obtenidos mediante una encuesta realizada a distintos rangos de edad, sobre si el agua dulce puede o no agotarse. Al seguir esta metodología pretendo ofrecer una imagen clara del problema que actualmente tenemos con este recurso natural.

"No hay vida sin agua"

Albert Szent Gyorgyi

CAPÍTULO 1: AGUA DULCE

El agua dulce es agua que se encuentra naturalmente en la superficie de la Tierra, ya sea en capas de hielo, glaciares, icebergs, humedales, lagunas, lagos, ríos y arroyos, o bien bajo la superficie en acuíferos y corrientes subterráneas.

El término agua dulce, excluye específicamente el agua de mar y el agua salobre, aunque sí incluye las aguas ricas en minerales, tales como las fuentes de agua ferruginosa que contienen hierro bivalente en más de 1mg/l. El agua dulce también se caracteriza, por tener generalmente, una baja cantidad total de sales y sólidos disueltos en ella.

El agua dulce es un elemento crítico para la supervivencia de todos los organismos vivos en la Tierra. Es un recurso natural e indispensable para todos los ecosistemas. El agua sin contaminar y que es adecuada para beber se conoce como agua potable. Las primeras rutas de migración humana y el establecimiento de asentamientos, fueron determinados en gran medida por la disponibilidad de agua potable.

"Olvidamos que el ciclo del agua y el ciclo de la vida son uno mismo"

Jacques Cousteau

1.1 Ciclo hidrológico

El agua existe en la Tierra en tres estados: sólido (hielo o nieve), líquido y gaseoso (vapor de agua).

Océanos, ríos, nubes y lluvia están en constante cambio: el agua de la superficie se evapora, el agua de las nubes precipita, la lluvia se filtra por la tierra, etc. Sin embargo, la cantidad total de agua en el planeta no cambia.

La circulación y conservación de agua en la tierra se denomina ciclo hidrológico o ciclo del

agua.

Todo empieza con el sol, la energía solar hace aumentar la temperatura atmosférica, provoca el movimiento de masas de aire e incide sobre las masas de agua de la superficie terrestre, de manera que el agua de los océanos, mares, ríos, lagos y humedales se evapora, es decir, pasa del estado líquido al gaseoso.

Los rayos del sol también evaporan agua del suelo y de la vegetación (la evapotranspiración). El resto de los seres vivos también transpira y respira, procesos que liberan agua gaseosa a la atmósfera, es decir, vapor de agua. Todo este vapor al enfriarse se condensa y pasa del estado gaseoso al líquido en forma de minúsculas partículas de agua, que a su vez se agrupan y forman las nubes y la niebla.

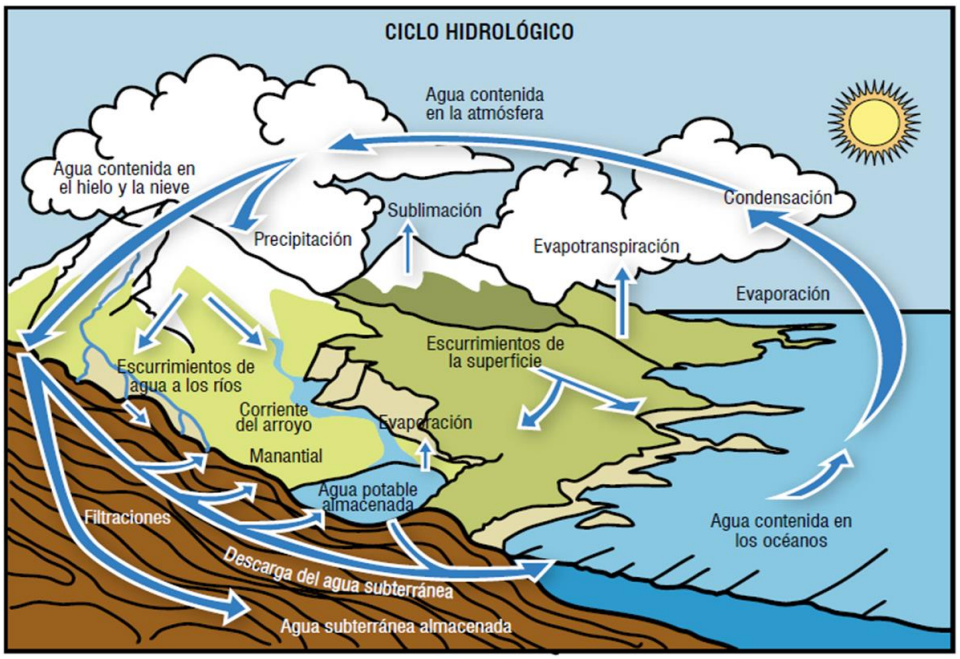


Imagen 1: Ciclo hidrológico / fuente: https://cienciasnaturalesonline.com/

Cuando el agua de las nubes cae sobre la superficie terrestre lo hace en forma de precipitaciones de diferentes tipos: lluvia, nieve y granizo. En su caída, parte de esta precipitación se evapora de nuevo en la atmósfera y otra cae sobre la vegetación. El resto de agua precipitada, ya líquida, que llega a alcanzar la superficie terrestre puede a su vez seguir

varios caminos: una parte cae sobre masas de agua, donde podrá volver a evaporarse, otra circula por el terreno y se va acumulando hasta llegar a los arroyos y ríos que finalmente

desembocaran en mares y océanos, aportando grandes cantidades de sedimentos y materia orgánica, necesarios para la vida litoral y acuática. A esta circulación del agua por la superficie se le denomina escorrentía superficial.

Otra parte de las lluvias penetra en el terreno, empapando el suelo donde podrá ser absorbida por las raíces, o penetrar a mayor profundidad, es lo que denominamos escorrentía subterránea. Parte del agua de los ríos y lagos, si la geología del terreno lo permite, también se infiltrará en el terreno. A su vez, la escorrentía subterránea puede penetrar y recargar los acuíferos, donde permanece en relativo reposo desde días hasta cientos o miles de años. También puede circular y alcanzar los ríos, fluir a la superficie en manantiales o fuentes, o desde los acuíferos costeros llegar directamente al mar.

Así pues, tanto los ríos y humedales, como otras masas de agua, hacen el papel de enormes depuradoras naturales cuyo correcto funcionamiento depende de su estado de conservación.

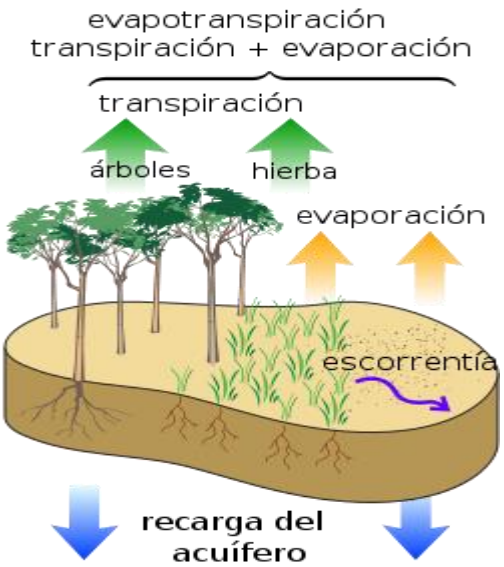


Imagen 2: Evapotranspiración / fuente: https://historiadelavida.editorialaces.com/

Información utilizada del libro de Llorente, Natalia “El agua, un recurso limitado”, páginas 36,37,38.

"Toda el agua que habrá jamás, la tenemos ahora mismo"

National Geographic

1.2 Distribución del agua dulce

La Tierra contiene unos 1.386 millones de kilómetros cúbicos de agua. Ni la cantidad ni la distribución del agua en la Tierra han cambiado significativamente en los últimos dos mil millones de años. El 97% del agua se encuentra en los océanos, y el 2% permanece congelada. El 80% del agua que se encuentra en los continentes está en la superficie. El 20% restante se encuentra bajo tierra o en forma de vapor de agua atmosférico. Sólo el 2.5% del agua que existe en la Tierra es agua dulce. De esa cantidad, el 0.5% se encuentra en depósitos subterráneos y el 0.01% en ríos y lagos. A pesar de que el agua está distribuida por la Tierra, el 90% de los recursos disponibles de agua dulce del planeta están en la Antártida.

Otro dato interesante sobre la distribución del agua en la Tierra es que solo el 0.007% del agua que posee es potable, y esta cantidad se reduce año tras años por diversas causas de las que hablaremos más adelante.

Según la limnología, que es el campo de estudio comparable a la oceanografía, podemos hablar de dos ecosistemas hídricos: los ecosistemas lóticos y los ecosistemas lénticos.

Imagen 3: Sistema lótico / fuente: ecologiaverde.com

Si hablamos de los ecosistemas lóticos, nos estamos refiriendo al ecosistema de un río, arroyo o manantial, en los cuales el movimiento del agua es predominantemente en una dirección, siguiendo el curso que tenga el sistema, afectado por factores físicos como pueden ser: pendientes, caudal, profundidad, sinuosidad, entre otros.

En cuanto a los ecosistemas lénticos, son aquellos en que las aguas terrestres están relativamente estancadas, talos como los lagos y estanques. Es decir, sistemas de agua cerrados que permanecen en un mismo lugar sin correr ni fluir.

Imagen 4: Sistema léntico / fuente: ecologiaverde.com

Tenemos que añadir el agua subterránea, que fluye en las rocas y acuíferos y la zona hiporreica que es la zona de transición situada por debajo de los cauces de los ríos (sedimentos) en los que convergen y se producen intercambios entre las aguas de origen superficial y subterráneo.

1.2.1. Agua superficial

Alrededor de tres cuartas partes del agua dulce del planeta están congeladas en forma de glaciares y capas de hielo. La mayoría sigue siendo inaccesible y se encuentran en el Ártico, la Antártida o Groelandia. Sin embargo, los glaciares terrestres, las nieves y los hielos eternos (zonas muy elevadas, en cordilleras y picos, donde la temperatura no sube lo suficiente como para que se derrita el hielo del invierno), suministran agua en muchos países, liberándola en cantidades que varían estacionalmente y durante periodos de tiempo cada vez más largos como consecuencia del cambio climático, del cual hablaremos más adelante.

Los lagos de agua dulce contienen alrededor del 87% restante de agua dulce superficial, que se distribuye en un 29% en los Grandes Lagos de África, un 20% en el Lago Baikal en Rusia, un 21% en los Grandes Lagos de Norteamérica y el 17% restante en otros lagos menores.

Los pantanos tienen la mayor parte del resto de las aguas superficiales, y los ríos sólo tienen

una pequeña cantidad. El caudal de los ríos puede variar considerablemente de una estación a otra, o de una región climática a otra. En las regiones tropicales los caudales son abundantes todo el año, mientras en las zonas secas, los ríos son a menudo efímeros y solo fluyen periódicamente después de una tormenta.

Las zonas secas constituyen cerca del 40% de la superficie terrestre emergida, y sólo retienen el 2% de toda el agua de escorrentía (agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno).

Los humedales (pantanos, tuberas, ciénagas y lagunas) cubren el 6% de la superficie terrestre emergida y desempeñan un papel fundamental para la conservación de los recursos hídricos. Durante el último siglo se destruyeron y se transformaron muchos humedales para destinarlos a otros usos, pero el resto todavía puede ser de mucha ayuda para conservar los ecosistemas, prevenir inundaciones y alimentar el caudal de los ríos.

Gráfico 1: Distribución de las aguas superficiales / fuente: https://www.cronista.com/

1.2.2. Agua subterránea

El volumen de agua subterránea es mucho más importante que la masa retenida en lagos o circulante (ríos), aunque menor al de los mayores glaciares. Las masas más extensas pueden alcanzar un millón o más de kilómetros cuadrados, como el Acuífero Guaraní, que se extiende bajo Brasil, Paraguay y Argentina.

El agua del subsuelo es un recurso importante y de éste se abastece una tercera parte de la población mundial.

El agua subterránea se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. La mayor parte se origina como agua meteórica que cae de precipitaciones en forma de lluvia o nieve. Si no se pierde por la evaporación, transpiración de las plantas o escorrentía, esta agua se infiltra en el terreno. La porosidad y estructura del suelo determina el tipo de acuífero y la circulación de las aguas subterráneas.

En algunos acuíferos el agua tiene milenios de antigüedad, y se sitúan debajo de algunas de las regiones más secas que existen en la actualidad.

La recarga natural de estos acuíferos es muy lenta, ya que dependen exclusivamente del clima, y la extracción de sus aguas ha superado con creces a esta recarga natural, debido a ello, muchos acuíferos se han secado o están en grave peligro, esta es la razón que ha llevado a que se recurra a la recarga artificial de muchos de ellos.

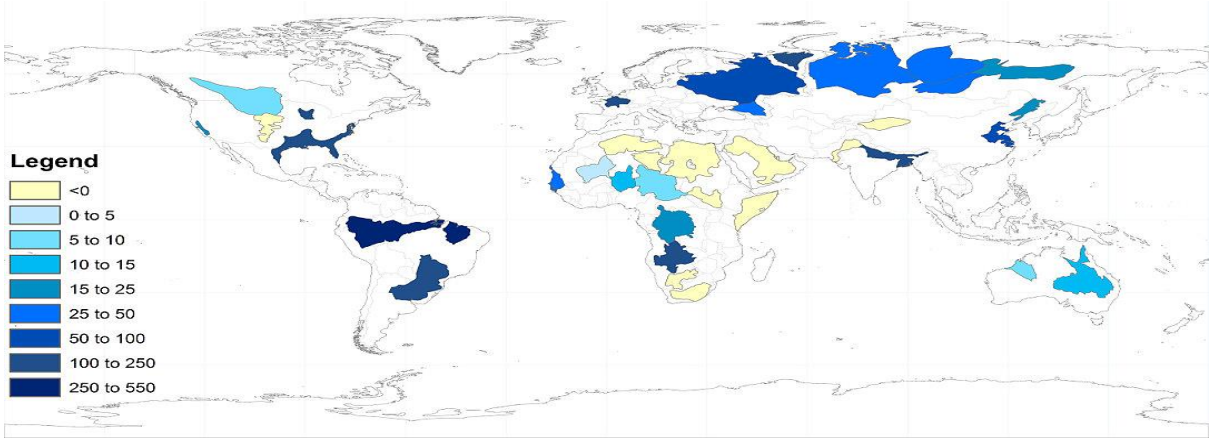


Imagen 5: Fuente: Water Resouces Research

El color amarillo representa una recarga negativa, es decir, son sistemas que están perdiendo agua. El color azul, en cambio, marca aquellos acuíferos que tienen una recarga positiva (mayor recarga a mayor intensidad del azul)

1.3 Disponibilidad del agua dulce útil y sus usos

El 70% de la superficie de la Tierra está cubierta de agua; sin embargo, solo un pequeño porcentaje, el 0,025%, es apta para el consumo humano. Un recurso limitado cuya demanda,

según las previsiones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se disparará a nivel global hasta un 55% entre los años 2000 y 2050.

Los recursos hídricos se utilizan de dos maneras: para el uso consuntivo (con consumo) y para el uso no consuntivo (sin consumo).

Los usos consuntivos del agua son aquellos en que se reduce su cantidad y/o calidad. Si el agua empleada para realizar una actividad ya no puede ser utilizada de nuevo, hablamos de un uso consuntivo de la misma (por ejemplo, el agua destinada a las actividades agrícolas, urbanas o industriales).

Por contra, cuando hablamos de usos no consuntivos, nos referimos a los que no reducen su cantidad ni calidad y permiten utilizarla para otros usos (por ejemplo, los usos energéticos, recreativos o ecológicos).

Nos centraremos en tres de los usos consuntivos por ser los de mayor consumo de agua dulce, el uso doméstico o humano, el uso agrícola y el uso industrial.

1.3.1. Uso doméstico o humano

El uso doméstico de agua incluye todas las acciones cotidianas del ser humano, como la higiene, la cocina, el riego, lavar el coche, etc.

De acuerdo con un mensaje lanzado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cantidad de agua utilizada por cada persona del mundo no debería sobrepasar los 50/100 litros diarios. Con esta cantidad, una persona debería tener agua suficiente para abastecer todas sus necesidades alimenticias, sanitarias, higiénicas, etc.

Aunque hay diferencias, existe un cierto consenso sobre dónde se produce el mayor uso de agua en las casas del mundo. En este sentido, dos tercios del agua consumida en el hogar se utilizan en el baño, concretamente, por cada descarga de un inodoro se consumen entre 7,5 y 26,5 litros de agua. Asimismo, durante una ducha de sólo cinco minutos se utilizan entre 95 y 190 litros de agua. Otras acciones que tienen lugar en el baño, como el lavado de cara o el cepillado de dientes, pueden exigir un consumo de agua muy elevado, sobre todo, si durante el

proceso las personas no cierran el grifo como es debido. Dentro de una casa media, el consumo de agua es de un 73% en el baño, seguido de un 19% en la cocina y un 8% en otras partes de la casa.

Según datos de la Fundación AQUAE, el consumo medio de agua en los hogares españoles es de 142 litros/habitante/día, y hay países, entre los que se encuentran EEUU, Noruega, etc, que superan los 300 litros/h/d. Aun así, estas cifras podrían ser aún mayores, ya que no se ha tenido en cuenta, hasta la fecha, el agua que también consumimos a partir de nuestros hábitos alimentarios o de nuestras actividades y que comportan el uso de altas cantidades de agua que no observamos, pero que igualmente empleamos, la huella hídrica para producir alimentos y ropa. Así nos damos cuenta de que para producir una manzana se necesitan 70 litros de agua y para disponer de un litro de leche se necesitan 1.000 litros de agua, por citar dos ejemplos. El uso de agua se dispara cuando descubrimos que un filete de ternera de 300 gramos requiere el uso de 4.500 litros de agua. Por contrapartida, países como Camboya, Mozambique o Mali, no superan los 8 litros/h/d, una cifra muy alejada de los 100 litros por persona y día que recomienda la OMS.

Es muy relevante las diferencias de consumo entre países, otro ejemplo sería el de la India, que consume un volumen total de agua en uso doméstico muy similar al que un europeo medio, gasta sólo en lavar los platos y cocinar.

1.3.2. Uso agrícola

Según el Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), la agricultura es con diferencia, el mayor consumidos de agua dulce.

La agricultura representa el 70% de las extracciones de agua dulce procedentes de ríos, lagos y acuíferos. En algunos países en vías de desarrollo este porcentaje alcanza hasta el 90%. La agricultura de secano ocupa el 80% de la superficie mundial cultivada y genera el 60% de la producción de las cosechas. Hoy en día la agricultura de regadío ocupa 275 millones de hectáreas, aproximadamente el 20% de la superficie cultivada y representa el 40% de la

producción mundial de alimentos.

Los últimos pronósticos disponibles, según la WWAP, predicen un aumento medio de la superficie de regadío del 0,6% anual entre 1998 y 2030. En este mismo periodo, se producirán un 36% más de alimentos con un consumo del 13% más de agua por el aumento constante de la productividad agrícola.

La agricultura es a la vez una de las principales causas y una de las principales víctimas de la escasez de agua. Representa alrededor del 70% de los retiros de agua dulce en el mundo actual y también contribuye a la contaminación de esta agua debido a los pesticidas y productos químicos. La agricultura de regadío causa efectos en la tierra que afectan la forma en que el agua se recolecta, almacena y libera al medio ambiente. La transformación de pastizales o bosques naturales en tierras de cultivo o plantaciones, afecta la disponibilidad general de agua dulce.

Cada año un tercio de los alimentos que se producen se pierden o se tiran, lo que se traduce en un gran volumen de agua agrícola desperdiciada (datos de la FAO, febrero 2017), también estima que entre 2000 y 5000 litros de agua son necesarios para producir la comida diaria de una persona. La necesidad de obtener más terreno agrícola conlleva graves consecuencias, por lo que urge un cambio en nuestras costumbres alimenticias.

1.3.3. Uso industrial

El volumen de agua utilizado por la industria es bajo, constituye menos de un 10% del total de extracciones de agua, sin embargo, la industria ejerce una acusada presión sobre los recursos hídricos, no tanto por la cantidad de agua consumida en la propia producción, sino más bien por el impacto derivado de los vertidos de aguas residuales y de su potencial contaminante.

Las industrias necesitan ingentes cantidades de agua para poder funcionar y mantenerse, sin ellas, la mayor parte de la actividad humana se paralizaría, puesto que no se podrían producir una amplia cantidad de productos y objetos que utilizamos en nuestro día a día. En algunos casos, el agua utilizada pasa a formar parte de su producto final, en otros, el agua tiene como

objetivo permitir la refrigeración de las diferentes maquinarias utilizadas. Con mucha frecuencia el agua se utiliza con fines sanitarios, como higienizar o limpiar instalaciones. La industria recibe diariamente grandes cantidades de este recurso hídrico para su correcto funcionamiento.

El agua se utiliza en todas las industrias, independientemente de su finalidad, ya sea para la construcción de coches, la fabricación de productos alimenticios o la gestión de residuos. Sin embargo, el consumo industrial de agua variará en función de la industria en términos de cantidad y tipo de agua usada. El aumento del consumo de agua para la industria y la energía coincide cada vez más, con un rápido desarrollo que transforma los patrones de uso de agua en las economías de mercado emergentes. Lógicamente, en la actualidad, el industrial es un sector muy importante en el desarrollo de los países, ya que juega un papel fundamental en el progreso económico de estos, sin embargo, la necesidad de maximizar los resultados económicos ha dejado de tener en cuenta la protección del medio ambiente en sus procesos y en su planificación. La demanda energética aumenta de la misma forma que la demanda hídrica. La bioenergía puede experimentar un gran impacto en la calidad y en el acceso al agua.

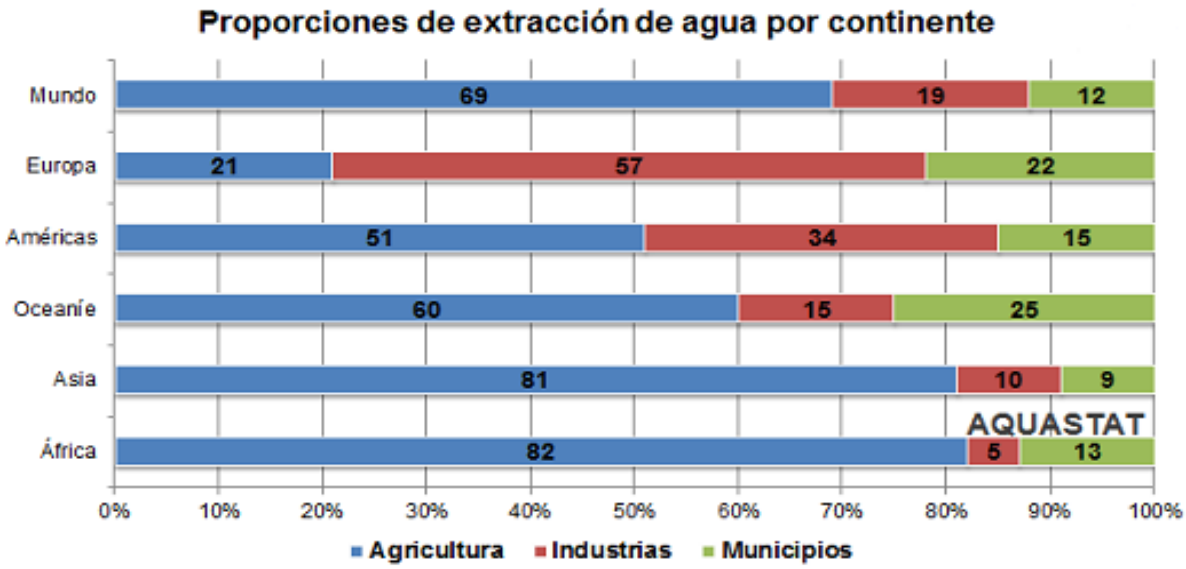


Gráfico 2: datos 2015 fuente: FAO.org (Aquastat)

“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”

Leonardo da Vinci (C.1500)

1.3.4. Desequilibrio en la extracción de los diferentes usos.

En la siguiente tabla 1 “Extracciones de agua por sectores, per cápita y totales”, podemos observar la desigualdad en cuanto a la extracción de agua dulce para los distintos sectores de seis países distintos, estos datos nos ayudan a conocer la tendencia del país a nivel agrícola, industrial y municipal, así como, la extracción per cápita, que es el dato que nos muestra mejor como unos países utilizan los recursos hídricos en detrimento de otros. En esta tabla solo se muestra un pequeño ejemplo, pero es suficiente para observar cómo los EEUU (en rojo), sobrepasan incluso triplican las extracciones de otros países.

Los datos los he obtenido en la web oficial de AQUASTAT, Sistema mundial de información de la FAO, el día 18/05/2022. https://www.fao.org/aquastat/es/databases/

Tabla 1. Extracciones de agua por sectores, per cápita y totales.

AQUASTAT 2018-2022	GAMBIA	ESPAÑA	EEUU	ANGOLA	CAMBOYA	BRASIL
Extracción agua agrícola (10`^9m^3/años)	0,0392 I	20,36 I	176,2 I	0,1467 I	2,053 I	37,55
Extracción agua industrial (km^3/año or 10^{9}m^3/año)	0,0212 I	5,966 I	209,7 I	0,2396 I	0,033 I	10,18
Extracción agua municipal (km^3//año or 10^{9}m^3/año)	0,0412 I	4,89 I	58,39 I	0,3195 I	0,098 I	16,86
Extracción total agua per cápita (m^3/habit/año)	44,56 E	668,6 E	1358 E	22,91 E	134,4 E	308,4 E
Extracción total de agua dulce (10^9m^3/año)	0,1016 E	31,22 I	444,4 I	0,7058 I	2,184 I	64,59

E: estimación calculada como suma o identificar (rendimiento) a partir de valores oficiales o de una estimación de AQUASTAT

I: imputado (llevar adelante, imputación vertical, interpolación lineal)

Observando la tabla vemos que Brasil y España son más agrícolas que industriales, ya que las extracciones para este sector son mayores, Gambia, Angola y Camboya apenas extraen agua para uso industrial ni para agricultura, en este último caso tiene mucho que ver que la falta de tecnología y el acceso a los recursos hídricos de estos países sean casi nulos. Por otro lado, tampoco podemos obviar la influencia del cambio climático que ha conducido a estos países, a padecer grandes sequías, lo que ha diezmado su agricultura basada en el arroz. Estas

sequías abocan a estos países a una escasez tanto física como económica del agua, debido a malas gestiones gubernamentales e infraestructuras muy deficientes y obsoletas, si las hay. Las extracciones totales de países como EEUU, España o Brasil son abrumadoras si las comparamos con las de Camboya, Angola y Gambia, lo que nos demuestra la gran desigualdad en cuanto al reparto y el acceso a los recursos hídricos. Bajo mi punto de vista, el peor dato es la extracción per cápita de agua, que la de un habitante de Estados Unidos sea 1.358m^3 al año o la de un español 668,6m^3, y un angoleño sólo extraiga 22,91m^3 durante el mismo periodo, lo dice todo.

CAPÍTULO 2: LAS OTRAS RESERVAS DE AGUA DULCE

Cuando nos referimos a reservas de agua dulce, estamos hablando de las fuentes de agua que son útiles o potencialmente útiles para los seres humanos.

Las reservas de agua pueden ser naturales o artificiales:

Las que denominamos reservas artificiales son las que están constituidas por masas de agua superficiales que son creadas por la actividad humana mediante la construcción de cauces artificiales que después son rellenados de agua y renovados con el agua de las precipitaciones. Dentro de estas reservas encontramos los embalses artificiales, las presas, pantanos, etc. También se incluyen todas aquellas que se obtienen mediante procesos artificiales, como la desalinización de aguas naturales.

Las reservas naturales incluyen aquellas masas de agua que se forman en cauces creados por la naturaleza, como los lagos, ríos, embalses o el agua subterránea.

Las reservas de aguas superficiales incluyen los ríos, lagos, embalses (naturales o artificiales) y humedales de agua dulce. Estas masas de agua se renuevan de forma natural mediante las precipitaciones y se pierden por la gestión de las actividades humanas, evaporación, evapotranspiración e infiltración a través del subsuelo.

Aunque la mayor entrada y renovación natural de estas fuentes de agua son las precipitaciones, existen otros factores como la capacidad de almacenamiento, la permeabilidad del subsuelo, periodo de lluvias y tasas locales de evaporación que varían con el clima de cada zona.

2.1. Visión global

Los ríos son cursos de agua, en general de baja salinidad, por lo que se dice que son cursos de agua dulce. Se pueden originar por el deshielo de las altas montañas o por la unión de otros cursos de agua más pequeños o arroyos. Son lugares de gran importancia para la biosfera, pues son una gran fuente de agua para los seres vivos.

Otro aspecto importante en torno a los ríos, es su misión social. Durante la antigüedad, las

principales civilizaciones se han asentado alrededor de los grandes ríos, y algunas actuales también, debido a sus necesidades de comunicación y de fuente de agua potable y alimentos. Como ejemplo podemos citar Egipto en torno al Nilo, la antigua Mesopotamia en torno al Tigris y el Éufrates, o algunas de las actuales capitales europeas que se han desarrollado en torno al Danubio.

Los ríos representan una parte muy importante de las reservas hídricas. El río Amazonas es el más largo del mundo con una longitud de 7020 Km, y uno de los más caudalosos (según datos de la fundación AQUAE). Transporta él sólo, una quinta parte del agua fluvial del planeta. Se concentra principalmente en Brasil, pero llega hasta Colombia, Bolivia y Perú.

El río Nilo, con una longitud de 6671Km, ocupa la segunda posición. Se localiza al norte de África. De su principal fuente, el lago Victoria, en África Central, el río Nilo fluye hasta el mar Mediterráneo a través de Uganda, Sudán y Egipto. En tercera posición nos encontramos con el río Yangtzé, que con 6380Km, también es el más largo de Asia. Se encuentra en China, nace en la meseta de Qinghai y Tíbet, y fluye en dirección este, cruzando las provincias, regiones autónomas y municipalidades chinas, hasta desembocar en el Mar de la China Oriental.

Podríamos seguir enumerando multitud de ríos, el Misisipi en EEUU, el Huang He en China, el Obi en Siberia Occidental, el Congo en África Central o el Lena en la Meseta Central Siberiana, entre otros muchos. Todos ellos atraviesan distintos países o estados, todos ellos son grandes reservas de agua dulce, pero todos ellos están en grave peligro por contaminación.

Los lagos suponen la mayor reserva de agua dulce a nuestro alcance, son cuerpos de agua separados del mar y de gran extensión, aportan agua que podemos beber con previo tratamiento, además son una fuente de electricidad para distintos equipos y construcciones, proporcionan agua de riego para la agricultura, etc. La importancia de los lagos radica en que son fuente de vida y fuente económica y de recursos para el lugar en donde se desarrollan, y que además pueden ser una fuente inagotable si se protegen y cuidan.

Según datos de la Fundación AQUAE, los tres lagos más grandes del mundo son: El lago

Superior, con una superficie de 82.414 km^2 y un volumen de 12.232 km^3 de agua. Este lago lo comparten EEUU y Canadá. El lago Victoria, con una superficie de 69.485 km^2 y un volumen de 2.750 km^3 de agua, ocupa el segundo lugar. Este lago se encuentra en África Oriental, rodeado por Kenia, Tanzania y Uganda. El tercer lugar lo ocupa el lago Hurón, con 59.596 km^2 de superficie y un volumen de agua de 3.579 km^3, también compartidos por EEUU y Canadá. La lista sigue, lago Michigan, lago Tanganica, lago Baikal, etc.

Los humedales, son zonas de tierra, generalmente plana, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitente. La función principal del humedal, aparte de ser un gran ecosistema en sí mismo, es que actúa como filtrador natural del agua. Los humedales son indispensables, los beneficios que brindan a la humanidad van desde el suministro de agua dulce, control de crecidas, recarga de aguas subterráneas, hasta la mitigación del cambio climático.

Según el Convenio de Ramsar (1), los mayores humedales del mundo son:

Lagos Coongie, con 198.000 km^2, en Australia; Tumba-Ngiri-Maindombe, con 65.696 km^2, en la R.P. Del Congo; Queen Maud Gulf Migratory Bird Sanctuary, con 62.782 km^2 en Canadá y el Delta del Okavango, con 55.324 km^2 en Botswana.

Pero hay muchos más, y al ser unas reservas de agua dulce que dependen completamente de las precipitaciones, el cuidado ha de ser extremo y el cambio climático es un gran enemigo.

Los embalses son acumulaciones de agua producidas por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce. Los embalses se pueden crear de forma natural (derrumbes, hielo, castores, etc), o de forma artificial, es decir por la mano del hombre con la construcción de grandes presas. La importancia de los embalses en nuestra sociedad, no es solamente que nos abastecen de agua potable, sino que gracias a ellos obtenemos energía eléctrica.

Según datos de Iagua, el lago Volta es el embalse con mayor superficie de mundo. Se encuentra en Ghana y ocupa cerca de 8.502 km^2, es decir, el 3,3% de la superficie nacional.

En cuanto a volumen, el mayor es el lago artificial y embalse Kariba, con 185 mil millones de

m^3 de agua, y una superficie de 5.580 km^2, ubicado a lo largo de la frontera entre Zambia y Zimbabue.

En cuanto a las presas más grandes del mundo enumeraremos la presa de Tarbela, que se encuentra en el río Indo, en Pakistán, alcanza 143,26 metros de altura sobre el lecho del río y forma el embalse de Tarbela, cuya superficie abarca unos 250 km^2; y la presa de Fort Peck, que tiene un volumen estructural de 96 km^2, lo que la hacen la segunda presa más grande del mundo y la más larga, su reserva conforma el quinto lago artificial más grande de EEUU.

Otra fuente de reserva de agua dulce es la zona hiporreica, zona de transición situada por debajo de los cauces de los ríos (sedimentos) en la que convergen y se producen intercambios entre aguas de origen superficial y aguas de origen subterráneo. Estas aguas fluyen a través de rocas y gravas del fondo de otras masas de agua, por esta razón, en las zonas de grandes valles, las reservas de agua hiporreica pueden superar al agua visible del curso o agua superficial. Uno de los problemas a los que nos enfrentamos en cuanto a esta fuente de reserva, es el acceso a la misma, ya que suele ser muy complejo.

(1) La convención sobre humedales, llamada Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que proporciona el marco para la acción nacional y la cooperación internacional para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos

Imagen 6: Zona hiporreica, fuente: agua.org.mx

Una de las reservas más importantes de agua dulce es la que procede de las aguas subterráneas y acuíferos. Las aguas subterráneas son aquellas formaciones de agua dulce situadas a nivel superficial en la corteza terrestre, estas se localizan en formaciones geológicas impermeables llamadas acuíferos. Según la Fundación AQUAE, el agua subterránea supone el 21% del total de agua dulce terrestre, de ahí la importancia de este recurso hídrico en cuanto a reserva.

Las aguas subterráneas surgen debido a la filtración a través del suelo de agua procedente de las precipitaciones, sean de agua, nieve o granizo, y llegan hasta el material rocoso que está saturado de agua. Esta agua se mueve lentamente hacia los niveles bajos, generalmente en ángulos inclinados (debido a la gravedad) y eventualmente llega a los arroyos, lagos y océanos.

A partir de este origen, se pueden dividir en cuatro tipos de aguas subterráneas:

De infiltración: como resultado de la penetración en la profundidad de las aguas meteóricas.

De condensación: se encuentran en zonas climáticas como los desiertos, y surgen de la condensación del agua procedente de la niebla nocturna.

Fósiles o congénitas: están en cuencas marinas, lacustres y fluviales. El agua se ha conservado en los sedimentos después de la transformación de estos en roca.

Juveniles: son las aguas de muchos manantiales situados en regiones de actividad volcánicas actual o reciente de las montañas jóvenes.

Además de los cuatro tipos establecidos a partir de la formación aguas subterráneas, hay también otros cuatro según dónde se encuentran, esto es, según los yacimientos que las cobijan.

Aguas suspendidas: son las subterráneas que yacen a escasa profundidad bajo la superficie de la tierra, en la zona de aeración.

Aguas freáticas: las más extendidas; descansan sobre la primera capa impermeable más o menos continua.

Aguas confinadas: se encuentran entre dos capas impermeables continuas.

Aguas artesianas: se encuentran en los pliegues sinclinales y monoclinales de las capas de rocas.

Información de la Fundación AQUAE , https://www.fundacionaquae.org/wiki/como-se-forma-agua-subterranea/

Dentro de las aguas freáticas (agua subterránea que va llenando continuamente las cavidades en el subsuelo) se encuentran los acuíferos, que son terrenos rocosos permeables dispuestos bajo la superficie. Ahí se acumula y circula el agua subterránea.

Los acuíferos, son simultáneamente almacén de agua y vehículo de transporte de la misma en forma de flujo subterráneo hacía un río o punto de drenaje natural o artificial. El agua del subsuelo es un recurso importante y de este se abastece una tercera parte de la población mundial.

El acuífero más grande del mundo se encuentra en África y recibe el nombre de Acuífero de Piedra Arenisca de Nubia. El agua subterránea que contiene es en realidad agua fósil, es decir, aquella que ha permanecido allí durante miles o millones de años, y cuyo acuífero cerró hace mucho tiempo sus canales de recarga. Este acuífero cubre aproximadamente 2.000000 km^2 y se extiende por debajo del desierto del Sahara, entre los países de Egipto, Libia, Chad y Sudán. El segundo mayor acuífero del mundo es la Gran Cuenca Artesiana de Australia, con 1.700000 km^2, que constituye la única masa de agua dulce confiable del país. En tercer lugar, encontramos el Acuífero Guaraní, situado en Sudamérica, concretamente debajo de la superficie de países como Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay. Esta gran extensión de agua subterránea ocupa 1.190000 km^2, y se estima que acumula 37.000 km^3 de agua, con una media de recarga anual de 166 km^3, gracias a las abundantes precipitaciones de la zona.

Imagen 7: Acuífero, fuente: Fundación Aquae

Otra fuente de reservas es la desalinización del agua de mar, y es un ejemplo de la aplicación de procesos artificiales en la obtención de reservas de agua artificiales.

El proceso de desalinización de aguas resulta caro comparado con otras fuentes de agua, por lo que este proceso es minoritario, aunque la utilización de energías renovables en las plantas, puede reducir los altos costes actuales. En África, la integración de las energías renovables en las plantas de desalinización, especialmente eólica y fotovoltaica, han reducido el coste de inversión y han situado al continente en una posición privilegiada para abrazar el sistema, pero existe otro problema, y es que se ha de hacer algo con la sal. En Kuwait y Dubái, dos grandes zonas que dependen mucho de la desalinización, se están observando estragos en los ecosistemas marinos debido a ello.

Uno de los lugares de la Tierra en el que más se utiliza este proceso para obtener reservas de agua artificial es el Golfo Pérsico, un lugar en el que escasea el agua en reservas naturales. Actualmente Arabia Saudí, es uno de los países pioneros en la desalinización del agua de mar. En este país, cuatro de cada cinco litros que se consumen provienen de plantas desalinizadoras. Dos de las plantas desalinizadoras más grandes del mundo se encuentran en Israel, un país donde los recursos hídricos son escasos, limitados y se encuentran es continuo descenso. También es un país azotado por la escasez de lluvia, un problema en el que el cambio climático tiene mucho que ver. Además, como la mayoría de países del mundo, Israel demanda cada vez más agua debido al crecimiento demográfico. Alrededor del 80% del consumo doméstico de agua en las ciudades israelíes proviene de agua salada. La planta de desalinización de Osmosis Inversa de Agua de Mar (SWRO) en Ashkelon, Israel ha marcado recientemente un record mundial en la producción y entrega de 1.000 millones de m^3 de agua potable de alta calidad desde el comienzo de sus operaciones en el año 2005, (publicado en WaterWorld y Water Online, ide-tech.com). Dubai, abastece más del 98% de su suministro de agua potable a partir de la desalinización.

Imagen 8: Planta desalinizadora de Ashkelon, Israel fuente: israel waterblog

La escasez de agua en África, agravada por el aumento de las temperaturas y las sequías vinculadas al cambio climático, además de la explosión demográfica que triplicará su población a finales de siglo, han llevado a varios estados africanos a ver la desalinización de agua de mar como una posible solución a un problema inminente. Namibia, uno de los países más áridos del continente, ha alcanzado un acuerdo con su vecina Bostwana para desalinizar agua y compartirla a través de cañerías que unirán ambos países.

Las aplicaciones del agua desalada son múltiples, pasando por el consumo humano, los procesos industriales y los cultivos de alto valor comercial.

Por último, debemos hablar de las reservas de agua que se encuentran en forma congelada dentro de los glaciares y casquetes polares. Por el momento, no aportan mucha agua a las reservas de agua dulce del planeta y tan solo se ha usado con fines científicos. De conseguirse en un futuro, este proceso constituiría una reserva artificial de agua, ya que sería extraída de forma artificial.

2.1.1. La importancia del acuífero Guaraní

El acuífero Guaraní es la tercera reserva de agua subterránea más grande del mundo, se encuentra en el subsuelo de un área de alrededor de 1.190000 km^2 (superficie mayor que la de España, Francia y Portugal juntas). Se extiende por las cuencas de los ríos Paraná, Uruguay y Paraguay, y es transfronterizo, pues comparte por debajo de los territorios de los países de

Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, y coincide aproximadamente con el espacio ocupado antiguamente por la “Nación Guaraní”.

Nace a profundidades muy variables, las temperaturas producto de las profundidades alcanzadas van desde los 33º a los 65ºC. Si bien el volumen total de agua almacenada es inmenso, 37.000 km^3, en realidad el volumen explotable estimado actualmente como reservas renovables es de 40 a 80 km^3 anuales.

A la importancia de su extensión se suma su valiosa capacidad de renovar su volumen gracias a la absorción de aguas superficiales a través de sus áreas de recarga.

Posee riberas en cuatro países, distribuidos de la siguiente forma:

En Brasil abarca una superficie de aproximadamente en kilómetros cuadrados 850.000 (9,9% del territorio), en Argentina 225.000 (7,8%), en Paraguay 70.000 (17,2%) y en Uruguay 45.000 (25,5%). La población actual dentro del dominio de ocurrencia del acuífero se estima en 15 millones de habitantes. En Brasil, más de 300 ciudades son abastecidas total o parcialmente por este acuífero, entre éstas, 6 millones de personas en Sao Paulo.

El país que más lo explota es Brasil, abasteciendo total o parcialmente a más de 300 ciudades y exportando a Medio Oriente agua embotellada. Uruguay tiene 135 pozos de abastecimiento público de agua, algunos de los cuales se destinan a la explotación termal. En Paraguay se registran unos 200 pozos destinados principalmente al uso humano, y en Argentina hay en explotación 5 perforaciones termales de agua dulce.

Su ubicación, en una región de alta biodiversidad, permitirá en el futuro qué pese a los cambios climáticos y la reubicación espacial de las precipitaciones, sus fuentes continuaran abasteciéndose por las copiosas lluvias, lo cual lo convierten en una zona estratégica local, regional y mundial

Imagen 9: Acuífero Guaraní fuente: https://www.biodiversidadla.org/

La protección contra los agentes contaminantes que normalmente afectan los manantiales de agua en la superficie, que pasan por los mecanismos naturales de filtración y autodepuración biogeoquímica que ocurre en el subsuelo, resulta en un agua de excelente calidad, haciendo que estas aguas asuman características económicas, sociales y políticas destacadas para el abastecimiento de la población.

Miguel Auge, geólogo de la Universidad de Buenos Aires, afirma que la reserva de agua dulce de este acuífero es tal, que su capacidad alcanzaría para abastecer a los 6.000 millones de personas que habitan el planeta, durante 200 años (datos 2019).

Aunque esta región es la de mayor volumen de agua dulce per cápita, con el 20% del total mundial, 80.000 millones de personas no tienen acceso a este líquido vital en América Latina.

Es importante tener en cuenta que, con la pérdida de los glaciares por el calentamiento global, estamos obligados a cuidar de este acuífero, donde uno de sus principales problemas es la contaminación, donde se destaca Brasil, que posee serios problemas de contaminación industrial y existe la inquietud de que dicha contaminación se pueda filtrar hacía el acuífero. (Fuente de toda la información: ADITAL, Agencia de Información Fray Tito para América Latina).

2.1.2. Reserva de agua dulce bajo el Atlántico

El 25 de junio de 2019, la prensa mundial se hacía eco de un gran descubrimiento, geólogos de la Universidad de Columbia habían hecho un descubrimiento sorprendente bajo las aguas del océano Atlántico.

En el noreste de los EEUU, desde la costa de Massachusetts hasta Nueva Jersey, se extiende una gigantesca reserva de agua dulce, estiman que esta reserva puede alcanzar los 3.000km^3 de agua dulce, atrapada en sedimentos porosos bajo el agua salada del océano. Si esta reserva estuviera en la superficie, formaría un lago de cerca de 40.000km^2.

El hallazgo, aunque sorprendente, era algo que ya se sospechaba. Los expertos creen que este tipo de depósitos de agua dulce son abundantes, pero aún se sabe muy poco sobre sus volúmenes y su distribución a lo largo del planeta. Una pista que ya tenían, era que en los años 70, algunas compañías petroleras que perforaban la costa no extraían petróleo, sino agua dulce. Los investigadores, sin embargo, no sabían si sólo eran depósitos aislados o algo mucho más grande. Para detectar la reserva de agua, utilizaron ondas electromagnéticas para mapear la reserva, hasta entonces invisible a otras tecnologías; *"Sabíamos que había agua dulce allí en lugares aislados, pero no sabíamos la extensión ni la geometría",* dijo la autora principal, Chloe Gustafson, del Observatorio de la Tierra Lamont-Doherty en Columbia.

Imagen 10: Barco desde donde se mapeó la reserva de agua dulce, autor: Key Perry, fuente: BBC.com

Para conocer el área al detalle, desde un barco lanzaron sondas para medir el campo electromagnético en las profundidades. El agua salada es una mayor conductora de ondas electromagnéticas que el agua dulce, así que por el tipo de señales de baja conductancia que recibieron pudieron concluir que ahí abajo había agua dulce.

También concluyeron que los depósitos eran más o menos continuos, desde la línea de la costa hasta unos 130km mar adentro. En su mayoría están entre los 180 y los 360m bajo el fondo del océano. Los geólogos creen que el agua dulce pudo almacenarse ahí de dos maneras: Por una parte, se cree qué durante el fin de la Era de Hielo, grandes cantidades de agua dulce quedaron atrapadas en sedimentos rocosos, algo que los expertos llaman "agua fósil", pero las investigaciones recientes muestran que los depósitos probablemente también se alimentan de la lluvia y de cuerpos de agua que se filtran a través de los sedimentos en la tierra y llegan hasta el mar. También afirman, qué de manera general, el agua del acuífero es más dulce cerca de la costa y más salada a medida que se adentra en el mar. Eso puede significar que con el paso del tiempo ambos tipos de agua se van mezclando.

El agua dulce terrestre usualmente contiene sal en cantidades de menos de una parte por mil, esta es la misma cifra que hallaron en la reserva acuática cerca de la costa. En sus límites externos, el acuífero alcanza las 15 partes por mil; en comparación, el agua de mar típicamente tiene 35 partes por mil.

Según explica el geofísico Kerry Key, coautor del estudio, si se quisiera utilizar el agua de las partes más lejanas del acuífero, tendría que ser desalinizada para la mayoría de sus usos, pero, en todo caso, el coste sería menos que el de procesar agua de mar.

"Probablemente no tengamos que hacer eso en esta región", dice Key en un comunicado, *"...pero si podemos demostrar que hay grandes acuíferos en otras regiones, eso podría representar un recurso en lugares como el sur de California, Australia, el Medio Oriente o el África Sahariana..."*

Los investigadores que publicaron sus resultados en la revista *Scientific Reports*, creen que estas reservas podrían ser un recurso extraordinario para las zonas áridas que necesitan agua de forma desesperada.

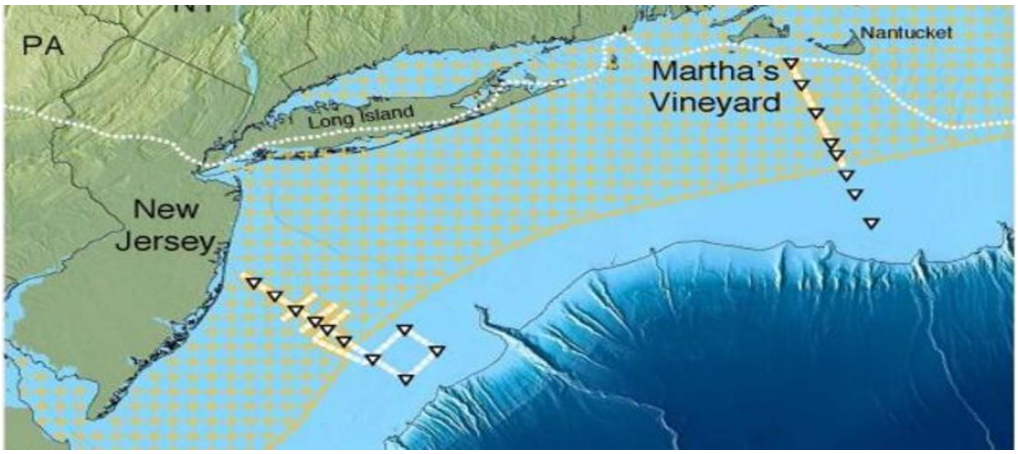


Imagen 11: Mapa de la reserva de agua dulce hallada bajo el Atlántico, autores: Gustafson_Key_Evans-kagE. fuentABC.es

El acuífero al noreste de EE. UU. (área sombreada). Las líneas continuas de color amarillo o blanco con triángulos muestran las pistas del barco. La línea blanca punteada cerca de la orilla muestra el borde de la capa de hielo glacial que se derritió hace unos 15.000 años. Más lejos, de color azul oscuro, la plataforma continental cae en el abismo del Atlántico

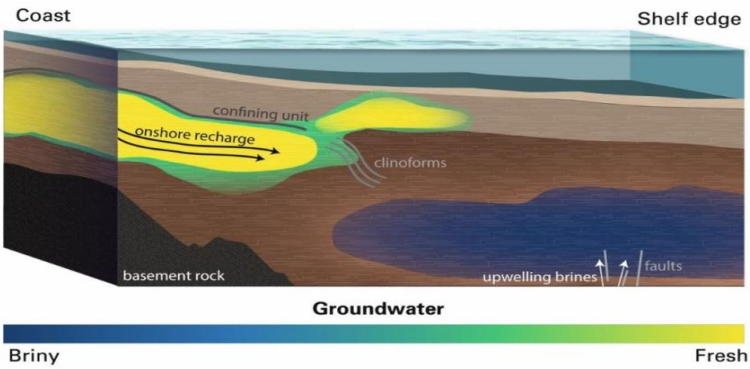


Imagen 12: gráfica Scientific Reports

“No se aprecia el valor del agua hasta que se seca el pozo”

Proverbio inglés

CAPÍTULO 3: ESCASEZ DE AGUA

Cuando hablamos de escasez de agua nos referimos a la falta de suficientes recursos hídricos para satisfacer las demandas de consumo de agua en una región. Este problema afecta alrededor de 2.800millones de personas de todos los continentes del mundo durante al menos un mes cada año y más de 1.300 millones de personas no tienen acceso a agua potable.

La escasez de agua implica estrés hídrico, déficit hídrico y crisis hídrica.

El concepto de estrés hídrico es relativamente nuevo y se refiere a la dificultad de obtener fuentes de agua dulce durante un cierto periodo, una situación que puede culminar en un mayor deterioro y agotamiento de los recursos hídricos disponibles. Si de lo que hablamos es de déficit hídrico, nos estamos refiriendo a la escasez de agua causada por cambios climáticos, tales como patrones climáticos alterados – incluyendo sequías o inundaciones- así como el aumento de la contaminación y el aumento de la demanda humana del agua, incluso un uso excesivo. En cuanto a la crisis hídrica, es una situación que se produce cuando la disponibilidad de agua no contaminada dentro de una región es inferior a la demanda.

La escasez de agua está siendo impulsada por dos fenómenos convergentes; el creciente uso de agua dulce y el agotamiento de los recursos de agua dulce disponibles.

Las Naciones Unidas estiman que de los 1.400 millones de km^3 de agua en la Tierra, tan sólo 200.000km^3 representan agua dulce disponible para el consumo humano. El estrés hídrico se está intensificando en regiones como China, India y África subsahariana. El continente africano tiene el mayor número de países afectados por la escasez de agua, y casi una cuarta parte de la población vive en un país que sufre de estrés hídrico. La región más afectada del mundo es el Oriente Medio, y en China, más de 538 millones de personas viven en una región afectada por este mismo problema.

Gran parte de la población afectada por estrés hídrico vive actualmente en cuencas fluviales

donde el uso de los recursos, hídricos superan en gran medida la capacidad de renovación de las fuentes.

La FAO (del inglés, Food and Agriculture Organization, en español, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) afirma que en el año 2025 se estima que 1900 millones de personas vivirán en países o regiones que se enfrentarán a una escasez absoluta de agua, y dos tercios de la población mundial podría estar en una situación de estrés hídrico.

El Banco Mundial señala que el cambio climático podría resultar en cambios profundos en los futuros patrones de disponibilidad y uso del agua, lo que aumentaría los niveles de estrés hídrico y la inseguridad, tanto a escala como en los sectores que dependen del agua.

Estas son las principales características de una crisis hídrica:

- El acceso insuficiente al agua potable, una problemática que afecta a aproximadamente 884 millones de personas.
- El acceso insuficiente al agua para saneamiento y la eliminación de residuos, una situación que afecta a 2.500 millones de personas
- El uso excesivo de reservas de agua subterránea, conduciendo a la disminución de rendimientos agropecuarios.
- El uso excesivo y la contaminación de los recursos hídricos, resultando en una reducción de la biodiversidad.
- Conflictos regionales por los escasos recursos hídricos, resultando a veces en conflictos armados.

Hay más causas, y de ellas hablaremos a continuación.

3.1. Escasez física y económica de agua

Alrededor de un quinto de la población mundial vive actualmente en regiones afectadas por la escasez física de agua, es decir, en regiones donde no hay suficientes recursos hídricos para satisfacer la demanda, incluyendo el agua que necesitan los ecosistemas para funcionar de

manera efectiva. Las regiones áridas con frecuencia sufren de largos periodos de sequía lo que provoca escasez de agua y aridez en los cultivos. La escasez física también puede producirse en regiones donde los recursos hídricos parecen abundantes, pero éstos son sobreexplotados por una demanda excesiva, por ejemplo, para el riego.

Los principales síntomas de la escasez física de agua incluyen la degradación del medio ambiente y la disminución de las reservas de agua subterránea.

Si hablamos de la escasez económica del agua, nos estamos refiriendo a una falta de inversión en infraestructuras o tecnología para extraer o canalizar el agua de los ríos, acuíferos y otras fuentes de agua, o por una insuficiente capacidad humana para satisfacer dichas demandas. Una cuarta parte de la población mundial se ve afectada por ella. Los síntomas de la escasez económica más relevantes son; la falta de infraestructuras para el abastecimiento de agua potable. Las personas que no tienen un acceso seguro al agua, se ven

obligadas a recorrer largas distancias en busca de ella, a menudo contaminada, de los ríos para cubrir sus necesidades domésticas y agrícolas. Este trabajo normalmente es llevado a cabo por mujeres y niños, que caminan durante kilómetros para conseguir poder llevar agua a sus hogares.

Una parte importante de África sufre de escasez económica de agua, el desarrollo de infraestructuras en estas zonas podría contribuir a reducir la pobreza, ya que estas condiciones críticas a menudo surgen en comunidades pobres y sin poder político, en u medio ambiente ya afectado por condiciones climáticas extremas.

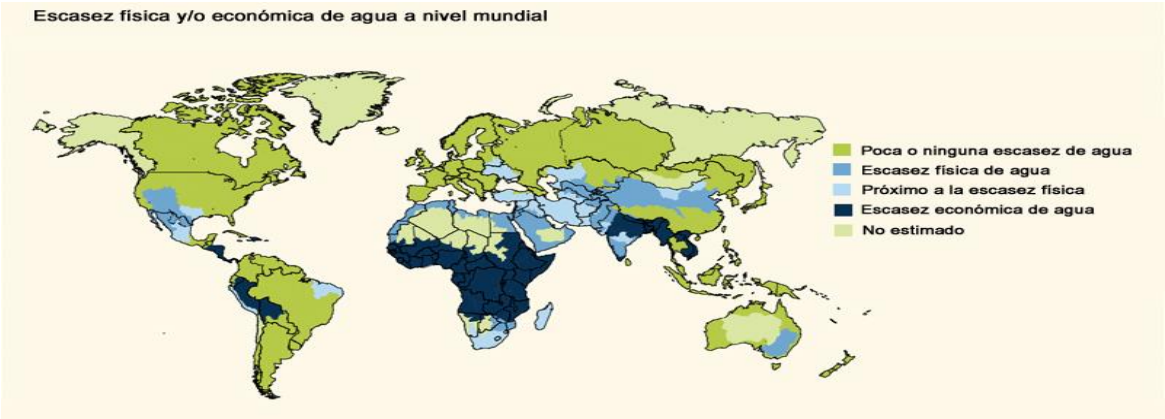


Imagen 13: Mapa escasez física y económica de agua, fuente: un.org

3.2. Objetivos de desarrollo sostenible

Los Objetivos de desarrollo sostenible (ODS), son el plan maestro de las Naciones Unidas, para conseguir un futuro sostenible para todos. En total son 17 objetivos para transformar nuestro mundo y no dejar a nadie atrás, estos objetivos se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que nos enfrentamos día a día. En este trabajo me centraré en el objetivo 6: Agua limpia y saneamiento.

El desafío y la meta de este objetivo es garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos. A pesar de que se ha conseguido un sustancioso progreso al aplicar el acceso a agua potable y saneamiento, aún existen miles de millones de personas (principalmente en zonas rurales) que aún carecen de estos servicios básicos.

Algunos de los datos más destacables son:

- 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros, y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura.
- Al menos 892 millones de personas continúan con la práctica insalubre de la defecación al aire libre
- Las mujeres y las niñas son las encargadas de recolectar agua en el 80% de los hogares sin acceso a agua corriente.
- La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. Más de 1700 millones de personas viven actualmente en cuencas fluviales en las que el consumo de agua supera la recarga.
- 4 billones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes o letrinas.
- Más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.
- Cada día, alrededor de 1000 niños mueren debido a enfermedades diarreicas asociadas

a la falta de higiene.

- Aproximadamente el 70% de todas las aguas extraídas de los ríos, lagos y acuíferos se utilizan para el riego.

Así pues, las metas del ODS 6, son las siguientes:

6.1 De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.

6.2 De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.

6.3 De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.

6.4 De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

6.5 De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda

6.6 De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos

6.a De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización

6.b Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.

Está muy claro, que de aquí al 2030 tenemos por delante un gran desafío, un reto urgente y necesario a escala global, para conseguir una sociedad más equitativa, donde la desigualdad sea mínima, y no se deje a nadie atrás, ya que el acceso al agua es un derecho y no un privilegio.

Toda la información la he obtenido de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/, consultada el 26/05/2022.

“Cuando bebas agua, recuerda la fuente”

Proverbio chino

CAPÍTULO 4: PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA ESCASEZ DE AGUA

4.1. Presión demográfica

Conforme aumenta la población aumenta también la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, el uso doméstico y el industrial. La disponibilidad de agua dulce impone límites al número de personas que puede sostener una zona e influye en el nivel de vida. A su vez, el crecimiento y densidad de la población afectan habitualmente la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos de una zona cuando los habitantes tratan de abastecerse de agua cavando pozos, construyendo depósitos y embalses, y desviando el curso de los ríos. Si las necesidades son constantemente superiores a los suministros disponibles en algún momento el uso excesivo de agua, lleva al agotamiento de los recursos hídricos de superficie y subterráneos, provocando la escasez crónica de agua.

El crecimiento exponencial de la población está teniendo consecuencias cada vez más graves sobre los recursos hídricos del planeta. La tendencia sugiere que para el año 2050 la población aumentará a 10.000.000.000 de personas. La población mundial está creciendo a un ritmo de 80 millones de personas/año, lo que implica una demanda de agua dulce de aproximadamente 64 mil millones de metros cúbicos anuales (según datos de la UNESCO, 2017). Se estima que para el año 2030, el número de habitantes de las zonas urbanas habrá aumentado en 1.800 millones con respecto a 2005, constituyendo un 60% de la población mundial. Casi la totalidad (95%) de este incremento de población urbana se espera que se dé en países en desarrollo, especialmente en África y Asia, donde las predicciones apuntan a que la población de las ciudades se duplicará en el periodo 2000 - 2030. Esta situación plantea unos desafíos sin precedentes, entre los que el abastecimiento de agua y saneamiento es uno de los más acuciantes.

Oriente Medio y África septentrional son las regiones donde existe mayor escasez de agua, en ellas vive el 6,3% de la población mundial, aunque contienen únicamente el 1,4% del agua dulce renovable de la Tierra. A medida que se incrementa la presión demográfica en esas regiones se eleva la demanda de recursos hídricos.

Los expertos miden la disponibilidad de agua en términos de la cantidad de agua dulce per cápita renovable anualmente, se considera que un país tiene "poca agua" cuando el total per cápita anual de sus recursos renovables se encuentra entre 1.000 y 1.700 m³. Los países con escasez de agua cuentan con un promedio anual por debajo de los 1.000 m³ de agua renovable por persona.

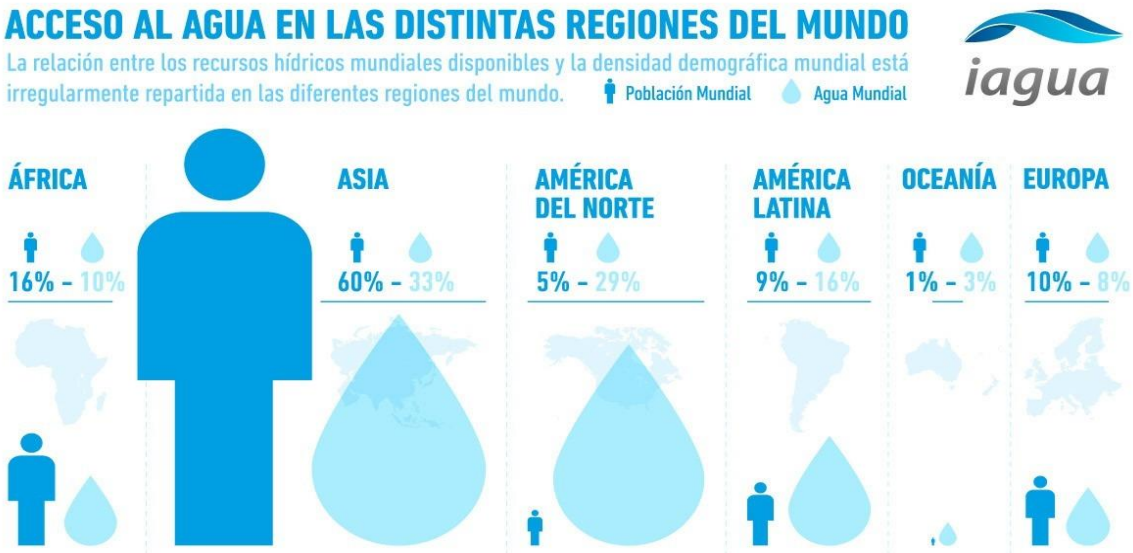


Imagen 14: Acceso al agua, datos: iagua-dia-mundial-agua-2019, fuente: iagua.es

Doce de los quince países del mundo que sufren escasez de agua se encuentran en las regiones de Oriente Medio y África septentrional. La India ocupa el puesto número 13 en la lista general de estrés hídrico a nivel mundial, pero tiene más de tres veces la población de los otros países. En América Latina, el agua por persona a disminuido un 22%, en el sur de Asia un 27% y en África Subsahariana hasta un 41%. Cabe destacar que el acceso al agua por persona a nivel mundial es muy desigual, por ejemplo, la cantidad media de agua dulce por persona en 2017 fue de unos 43.000 m³ en Oceanía, mientras que apenas alcanzó los 1.000 m³ en el norte de África y Asia Occidental.

Es urgente adoptar un enfoque que integre la sanidad humana, ya que las aguas residuales no se tratan y en muchos lugares aún se defeca al aire libre, y la gestión de los recursos hídricos. Con el rápido crecimiento de la población, las extracciones de agua se han triplicado en los últimos 50 años. Esta tendencia se explica en gran medida por el rápido incremento del desarrollo de sistemas de irrigación, estimulados por la alta demanda de alimentos en los años 70, y por el continuo crecimiento de economías basadas en la agricultura. Se prevé, qué en el año 2030, el 47% de la población mundial vivirá en zonas con estrés hídrico, es decir, zonas donde la demanda será mayor que la cantidad disponible.

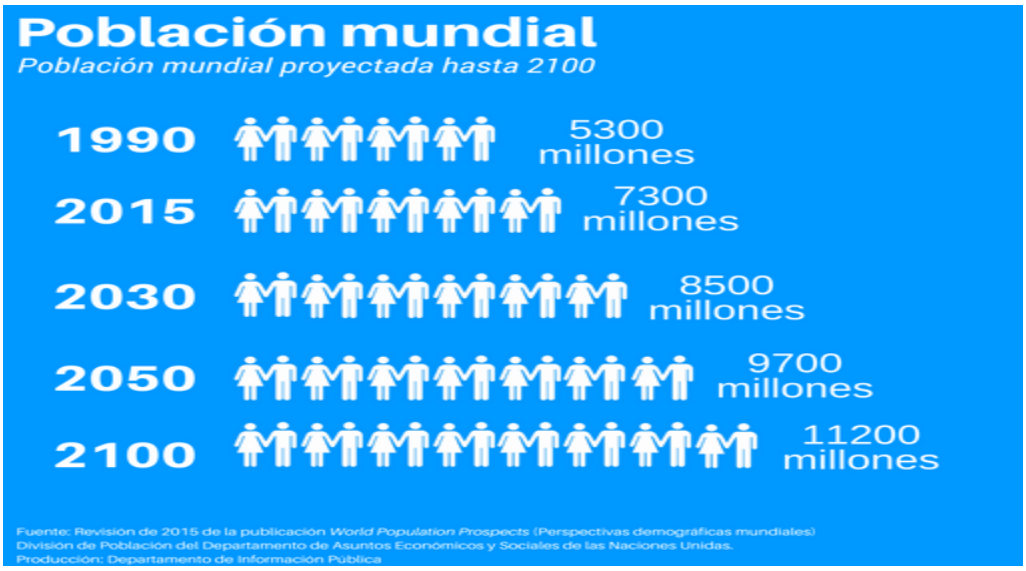


Imagen 15: Población mundial y previsión según datos de Naciones Unidas, datos 2019 fuente: un.org

4.2. Sobreexplotación

Juan Antonio López Geta, Dr. Ingeniero de Minas, Director de Hidrogeología y Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España, en una de sus ponencias nos ponía en antecedentes: “La década de los años sesenta del pasado siglo XX, supuso el inicio de un hecho, que algunos hidrogeólogos han denominado la revolución silenciosa de las aguas subterráneas, promovida especialmente por modestos agricultores, que en las regiones áridas y semiáridas han perforado millones de pozos de los que se extraen a nivel mundial entre 700 1.000km^3 al año. El 50% del agua que se usa en el mundo para abastecimiento urbano procede

de las aguas subterráneas, en algunas regiones el porcentaje es mucho mayor, y el 70% del total del agua subterránea es utilizada en agricultura (Llamas, 2005, ponencia DCBRE 05.doc,)".

En todo el mundo ciertos lagos, ríos y mares interiores están empezando a secarse debido a que se está extrayendo demasiada agua de ellos o de sus afluentes. Las aguas subterráneas también se están utilizando más rápido de lo que se renuevan, un creciente número de informes revelan que los niveles de los acuíferos han caído en picado; en muchos casos, los periodos de sequía han agravado esta tendencia.

El Níger, el Nilo, el Ganges, el Tigris, el Éufrates, el Yangtsé, el Colorado y el Río Grande son sólo algunos de los principales ríos que han sufrido una reducción notable de su caudal.

Las poco eficaces formas en las que se suministra el agua a las explotaciones agrícolas y a las ciudades, las deficiencias en la gestión y control de la extracción del agua, son algunas de las principales causas.

La sobreexplotación de las aguas subterráneas no es tan evidente, ya que existen menos pruebas visuales, y los efectos de la extracción excesiva tardan más en ser apreciables.

Durante la segunda mitad del siglo pasado, el bombeo de los acuíferos aumentó a nivel mundial, sin embargo, a menudo los beneficios (mayores cosechas, por ejemplo) son efímeros y terminan traduciéndose en una disminución del nivel de los acuíferos, en la perforación de pozos más profundos y a veces incluso en el agotamiento de la fuente subterránea.

Se han dado casos en todas las regiones climáticas que demuestran que sobreexplotar las aguas subterráneas es una práctica relativamente común, pero las consecuencias se pueden observar en la caída del rendimiento en primavera, la disminución del caudal de los ríos, el descenso de la calidad del agua, el deterioro de hábitats naturales como los humedales y el hundimiento del suelo, conocido como subsidencia.

Un ejemplo de ello lo tenemos el día 29 de mayo de 2021, cuando un gigantesco socavón se abrió en el estado mexicano de Puebla. El enorme agujero, inicialmente de 5m de diámetro, fue creciendo hasta alcanzar los 30m en tan solo 24h, y a los pocos días había alcanzado los

100m. Ahora, según las informaciones de las autoridades, mide 126m en el eje mayor, 114m en el menor y 56m de altura en su parte más profunda (artículo de Neus Palou, publicado en la Vanguardia el 16/06/2021).

Imagen 16: Socavón en Puebla, fuente: agencia EFE Puebla (México) 4 jun. 2021

La ciudad de México, por ejemplo, se construyó en la cuenca del antiguo lago de Texoco, el más grande de un sistema de lagos que en su mayor parte fueron drenados para controlar las inundaciones. Gran parte de los recursos hídricos en la antigua cuenca endorreica procedían de aguas subterráneas. Las consecuencias del drenaje, completado en el siglo XX, fueron enormes: la zona se volvió semiárida y actualmente la ciudad sufre escasez de agua, además los sedimentos blandos del antiguo lecho lacustre bajo la ciudad, la hacen vulnerable a la licuefacción del suelo en caso de terremoto. Todo esto ha llevado a que la ciudad se hunda hasta 40cm al año, y se calcula que en general la ciudad se ha hundido 10m en un siglo. El hundimiento es irregular a lo largo y ancho de la urbe, por lo que los edificios se inclinan y las tuberías se rompen.

Fernando González Villareal, investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, tras numerosos estudios, recomienda tomar medidas urgentes para abordar la situación, como utilizar otras fuentes de agua potable, la recarga artificial de los acuíferos y renovar las infraestructuras hídricas, algunas de ellas con más de 100 años. Las medidas podrían tener un coste de hasta 1.000 millones de dólares estadounidenses al año, durante los próximos 15 años.

Imagen 17: Proceso de hundimiento, fuente: cienciahistorica.com

El mismo problema ocurre en la capital de China, Pekín. Esta gran ciudad, al igual que México DF, está asentada encima de un gran acuífero, que está siendo sobreexplotado por encima de lo recomendado. Este uso descontrolado del agua está provocando el descenso del suelo del orden de unos 10 cm al año en la zona oriental de la ciudad, donde se encuentra el distrito financiero y los edificios más altos.

En las últimas décadas se ha extraído mucha más agua de fuentes subterráneas que en el pasado, sin tener en cuenta la capacidad de recarga de estos acuíferos, y las consecuencias son muy negativas (reducción de los niveles de agua y agotamiento de los recursos), además de que pueden ser permanentes o tener una muy larga duración en el tiempo.

La sobreexplotación de los recursos hídricos es sumamente peligrosa, sobre todo cuando se trata de aguas subterráneas, porque utiliza una parte no renovable de los mismos. Se está haciendo muy poco para atajar las causas del problema, a pesar de que es conocido desde hace bastante tiempo y existen los medios técnicos para prever estas situaciones y en la mayoría de las veces también existe la posibilidad de revertir las situaciones desastrosas, si bien son intervenciones que tienen costes elevados.

4.3. Deforestación

La deforestación es un proceso provocado generalmente por la acción humana, en la cual se destruye la superficie forestal. Principalmente se debe a las talas o quemas realizadas por la industria maderera, o para la obtención de suelo para la agricultura, minería y ganadería.

La deforestación afecta al ciclo del agua ya que los árboles extraen agua del subsuelo a través de sus raíces y la liberan a la atmósfera, cuando desaparecen, el clima se vuelve más seco. Además, la deforestación reduce la cantidad de agua en el terreno y en el subsuelo, asimismo reduce la cohesión del suelo, lo que da lugar a erosión, inundaciones, desertificación y corrimiento de tierras.

Los árboles y las plantas en general, inciden significativamente en el ciclo hidrológico:

- Sus copas interceptan una porción de la precipitación, que luego se vuelve a evaporar.
- Sus residuos en el suelo (hojas muertas y ramas) frenan la escorrentía.
- Estos residuos también cambian las propiedades del suelo, mejorando su capacidad de retener agua.
- Sus raíces crean macroporos (espacio entre las partículas a través de las cuales fluye el agua gravitacional y ocurre el proceso de evaporación), que incrementan la filtración al subsuelo.
- Controlan la humedad del aire a través de la transpiración de sus hojas. El 99% del agua absorbida por las raíces es transpirada.

Como resultado, la presencia o ausencia de árboles cambia la cantidad de agua subterránea superficial o atmosférica. Esto cambia también el ritmo de erosión y la disponibilidad de agua, ya sea para el ecosistema o para las necesidades humanas.

La deforestación de las llanuras traslada la formación de nubes y la lluvia a terrenos más elevados. La selva tropical es la fuente de alrededor del 30% del agua dulce del planeta. La deforestación altera los patrones climáticos favoreciendo un tiempo más cálido y seco, y por tanto incrementando las sequías, la desertificación, la pérdida de cosechas y un largo etc.

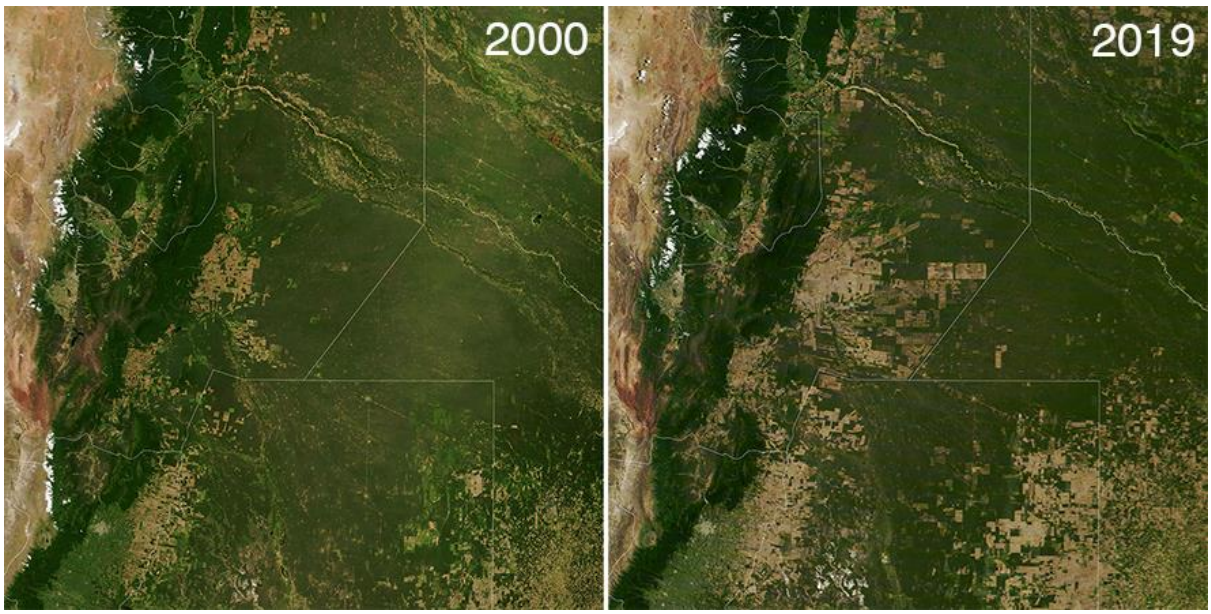


Imagen 18: Deforestación Gran Chaco Argentino, foto: NASA, fuente: el federal 26/5/2020

Estas fotografías tomadas por la NASA, muestran la deforestación que está sufriendo el Gran Chaco Argentino, en particular en Salta. La primera imagen fue tomada el 24 de diciembre de 2000, la segunda el 18 de diciembre de 2019. Este es uno de los bosques más grandes de Latinoamérica, devastado ante el avance del agronegocio y la extensión de la frontera agropecuaria, motorizado como política de Estado.

El Gran Chaco es el segundo en tamaño y biodiversidad detrás de la vecina selva amazónica.

Los incendios son una de las causas principales de la deforestación, las quemas, una técnica de limpieza agrícola para dejar espacios que luego se utilizarán para criar ganado o para cultivos, suelen ser la razón de los grandes incendios. A pesar de que en ciertas épocas del año están prohibidas, las quemas ilegales son un gran negocio, la mayoría de veces encubierto, y en muchos países los gobiernos están detrás de ellos, o miran hacia otro lado.

El 2019 fue un año de grandes incendios: el Amazonas, el Congo, Angola y Zambia, Siberia, Tailandia, Canarias, Portugal, entre los más devastadores.

En el mapa inferior podemos observar los incendios activos el día 06/04/2022. El mapa activo de incendios es un servicio ofrecido y producido por la NASA a partir de los datos recabados por satélites.

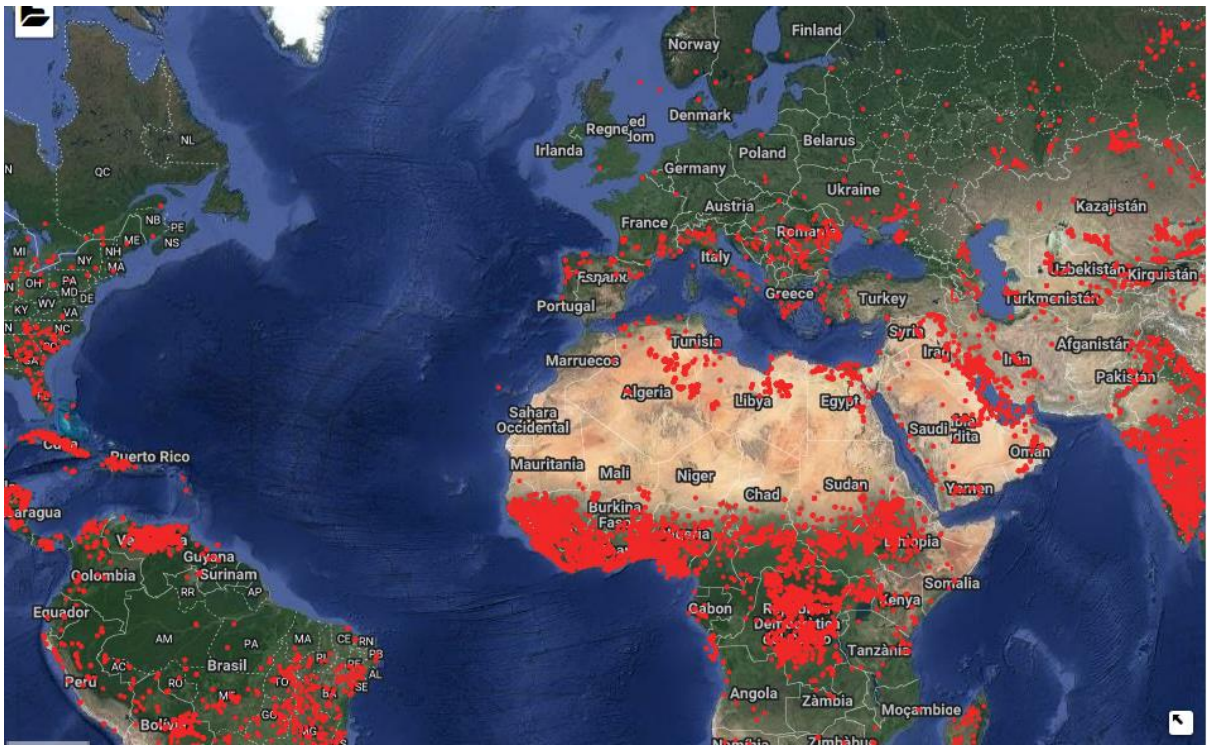


Imagen 19**:** Incendios en tiempo real 06/04/2022, foto: NASA, fuente: geamap.com

4.4. Contaminación

La falta de gestión y tratamiento adecuado de los residuos humanos, industriales y agrícolas, constituye la causa más importante de la polución del agua. Las sustancias contaminantes originadas y su presencia en cantidades importantes, altera las propiedades del agua, no permite su depuración a través del ciclo natural hidrológico y la hace peligrosa para el consumo humano, la agricultura, la pesca, la flora y la fauna, etc. Ello conlleva a que el problema de la disponibilidad de agua potable se agrave cada vez más.

Los contaminantes proceden de fuentes puntuales y no puntuales. Las fuentes de contaminación puntuales se pueden identificar fácilmente, ya que tienen un origen y un lugar definido de ingreso al agua, las descargas de las tuberías municipales e industriales son un claro ejemplo. Las fuentes contaminantes no puntuales son mucho más difíciles de identificar y controlar, un buen ejemplo de ello es la lluvia ácida, los escurrimientos y los contaminantes difusos, como los que provienen de las superficies urbanas pavimentadas y las procedentes de las tierras de cultivo.

Las aguas negras provenientes de las grandes ciudades, mezcladas con las residuales de la actividad industrial, son descargadas en lagos y ríos que luego desembocan en el mar. Los vaciados contienen gran cantidad de microorganismos patógenos, productos químicos, materia fecal y todo tipo de basura.

Los contaminantes de origen agrícola o ganadero más comunes son los abonos, plaguicidas, pesticidas y herbicidas. Estos elementos liberados se disuelven en el agua de lluvia y de riego, infiltrándose y siendo diseminados por el viento y la lluvia.

Uno de los mayores problemas que origina la agricultura es la contaminación difusa (es la que no tiene un punto de origen determinado y se produce cuando el contaminante llega al ambiente de forma distribuida), siendo la más importante la provocada por nitratos.

En cuanto a la actividad industrial (minería, metalurgia, siderurgia y la industria papelera, entre otras) utilizan agua para procesos productivos de refrigeración, transporte, procesamiento y otros. Los desechos de estos procesos acarrean gran variedad de materiales y sustancias contaminantes que son vaciadas en ríos, lagos y océanos, contaminándolos con petróleo, hidrocarburos, breas, etc, y compuestos que contienen elementos químicos tóxicos, como el plomo, arsénico, selenio, etc. El agua caliente que liberan algunas industrias y centrales energéticas también está considerada un elemento contaminante, ya que eleva la temperatura de los ríos y lagos, y hacen disminuir la cantidad de oxígeno en el agua.

El deterioro del agua subterránea, de la que se abastecen millones de hogares y zonas de cultivo de todo el mundo, representa un grave problema socioeconómico y medioambiental. Los acuíferos del subsuelo sufren más gravemente la contaminación. Los contaminantes llegan a los acuíferos debido a usos humanos a través de fosas sépticas, enterramientos de basura o por infiltración de desechos propios del trabajo agrícola. La intoxicación del agua subterránea se produce principalmente por la acumulación de pesticidas, herbicidas, pinturas o combustibles. Según cifras de la UNESCO, más del 80% de las aguas residuales en los países en vías de desarrollo se descarga sin tratamiento, contaminando ríos, lagos y zonas costeras. Muchas

industrias, algunas de ellas conocidas por ser altamente contaminantes, como las industrias químicas y del cuero, se están trasladando de los países con ingresos altos a los países de economías emergentes. Estos datos son sumamente alarmantes, ya que es llevar más contaminación a países con gran escasez de agua, tanto física como económica.

La naturaleza tiene la capacidad de limpiarse si recibe una pequeña cantidad de contaminantes, y de esta forma retomar el equilibrio. El problema comienza cuando los contaminantes superan la capacidad de absorción del sistema. No hace falta decir, que hoy en día se ha superado en mucho esta capacidad.

4.5. Cambio climático

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el "cambio climático" es un fenómeno atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Es de esperar que el cambio climático aumente la presión sobre los recursos hídricos al modificar el ciclo del agua, incluidas las precipitaciones, la humedad del suelo, el escurrimiento, la evaporación, el vapor atmosférico y la temperatura del agua, el cambio climático tendrá como consecuencia condiciones extremas. Uno de los recursos hídricos claramente afectado por el cambio climático son los glaciares, y en zonas donde ya se padece escasez de agua la escorrentía se ha reducido notablemente.

La UNESCO, también advierte de que el calentamiento global intensificará el ciclo hidrológico mundial añadiendo los siguientes datos (web UNESCO, consultada el 9/09/2019)

- Una revisión de más de 100 estudios basados en observaciones sobre los cambios recientes en el ciclo hidrológico mundial puso en evidencia que en la segunda mitad del siglo XX hubo una mayor tendencia a sufrir escorrentías, inundaciones y sequías, así como otros fenómenos variables relacionados con el clima a nivel regional y mundial. Todo esto confirma la percepción de que el ciclo hidrológico se ha intensificado.
- La tundra y las regiones árticas se enfrentan a la pérdida de permafrost (capa de suelo

permanentemente congelado, pero no permanentemente cubierto de hielo o nieve, de las regiones muy frías o periglaciares), y a la posibilidad de que se libere metano, con el consiguiente calentamiento en los polos.

- La nieve está siendo menos abundante en las montañas y a la vez, las nevazones (tormentas de nieve, hielo y granizo de gran intensidad) y el deshielo se están produciendo antes, lo que está generando cambios relacionados a las inundaciones. A grandes altitudes el incremento de nieve en el invierno puede llegar a retrasar el deshielo.
- Según el informe del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), el promedio anual de escorrentías de aquí a 2050 habrá aumentado en un 10-14% en zonas de altas latitudes, mientras que en algunas regiones secas de latitud media y semiáridas de baja latitud habrá disminuido en un 10-30%.
- A lo largo del siglo XXI se han producido sequías más intensas, ligadas a un aumento de las temperaturas y un descenso de las precipitaciones, afectando a un mayor número de personas.

Imagen 20: Permafrost, fuente: xataca.com

Imagen 21: Deshielo del permafrost, fuente: national geo.

Según Greenpeace, el aumento de la temperatura global en 2016 fue de 1,1º, el mayor aumento en la historia de la humanidad, hasta ese momento, y va en aumento.

Las consecuencias pueden ser devastadoras, el progresivo deshielo de las masas glaciares, como el Ártico, provoca la subida del nivel del mar, ello unido a la sobreexplotación de los acuíferos en zonas costeras, agravará la intrusión de agua salina en los mismos, produciendo la salinización de las reservas de agua dulce.

Las sequías cada vez afectan más a las zonas geográficas más secas, aumentando por tanto su extensión en tiempo y cantidad. Todo ello nos lleva a daños en las cosechas y en la producción alimentaria, sobre todo en zonas ya de por sí críticas. La repercusión que puede tener el cambio climático en relación a la escasez de los recursos hídricos es clara y preocupante.

4.6. Lluvia ácida

El concepto de lluvia ácida engloba cualquier forma de precipitación que presente elevadas concentraciones de ácido sulfúrico y nítrico. Estas precipitaciones pueden ser húmedas, como la lluvia, la llovizna y el rocío, o pueden ser secas que es el caso de la nieve, la niebla o el granizo.

La lluvia ácida es una de las consecuencias de la contaminación atmosférica. Se produce cuando emisiones contaminantes de las fábricas, centrales eléctricas, calderas de calefacción y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo que contengan azufre, entran en contacto con la humedad atmosférica. Estas emisiones contienen óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y trióxido de azufre, que al mezclarse con el agua se transforman en ácido nítrico, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico. Finalmente, estas sustancias químicas viajan llevadas por los vientos, y las nubes, y caen a la tierra acompañando a las precipitaciones y constituyendo la lluvia ácida.

Esta lluvia tiene muchas consecuencias nocivas para el entorno, pero sin lugar a dudas el efecto de mayor insidia lo tiene sobre los recursos hídricos, como los lagos, ríos, arroyos, pantanos y otros medios acuáticos, ya que eleva la acidez de los acuíferos, lo que posibilita la absorción de aluminio que se transfiere a su vez, desde las tierras de labranza a los lagos y ríos. Esta combinación incrementa la toxicidad de las aguas. Esta toxicidad implica la degradación y posterior pérdida de los bosques, de la flora y la fauna, y de las tierras de cultivo, con el consiguiente peligro de escasez de alimentos para el ser humano y demás seres vivos.

"El agua y la tierra, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en latas globales de basura"

Jacques Cousteau

CAPÍTULO 5. CONFLICTOS POR EL AGUA: CASOS DE ESTUDIO

5.1 Las bases de los conflictos por el agua

En los últimos años se ha venido considerando al petróleo como el recurso que podría desencadenas la Tercera Guerra Mundial, sin embargo, los estragos causados por el cambio climático, la falta de prioridad política, las incapacidades gubernamentales, las desigualdades y los conflictos armados han hecho que ahora el punto de mira esté en el agua; esto junto con el eterno debate sobre si el agua debe ser un bien de lujo o un bien social accesible para todos, podrían convertir al agua en el foco del mayor conflicto geopolítico del siglo XXI.

Según la ONU, existen aproximadamente 300 zonas en el mundo, en las que se presagia un conflicto a causa del agua en 2025, bien sea porque su control centre la lucha, o bien porque sea utilizada como arma para ganar, el agua está teniendo cada vez más, un papel protagonista. Hoy por hoy, debemos hablar de conflictos más que de guerras, pero cada vez son más numerosos, tener el control sobre los recursos hidrológicos es como tener el poder para controlar la situación.

Datos de la ONU indican, qué en muchas megaciudades como Tokio, Nueva York o Barcelona, se pierden entre 250 y 500 millones de m^3 de agua al año, evitar dichas pérdidas podría abastecer de agua potable entre 10 y 20 millones de personas más en cada gran ciudad, también advierte de que en el 2050 el consumo de agua aumentará un 44% para satisfacer las demandas industriales y de la población. Por contrapartida la OMS (Organización Mundial de la Salud), afirma que millones de personas en el mundo, la mayoría mujeres, deben andar diariamente hasta 6 horas para recoger agua para uso doméstico debido a la escasez económica y a las

grandes sequías.

Las cuencas fluviales compartidas también son un punto de grandes conflictos, así como las grandes presas que crean un déficit hídrico aguas abajo, como en el caso del Nilo, cuyo derecho por las aguas están en disputa desde 1959; hoy, el conflicto amenaza con convertirse en una guerra.

La contaminación causada por grandes desastres, tanto de ríos como en ecosistemas.

Ante estas desigualdades, es fácil comprender el porqué de los conflictos ante la necesidad de tener acceso a los recursos hídricos, este acceso significa poder para los gobiernos, y desgraciadamente el sufrimiento para los más pobres.

5.2 Justificación sobre la elección de los casos.

Mi intención es mostrar que no solo en países en vías de desarrollo se da lugar a conflictos, desastres ecológicos, inaccesibilidad al agua, etc. Todos los países están expuestos a incurrir en errores que pueden abocarnos a una escasez de agua dulce, no siempre por las mismas razones, pero siempre con el mismo final.

A continuación, mostraré algunos de los que más impacto están teniendo.

5.2.1 Conflictos bélicos

Conflicto entre Israel y Palestina

La política hídrica de este país es uno de los asuntos geoestratégicos fundamentales para la subsistencia. En 1967, después de la ocupación total de Cisjordania y la Franja de Gaza, Israel declaró de su propiedad todos los recursos hídricos. Los palestinos tienen que obtener una licencia del ejército israelí antes de desarrollar cualquier infraestructura hídrica en su tierra. Al ser una grave violación de los derechos humanos y a las leyes de protección humanitaria, el hecho de que no otorguen derechos de explotación de los recursos naturales de las zonas ocupadas, la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios de la ONU, criticó al régimen de Tel Aviv por continuar la destrucción de los recursos hídricos palestinos.

Amnistía Internacional reveló que “En Gaza, entre el 90 y el 95% del suministro de agua está

contaminado y no es apto para el consumo humano. Israel no permite llevar agua desde Cisjordania, y el acuífero costero se va agotando cada vez más debido a la sobreexplotación y a la contaminación de las aguas residuales. El bloqueo impide las reparaciones y la reconstrucción de las maltrechas instalaciones de la Franja de Gaza”

Conflicto entre Bolivia y Chile

La escasez de agua ha generado tensiones entre estos dos países, por un pequeño curso de agua conocido como el Silala. La región también es muy frágil y afronta serios problemas de desertización causada por varios factores, entre ellos el sobrepastoreo y la agricultura intensiva. Esta situación ha hecho que la pobreza esté extendida por esta zona y sea foco de constantes problemas sociales. Bolivia ha tratado de establecer una ley de aguas, para el adecuado uso de este recurso.

Conflicto del Tigris y el Éufrates

Tres países en conflicto, Turquía, Siria e Irak, que mantienen disputas en torno a las cuencas de estos dos ríos. La gran potencia hídrica en Turquía, la presa de Ataturk, uno de los embalses más grandes del mundo, permite al país producir una gran cantidad de energía, sin embargo, esta obra ha sido foco de conflicto con Siria e Irak debido a la disminución del caudal que la obra supone.

Conflicto en el Nilo

En Egipto la principal fuente de agua es el Nilo, que fluye desde Etiopía y también baña parte del territorio de Sudán.

Egipto ha mantenido una doble estrategia con Sudán, el país por donde ingresa el Nilo a su territorio. La cooperación se basó en la construcción de canales y presas para planificar y repartirse el caudal del río, pero Sudán no ha terminado algunos proyectos, lo que produce perjuicios a Egipto, que además amenazó a su vecino del sur militarmente si no recibía la cantidad de agua acordada. Por otro lado, Egipto y Sudán dejaron de lado a los países en donde el Nilo se inicia, por ejemplo, Etiopía está bajo amenaza constante de sus vecinos para construir

embalses para regular el agua que requiere la agricultura. Si se construyeran los proyectos que Etiopía necesita para su desarrollo, tanto Sudán como Egipto verían limitado el caudal que reciben del Nilo. El conflicto en la región ya ha empezado, Etiopía planea construir una presa que servirá para alimentar el generador de una instalación eléctrica. El rápido llenado de una gigantesca presa en la cabecera del río Nilo, la mayor vía fluvial del mundo, que da sustento a millones de personas podría reducir en más de un tercio el suministro de agua a Egipto aguas abajo**,** según una nueva investigación de la USC (Universidad de Santiago de Compostela). Un déficit hídrico de esa magnitud, podría desestabilizar una parte del mundo políticamente inestable al reducir la tierra cultivable en Egipto hasta en un 72%. Hasta ahora, y a pesar de las negociaciones internacionales, apenas se ha avanzado en esta disputa que dura ya un decenio. El núcleo de la controversia es la Gran Presa del Renacimiento Etíope, de 5.000 millones de dólares, que está a punto de concluirse en la cabecera del Nilo. En la segunda fase de llenado, será el mayor proyecto hidroeléctrico de África y creará un embalse de 74.000 millones de metros cúbicos de agua, más del doble de la capacidad operativa del lago Mead, en el río Colorado. Es tan grande que tardará años en llenarse y, según el tiempo que tarde, los desvíos de agua podrían tener efectos devastadores río abajo. Egipto y Sudán tienen derechos de agua sobre el Nilo, mientras que a Etiopía no se le asignó una parte cuantificable. Pero a medida que crece la demanda de agua y energía en la cuenca del Nilo, Etiopía hace valer sus necesidades de energía hidroeléctrica y agricultura de regadío para promover el desarrollo.

Conflicto en la cuenca del río Zambeze

El río Zambeze nace en Zambia, en la frontera con la República Democrática del Congo y Angola, y cruza Angola, Zambia, Namibia, Zimbabue, Botsuana y Mozambique. Los países que componen esta cuenca compiten por sus aguas, y ha sido origen de graves conflictos. En marzo del 2000, estuvo a punto de provocar una guerra entre Mozambique y Zimbabue.

Según un estudio dirigido por el científico Fabio Farinosi, (Scientific Officer at the Joint Research Centre of European Commission), en 2018, después de evaluar distintos factores a partir de un algoritmo que tomó en consideración episodios previos de conflictos por recursos hídricos (ya han pasado muchos a lo largo de la historia), el resultado fue que lo más probable es que surjan conflictos en áreas donde hay un cuerpo de agua compartido, como lagos, ríos o cuencas.

Estos ejemplos solo son una pequeña muestra de la gravedad de la situación.

Imagen 22**:** Mapa de conflictos por el agua, fuente: Fernando Arturo Ledezma Perizza

5.2.2. Conflictos por escasez económica de agua

Conflicto en África Occidental

Los enormes ríos de África empiezan a perder caudal y como consecuencia, los países ribereños ya han entrado en conflicto. La presa de Akosombo, en el río Volta creó el lago artificial más grande del mundo y proporcionó la electricidad necesaria para generar energía, sin embargo,

la tierra ahora sepultada debajo del lago y la labor agrícola intensiva ha agotado los suelos. Más de 88.000 personas han sido reubicadas a la fuerza y han perdido sus principales actividades económicas, la pesca y la agricultura, además de sus hogares.

La escasez de agua desata guerras interétnicas en Mali, a la inestabilidad política se suma la lucha por el acceso al agua. La población depende del río Níger, para su alimentación y transporte, pero está al borde de una catástrofe ambiental.

En Nigeria, la mitad de la población no tiene acceso al agua potable, y como en muchas partes del continente, muchas mujeres deben caminar varias horas diariamente para conseguirla.

América Latina y Caribe

Ni fuentes de agua potable ni saneamiento básico y seguro. El crecimiento de suburbios alrededor las grandes urbes latinoamericanas, donde la pobreza es protagonista, ha impedido hasta ahora dar una respuesta a los problemas derivados del agua para la población que lo sufre. En zonas rurales el problema también es importante debido a la falta de infraestructuras que lleven agua limpia y segura. Guatemala, Nicaragua, República Dominicana, Perú y Paraguay son los países donde la desigualdad más determina el acceso o no a recursos hídricos. Los procesos de privatización y descentralización de sectores que hasta entonces habían sido públicos (como el caso del agua), no ha hecho más que empeorar la situación. El aumento del coste del agua hace que este bien sea inaccesible para gran parte de la población, lo que constituye una vulneración de los derechos humanos.

Europa y América del Norte

Dos de las zonas más enriquecidas del planeta, que sin embargo también son vulnerables a la falta de agua. Y los problemas se agravan allá donde más desigualdad existe, porque en esos casos, el acceso al agua puede peligrar. Hablamos de desigualdad socioeconómica pero también

geográfica, ya que como ocurre en todo el mundo, la dificultad de acceso a fuentes de agua es aún más preocupante en las zonas rurales.

Puede que nos parezca mentira, pero en estas dos zonas del mundo hay 57 millones de personas que no tienen canalizado el acceso a agua en sus casas. 21 millones ni siquiera tienen acceso a servicios básicos de agua potable. La situación es particularmente grave en Europa del Este, Cáucaso y Asia Central en Europa, y en México en Norteamérica.

Según UNICEF (informe del Programa Conjunto de Monitoreo *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000 – 2020*) en 2020, alrededor de una de cada cuatro personas carecía de una fuente de agua potable gestionada de forma segura en su hogar y casi la mitad de la población mundial no tenía acceso a servicios de saneamiento gestionados de manera segura. Es necesario que los gobiernos garanticen las ayudas necesarias, existe una realidad urgente de que se realicen inversiones.

5.2.3. Grandes desastres

Muchos de los desastres naturales son responsabilidad de los seres humanos de una forma u otra, vertidos contaminantes, incendios de sustancias tóxicas, desvíos de caudales, etc. Según la ONU (2003) “Una amplia gama de usos humanos y de transformaciones del agua dulce o de los ambientes terrestres tienen la potencialidad de alterar, a veces de forma irreversible, la integridad de los sistemas de agua dulce”.

“La poca cultura de valor hacía el recurso hídrico, los malos hábitos productivos, el uso de tecnologías obsoletas y poco eficientes, la flexibilidad de los marcos regulatorios en materia ambiental, entre otros aspectos, se convierten en los factores fundamentales que representan el verdadero riesgo de continuar decreciendo en los niveles adecuados de calidad de agua para el bienestar humano y el equilibrio medioambiental (Carmona, JC / Revista Luna Azul, nº29)”

Black, M. en su libro *"El secuestro del agua"* (Intermón,3 julio 2008, capítulo 5), nos describe claramente estas alteraciones que el hombre provoca y que nos lleva a los grandes desastres.

"…se sabe con certeza que cualquier alteración significativa del agua existente en un ecosistema determinado, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo, afecta al ciclo hidrológico y provoca cambios en el propio ecosistema, pues elimina el soporte natural o "libre" que mantiene la salud de todos los ciclos vitales…"

"…la descomunal alteración de las corrientes de agua dulce, se deben en parte al establecimiento humano en zonas "vírgenes" y en parte a las obras hidráulicas construidas en ríos de corriente libre. Aproximadamente el 50% de las tierras pantanosas del planeta han sido drenadas, y las corrientes del 60% de los ríos más grandes del mundo han sido interrumpidas por estructuras construidas por el hombre. Los lagos interiores y otros medios hídricos han reducido sus volúmenes y han sufrido una degradación en su hábitat. Algunos ríos han visto reducir sus caudales a consecuencia de las extracciones, hasta el punto de que ya no puede esperarse que lleguen a desembocar en el mar…"

"…según un análisis reciente, el impacto humano sobre el entorno hídrico se ha multiplicado por nueve desde 1950. Sólo una parte de dicho impacto es consecuencia directa de las extracciones de agua, que aumentan con rapidez para la irrigación, la industria y el consumo doméstico. La mayoría se debe a la manipulación humana de los patrones naturales de las corrientes fluviales, mediante la construcción de presas, embalses y diques…"

Los siguientes casos son solo una pequeña muestra.

El Mar de Aral

El mar de Aral es un lago endorreico o mar interior, situado en Asia Central, entre Kazajistán al norte y Uzbekistán al sur. Antiguamente era uno de los cuatro lagos más grandes del mundo,

con una superficie de 68.000km^2, en la actualidad se ha reducido a menos del 10% de su tamaño original. Entre 1954 y 1960, el gobierno de la antigua URSS, con intención de cultivar, principalmente, algodón en la región, ordenó la construcción de un canal de 500km de longitud que tomaría un tercio del agua del río Amu Daria y Sir Daria para irrigar una enorme extensión de tierra. La necesidad cada vez mayor de agua, debido a la mala gestión de su transporte y a la falta de previsión y eficiencia del riego, supuso tomar agua de más ríos que desembocaban en el mar de Aral. En pocos años se construyeron 45 embalses, más de 80 presas y cerca de 32.000km de canales, la mayoría de factura tan deficiente que pierden casi tanta o incluso más agua de la que transportan. Semejante infraestructura desvía de los ríos Amu Darya y Sir Darya 48.000 millones de m^3 al año, dejando que el lago quede alimentado únicamente por una octava parte del caudal original, cifra que la elevada evaporación reduce aún más. En los años ochenta, el agua que llegaba era tan sólo un 10% del caudal de 1960 y el mar de Aral empezó un proceso de desecación. En consecuencia, actualmente ocupa la mitad de la superficie original y su volumen se ha visto reducido a una cuarta parte, el 95% de los embalses y humedales cercanos se han convertido en desiertos y más de 50 lagos de los deltas, con una superficie de 60.000 hectáreas, se han secado.

En cuanto al clima, esta desecación ha eliminado el efecto amortiguador que ejercía la zona en su entorno, por lo que los inviernos y los veranos se han hecho más duros, con el consiguiente aumento de sequías graves. La acción del viento ha desplazado toneladas de arena salinizada, que procede del fondo de la zona desecada, a una distancia de hasta 200km, lo que ha agravado drásticamente la situación, y no solo eso, sino que el uso indiscriminado de fertilizantes y pesticidas ha contaminado el aire y las aguas freáticas.

En 2003, unas imágenes por satélite de la NASA mostraron la verdadera envergadura del desastre. Hoy en día, la zona norte del mar de Aral se está recuperando ligeramente, gracias al dique

Kok-Aral que construyó el gobierno de Kazajistán (con dinero del Banco Mundial) para retener el agua que normalmente fluiría hacía el mar en territorio de Uzbekistán.

Las últimas imágenes de la NASA, de 2018, muestran esa mejoría en una pequeña parte del norte, no obstante, prácticamente no queda ninguna esperanza para la zona sur.

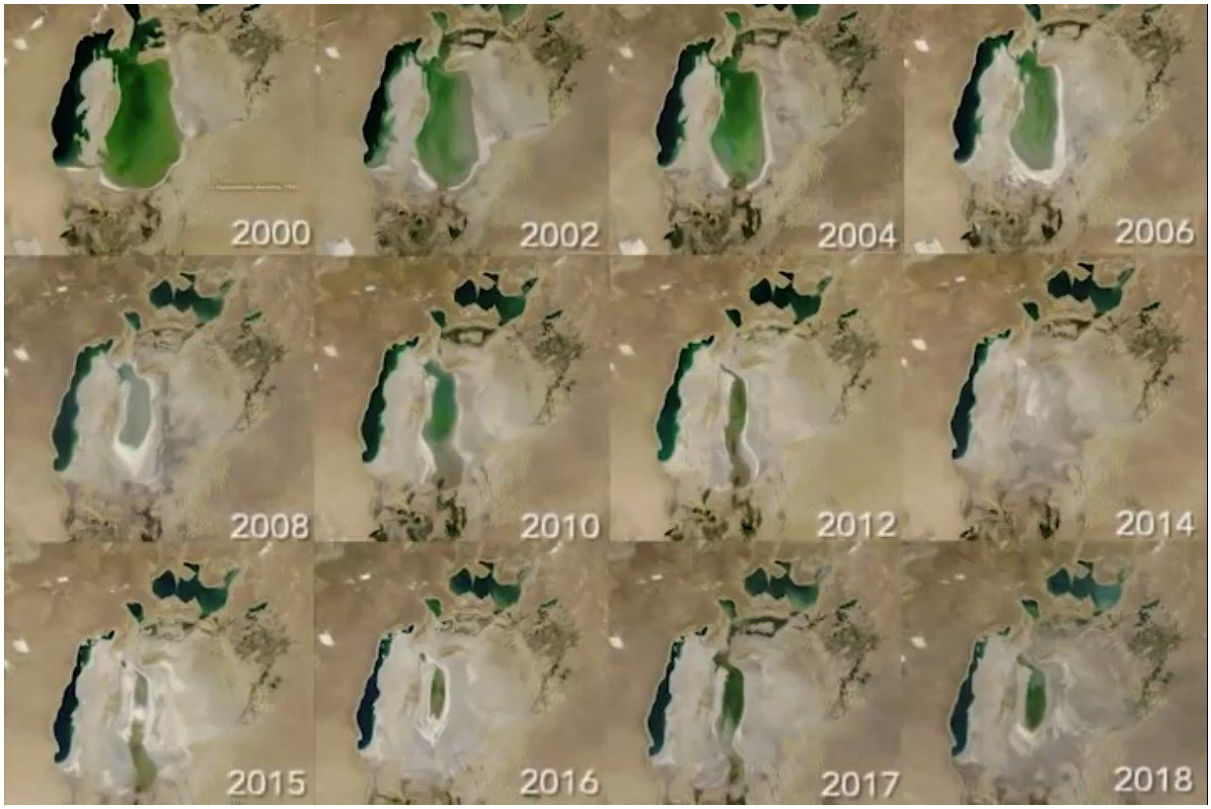


Imagen 23: Disminución de la superficie del mar de Aral, autor: NASA, fuente: www.later-cera.com/

Lago Chad

El lago Chad, uno de los más grandes del mundo, ha perdido más del 90% de su superficie en cuatro décadas (BBC Mundo, 27/02/2018). Hasta inicios de los años 70, era como un mar dentro de África, pero ahora, el lago compartido por Níger, Nigeria, Chad y Camerún, es como un collage inmenso de charcos y extensiones de tierra seca (Mary Harper, editora para África de la BBC). Un estudio publicado en la revista científica *Environmental Research Letters* en 2011, y entidades como Naciones Unidas, señalan que la pérdida es incluso superior al 90%. No hay una sola causa para la desaparición del lago Chad, sino que en este caso se unen causas

climáticas y causas producidas por el ser humano. El lago está “evaporándose” debido al manejo insostenible del agua, para el consumo humano y animal, y el cambio climático. El estudio de *Environmental Research Letters* atribuye el desastre a la tendencia del lago a dividirse en lagos más pequeños en ciertas temporadas y a la extracción de agua para irrigación, que impide que el lago vuelva a llenarse y ser uno solo.

La construcción de represas en el río Chari y en su afluente, el río Logone que alimentan el lago para proyectos hidroeléctricos, también han tenido un efecto devastador.

La UNESCO informó que presentará en la ICLC (International Conference on Learning Cities,en español, Conferéncia Internacional de Ciudades del Aprendizaje) un proyecto para preservar los oasis que quedan y evitar que se sequen. La población de la cuenca del Chad, esperan que no sea demasiado tarde.

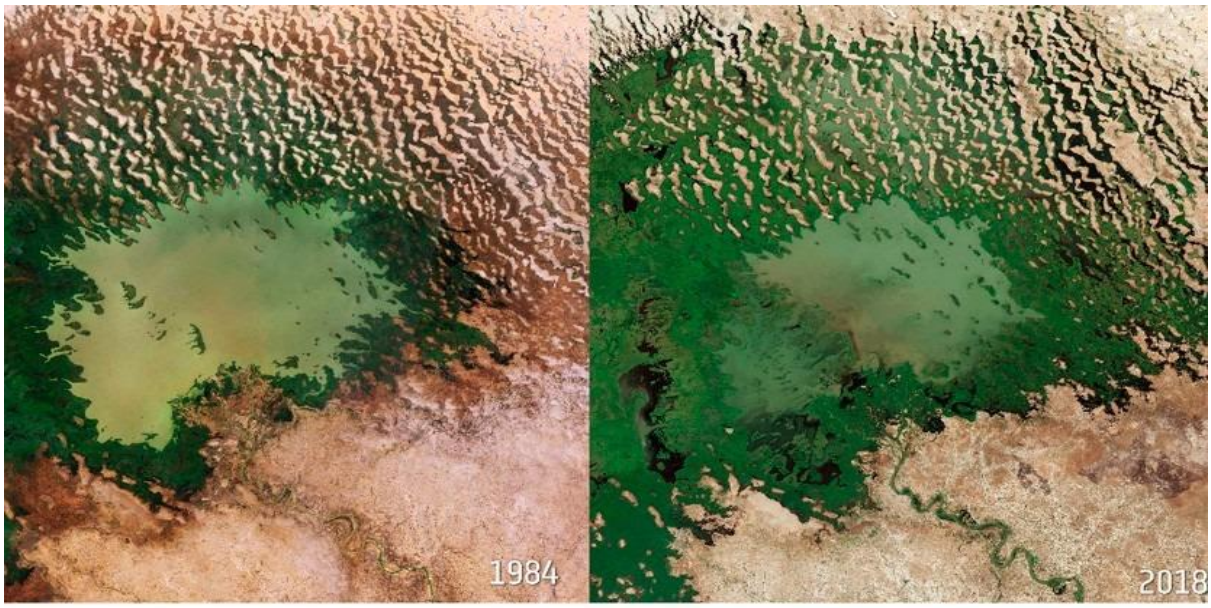


Imagen 24: Lago Chad, autor: Agencia Espacial Europea, fuente: iagua.es

Foto del 6 de noviembre de 1984, tomada por el satélite estadounidense Landsat 5

Foto del 31 de octubre de 2018, tomada por el satélite Copérnicus Sentinel-2

Drenado del Everglades

Las aguas cenagosas de los Everglades son en realidad un gran río que ocupa casi toda la anchura del sur de Florida, en EEUU, este paisaje único está en peligro.

Este río con 112km de ancho fluía lentamente desde Orlando hasta su desembocadura, a más de 400km al sur. Este cauce se ha visto alterado por la acción del hombre desde hace más de un siglo, la urbanización, la agricultura y el desarrollo económico lo han puesto en peligro. El drenaje de sus aguas hace peligrar todo el ecosistema y con ello el acceso al agua corriente de siete millones de personas en Florida y el futuro de la economía de la zona.

Para intentar restaurar el cauce original del llamado "río de Hierba", está en marcha desde hace 15 años el mayor proyecto de restauración ecológica del mundo, pero este plan corre el riesgo de fracasar por la presión de intereses económicos y la subida de los niveles del agua del mar, producto del cambio climático. Debido a que el terreno de los Everglades es especialmente poroso, el agua del mar lleva años ganándole terreno al agua dulce.

"Al ritmo actual tomará 200 años cumplir con los objetivos del plan de restauración", dice Van Lent, director de Ciencia y Política en la Everglades Foundation.

Entre otras acciones contempladas por el plan de restauración, la retirada de barreras artificiales que han obstruido el cauce natural es de gran importancia. Uno de esos diques construido por el hombre es la carretera Tamiami Trail.

Imagen 25: Carretera Tamiami Trail, autor: Everglades Foundation, fuente: bbc.com

Las plantaciones de caña de azúcar es la poderosa razón económica a la que se enfrentan para conseguir la restauración de este importantísimo ecosistema. Desde 2010, el estado de Florida

tiene derecho de compra de unos campos de caña de azúcar, al sur del lago Okeechobee, que han sido cultivados desde los años 30 por US Sugar, la mayor productora de caña de azúcar del país. La idea del plan de restauración es usar esas tierras azucareras al sur del lago como reserva de agua, donde seria limpiada y enviada al sur, a tierras que se han secado. El problema es que el valor de mercado de la tierra ha subido mucho en los últimos cinco años, y US Sugar ya no tiene interés en venderla.

Derrame de productos químicos en el río Rin

El 1 de noviembre de 1986, a causa de un incendio en un edificio de la empresa suiza Sandoz (ahora Novartis), toneladas de pesticidas fueron derramados en el río Rin, ocasionando uno de los desastres ecológicos de mayor envergadura en Europa.

Imagen 26: Incendio Sandoz, autor: Dimitris Moraitis, subida a youtube el 30 de noviembre de 2017

Un almacén con 1350 toneladas de productos químicos ardió, provocando un derrame de 30 toneladas de insecticidas, plaguicidas, colorantes y mercurio. Estas sustancias se filtraron con 15.000m^3 de agua que se utilizaron para extinguir el fuego y que finalmente fueron a parar al

Rin. El penacho tóxico, de 70km de largo, fluyó a través de Suiza, Francia, Alemania y los Países Bajos, causando una gran contaminación transfronteriza del agua, que amenazó el suministro de agua potable. Tras más de 30 años desde el incidente de Sandoz, aún queda mucho trabajo por hacer, aunque según un comunicado de la ICPR (en español CIPR, Comisión Internacional de Protección Radiológica) en 2016, "… el estado del río Rin se está desarrollando en la dirección correcta, sin embargo, en todos los estados los esfuerzos deben llevarse a cabo sin descanso, Esto también implica un monitoreo continuo de la calidad del agua y la consecuente implementación de muchas medidas aún por tomar…" Dra Anne Schulte-Wülwer-Leidig.

Y podríamos seguir enumerando otros casos de una larga lista:

-Envenenamiento con selenio de la fauna y sus tierras húmedas en el Kesterson National Wildlife Refuge (California), debido a escorrentías agrícolas en 1983. A día de hoy sigue siendo uno de los problemas de agua sin resolver más antiguos del estado.

- El derrame de petróleo de la central eléctrica de Jiyeh es un desastre ambiental causado por la liberación de fuelóleo pesado en el Mediterráneo oriental después de que los tanques de almacenamiento de la central térmica de Jiyeh (Lïbano) a 30 km al sur de Beirut, fueran bombardeados por los israelíes, el 14 de julio y el 15 de julio de 2006 durante el conflicto Israel-Líbano de 2006.

-Ignición e incendio debido a la contaminación (13 veces desde 1868 a 1969) del río Cuyahoga en Ohío (EEUU).

- El descarrilamiento en el río Cheakamus ocurrió el 5 de agosto de 2005, cuando nueve vagones de un tren de carga de la Canadian National Railway descarrilaron y se estrellaron contra el río Cheakamus en la Columbia Británica. Los coches contenían aproximadamente 40.000 litros de sosa caústica (hidróxido de sodio), que entró en el río, matando a más de 500.000 peces de 10 especies diferentes.

En todos estos desastres, el hombre ha sido el responsable, unas veces por negligencia, otras

por tecnologías obsoletas o por ambición económica, pero todos y cada uno de ellos ha supuesto una gran herida en nuestros recursos hídricos y ecosistemas, y por desgracia, la mayoría de veces con difícil o imposible solución.

CAPÍTULO 6. PERCEPCIÓN DEL PROBLEMA DE LA ESCASEZ DE AGUA, A TRAVÉS DE UNA ENCUESTA.

Después de toda la información obtenida, leída y consultada para realizar este trabajo, pensé en realizar un pequeño sondeo entre mi entorno, para conocer un poco hasta qué punto la gente es consciente de la precariedad de los recursos hídricos. Las preguntas eran sencillas y claras, para poder abarcar un amplio abanico de edades. Así pues, la encuesta la hice llegar a personas a partir de 10 años en adelante, y obtuve una participación total de 75 personas.

Las respuestas obtenidas en esta encuesta me han demostrado que la gente no tiene demasiado claro el tema, es decir, si les hablo de agua dulce obtengo una respuesta muy distinta de si la denomino agua de uso (encuesta completa en Anexo 1).

Por ejemplo, la primera pregunta era:

¿Crees que hay agua dulce suficiente para todos los seres vivos? (humanos, animales, plantas).

De las 75 personas que respondieron, un 32% dijo no, un 18,7% dijo poca, un 32% dijo hay suficiente y un 10,7% sí mucha. Así que se podría decir que un 42,7% opina que hay suficiente, por el contrario, un 50,7% opina que no hay suficiente.

En la segunda pregunta, ¿Crees que existe escasez de agua de uso? (doméstico, agrícola, industrial)

Un 76% respondieron si (hay escasez), y un 18,7% no.

Es decir, en esta pregunta la diferencia entre el sí y el no es muchísimo mayor, en cambio en la anterior la diferencia es casi mínima, tan sólo un 8%.

Las únicas diferencias entre ambas preguntas eran “agua dulce” versus “agua de uso”, “suficiente” versus “escasez”, “humanos, animales, plantas” versus “doméstico, agrícola, industrial”

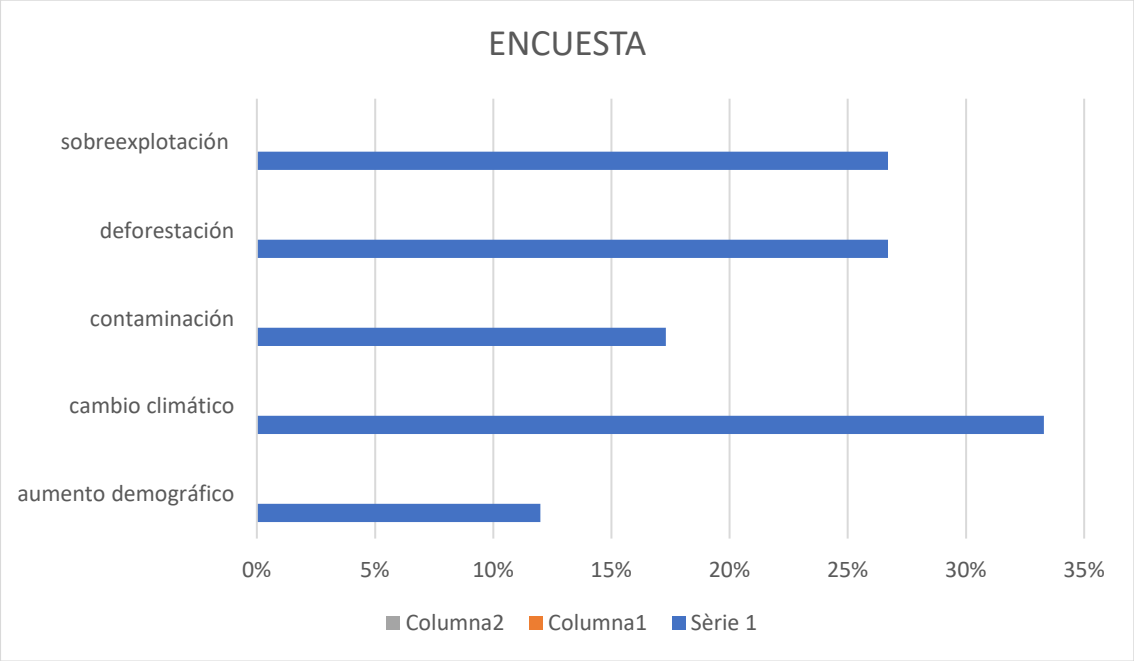
Pero las respuestas que más han llamado mi atención, han sido en la cuarta pregunta:

¿Cuál de estas razones crees que nos podría llevar a una escasez de agua?

Y las opciones eran: aumento demográfico, cambio climático, contaminación, deforestación, sobreexplotación de los recursos hídricos.

Como ya era de esperar, un 33% ha respondido que el cambio climático, seguido por la deforestación y la sobreexplotación con un 26,7%, la contaminación un 17,3%, y lo inesperado, el aumento demográfico sólo un 12%.

Tabla 2: Respuesta a la preguna 4 de la encuesta (encuesta completa en Anexo I)



Pocos piensan que éste es el gran problema por el cual existe la escasez de recursos hídricos. Como resultado del crecimiento exponencial de la población, cada vez hay más demanda de este recurso ya que son más las personas que requieren tener acceso a agua potable para cubrir sus necesidades básicas. A más población más demanda de alimentos que nos lleva a la necesidad de más cultivos y esto a mayor demanda de agua para regadío, etc. Todas las causas expuestas en la pregunta de la encuesta, tienen un factor en común, el aumento de la población, es debido a éste que se contamina más porque son necesarias más industrias y hay más residuos, que se desforestan más bosques para ganar tierras de cultivo ante la demanda de alimentos, que se sobreexplotan los recursos hídricos sin darles tiempo a recuperarse, y es la suma de todo lo que ha causado la sobrepoblación lo que nos lleva al cambio climático.

Por todas estas razones creo que no vemos el inicio del problema, solo el final.

CONCLUSIONES

Después de leer y consultar libros, artículos, etc, mi percepción sobre el futuro del agua dulce no es muy esperanzador. El objetivo de este trabajo era conocer el estado de los recursos hídricos en el mundo, y responder a la pregunta de si el agua dulce está o no en peligro. Está claro, que de agua no nos ha de faltar, siempre tendremos la misma cantidad de agua dulce, el problema se nos presenta cuando queremos referirnos a un agua dulce con la calidad necesaria para la actividad humana, y para la sostenibilidad de los ecosistemas. Nuestras acciones, nuestra intervención tanto directa como indirecta sobre el ciclo hidrológico nos está abocando al desastre.

Otra de las cuestiones que más ha llamado mi atención, es que le otorgamos al cambio climático el papel estelar, la razón principal por la cual existe la escasez de agua dulce, así lo indican los resultados de la encuesta que he realizado, pero no es correcto. El cambio climático sólo es el resultado de las malas acciones y gestiones realizadas desde la llamada “Era Industrial”. El verdadero punto de partida de esta situación no es otra que el aumento desmesurado de población.

Veámoslo de la siguiente manera:

Un crecimiento exponencial de población conlleva la necesidad de una mayor demanda de alimentos, lo cual conduce a una mayor demanda de recursos hídricos. Estos tres factores, a su vez a la necesidad de aumentar las tierras de cultivo y ganadería, y la manera más rápida de conseguirlas es mediante la quema indiscriminada de grandes masas forestales. Un triste y claro ejemplo es lo que ocurre cada vez con más asiduidad en la selva amazónica, las quemas provocadas para deforestar los terrenos, con el objetivo de convertirlo en área de pastoreo, provocó en el año 2018 que el fuego afectara 68 zonas protegidas del Amazonas, en tan solo 18 días, especialmente en Brasil. Además, existe el creciente interés de las industrias mineras, del petróleo, ganadería y agricultura, por avanzar hacia esta zona y extender sus terrenos, impulsadas por las políticas del presidente Jair Bolsonaro.

Si la población demanda más agua para regadío, construimos presas, desviamos ríos y explotamos de forma no sostenible los acuíferos, pero no nos paramos a pensar que con todo esto hacemos peligrar las reservas subterráneas de las cuales muchos países dependen.

No podemos olvidar que existen otras necesidades para las cuales creamos industrias, y éstas más preocupadas de la producción que de cuidar el medio ambiente, terminan contaminando y envenenando el agua, ya sea porque aboquen residuos sin tratar a los ríos, o porque lo hacen con temperaturas inadecuadas.

Es el coste final de recursos que necesitamos para poder mantener este aumento de población, lo que está alterando el ciclo hidrológico, abocándonos a un cambio climático de graves consecuencias, y llegando al punto crítico de no retorno.

De acuerdo a las estimaciones de diferentes fuentes, WWF y movimientos ecologistas entre otros, los límites de la capacidad de carga del planeta podrían estar entre los 10.000 y los 40.000 millones de habitantes, esta gran diferencia depende del uso y abuso que hagamos de nuestros recursos.

En la tabla 1 “Extracción por sectores, per cápita y totales”, de la página 15, se puede observar la extracción de agua dulce per cápita de un estadounidense, 1358 m^3/año, si los 7.500 millones de habitantes del planeta consumieran agua como los habitantes de Estados Unidos, el uso mundial superaría los 10.000 km^3 al año. El suministro mundial total (lagos de agua dulce y ríos) es de unos 91.000 km^3.

Con 7.500 millones de personas, es decir, aún lejos de la estimación más conservadora respecto a la capacidad de carga del planeta, los recursos ya no son suficientes. Esto solo se puede explicar por dos factores: una gran codicia y una gran desigualdad, como hemos visto en la misma tabla con los datos de Gambia y Angola. Estos datos me hacen pensar que hasta ahora se ha mantenido el equilibrio gracias a que lo que unos países consumían de más, otros apenas llegaban a lo estrictamente necesario. Pero el problema llega cuando estos países empiezan a sobreexplotar los recursos por necesidad, ante el aumento demográfico, es entonces cuando

estos recursos, ya en estado de precariedad, empiezan a faltar, ya que nadie parece dispuesto a dejar de llevar la vida de bienestar que hasta el momento ha llevado, en detrimento de que otros puedan llevar una vida más o menos precaria.

Aun cuando la humanidad hubiera alcanzado su pico poblacional y aun cuando la tecnología que se desarrollara nos permitiera sacarle, el mayor partido posible a los recursos disponibles, no hay recursos ni tecnologías capaces de satisfacer apetitos insaciables y ambiciones de crecimiento infinitas. Los seres humanos consumimos y contaminamos recursos (los acuíferos, los casquetes polares, los suelos fértiles, los bosques, la pesca y los océanos) acumulados a lo largo del tiempo geológico durante decenas de miles de años. Los países ricos consumen de forma desproporcionada con respecto a su población.

Debemos entender que nuestra crisis ambiental no constituye un problema económico sino un problema político, se ha de gestionar correctamente la demanda. Si no logramos poner un límite a nuestras satisfacciones, nos precipitaremos a una situación de escasez y pobreza de la que nos será imposible regresar.

Inicié el trabajo haciéndome una pregunta: ¿El agua dulce, es un recurso en peligro?, y mi respuesta después de tanta lectura e información es un rotundo “SI”, el agua dulce es un recurso en grave peligro.

Sí, de seguir malgastando este recurso natural.

Sí, de seguir contaminando y jugando a ser dioses con la naturaleza.

Sí, de no aprovechar la tecnología de la que disponemos para cuidar de este recurso.

Sí, de seguir pensando que aún tenemos mucha agua…y claro que la tenemos, ¿pero agua con la calidad necesaria para el consumo humano?

Tenemos que cuidar y mimar este recurso natural y renovable, indispensable para la vida, de lo contrario...quizás llegue nuestra extinción anticipada.

REFLEXIONES Y CONTINUIDAD

Estamos ante un grave problema a nivel global, y quizás sea por ello que pensamos que los verdaderos problemas de escasez no van con nosotros, es cosa de países lejanos y en vías de desarrollo, que nosotros, grandes privilegiados, abrimos el grifo y obtenemos agua. Que estas noticias de sequías y escasez no nos incumben. Podemos seguir derrochando recursos hídricos y no pasa nada. Que lejos de la verdad. Si no empezamos a cuidar estos recursos cabe la posibilidad de que un día al abrir el grifo no obtengamos nada.

Frenar el crecimiento de población es muy difícil, no así, dejar de malgastar el agua y conseguir un reparto más equitativo. Disponemos de la tecnología necesaria para hacer llegar estos recursos a cualquier lugar, solo se necesita una mejor gestión y una concienciación por parte de todos. Vivir con menos no significa dejar de vivir bien, sinó, vivir con lo que de verdad necesitamos, y de hacerlo, mucha más gente podrá hacer lo mismo y la desigualdad irá menguando.

Al hacer este trabajo me he encontrado con el problema de que apenas hay datos actuales, los datos más actualizados son del 2019, o son estimaciones. Es complicado obtener información reciente, ni siquiera en las webs oficiales. Es por esto que este trabajo, en el que he intentado recopilar la máxima información posible, no tiene final. Quizás en unos meses, o en un año, se pueda acceder a datos nuevos y se puedan añadir más capítulos, y ojalá que estos sean más esperanzadores.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

El agua, la lucha por la vida
Yves Lacoste
Biblioteca Actual Larousse, edición 2003

Agua, recurso natural limitado
Entre el desarrollo sostenible y la seguridad internacional
Ana Mª. Badia Martí (Dir) / Laura Huici Sancho (Coord)
Marcial Pons - Ediciones Jurídicas y Sociales S.A, edición 2018

Gestión de recursos hídricos
Luís Balairón Pérez
Edicions UPC, edición 2000

Ciencia ambiental
Eldon D.Enger / Bradley F.Smith
McGraw Hill Interamericana, edición 2006

El agua, recurso limitado: sequía, desertificación y otros problemas
Fundación Ecológica y Desarrollo, coord
Biblioteca Nueva: Estudios de la Política Exterior, edición 2003

El secuestro del agua: la mala gestión de los recursos hídricos
Maggie Black
Intermón Oxfam, edición 2005

Recursos de la Tierra y el medio ambiente
James R.Cray / David J.Vaughan / Brian J.Skinner
UNED: Pearson, edición 2012

Riesgos ecológicos ¿una amenaza evitable?
Loïc Chauveau
Laurousse, edición 2004

El libro del agua
Klaus Lanz / Greenpeace España
Debate, edición 1997

Agua: ecología de una crisis global
Julián Caldecott
Los libros del Lince, edición 2011

El libro del agua: lo que necesitamos saber sobre esta fuente de vida
Alick Bertholomew
Estrella: La Fertilidad de la Tierra, edición 2010

L'Aigua, un recurs universal i escàs: iniciació al tractament i utilització racional de l'aigua
Rafael Cabeza i Díaz
Beta, edición 1997

Hidrología: principios y aplicaciones
Pedro Martinez Santos (y 6 más)
McGraw Hill Interamericana de España S.L.U, edición 2018

El acceso al agua potable como derecho humano
Su dimensión internacional
Jorge González González
ECU, Editorial Club Universitario, edición 2014

El derecho humano al Agua
Situación actual y retos de futuro
Mikel Mancisidor (Dir) / Natalia Uribe (Coord edit)
Unesco Etxea, Icaria Editorial, edición 2008

Globalización del agua
Compartir los recursos de agua dulce del planeta
Arjen Y. Hoekstra / Ashok K. Chapagain
Biblioteca Fundación Agbar
Marcial Pons – Ediciones Jurícas y Sociales S.A, edición 2010

WEBS CONSULTADAS

Consultado en agosto de 2019
https://www.bbc.com/mundo/noticias-49251961
https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/l-2/2-disponibilidad.htm
https://www.iagua.es/blogs/luis-martin-martinez/donde-viene-agua
https://noticias.eltiempo.es/2018-2019-el-cuarto-ano-hidrologico-mas-seco-del-siglo-xxi/
https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_dulce
http://www.hidromed.org/hm/index.php/el-agua
https://epicentrogeografico.com/category/hidrografia/
https://www.greenfacts.org/en/index.htm
https://www.fundacionaquae.org/blogaquae/sera-escenario-hidrico-2050/
https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_dulce
https://www.ecologiahoy.com/agua-dulce
https://www.ecured.cu/Agua_dulce
https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/agua-dulce
Consultado en septiembre de 2019
https://www.iagua.es/noticias/agua-fuente-vida-2005-2015/15/08/18/recursos-hidricos-mundo-panorama-global-estado-agua
https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/el-agua-en-el-mundo-agua-y-vida/principales-datos-del-agua-en-el-mundo/
https://www.ecoportal.net/temas-especiales/reservas-de-agua-dulce/
http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/
http://www.fao.org/3/Y3918S/y3918s02.htm
https://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement
https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019
https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html
http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/indexesp.stm
http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/indexesp.stm
http://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Trabajamos-en/Frenar-el-cambio-climatico/Salva-el-Artico/
https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/contaminaci-n-por-nonilfenol-e.pdf
https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/agua-fuente-vida_2189
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/asi-afecta-el-cambio-climatico-al-agua-del-planeta_9947
https://www.bbc.com/mundo/noticias-48752881
https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-39699793
https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/razones-escasez-agua-mundo-noticia-490577-noticia/
https://www.ambientum.com/ambientum/agua/el-agua-se-acaba.asp
https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml
https://eacnur.org/blog/escasez-agua-en-el-mundo-tc_alt45664n_o_pstn_o_pst/
https://blog.oxfamintermon.org/los-problemas-derivados-de-la-escasez-de-agua/
https://www.fundacionaquae.org/?attachment_id=102688
https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/agua-y-vida/el-agua-en-el-mundo-agua-y-vida/ranking-de-paises-con-escasez-de-agua/
https://www.ecologiaverde.com/escasez-de-agua-que-es-causas-y-consecuencias-2180.html
https://www.sostenibilidad.com/agua/causas-consecuencias-contaminacion-agua/
https://historiaybiografias.com/oro_azul/
https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/guerra-agua-futuro-distopico-no-tan-lejano
https://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20170613/423359841404/agua-escasez-

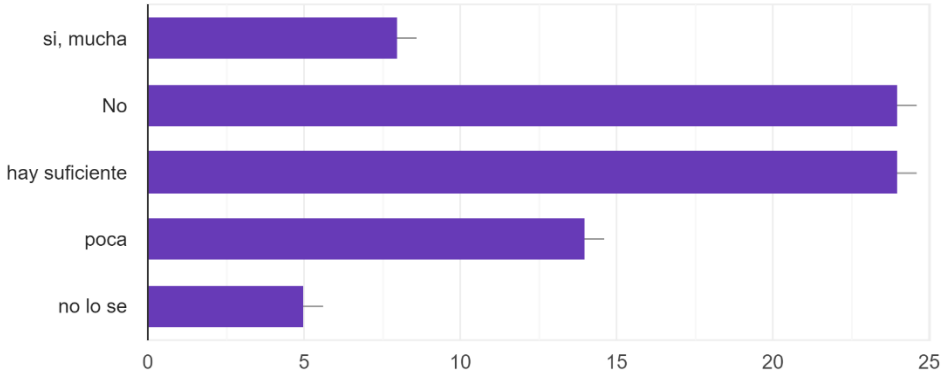
conflictos-recursos-problema-onu.html
https://www.iagua.es/blogs/maurizio-stefano/falta-agua-ya-ha-provocado-343-guerras-mundo
https://elpais.com/especiales/2017/planeta-futuro/agua-palestina-israel/
https://actualidad.rt.com/actualidad/308594-guerra-agua-convertirse-conflicto-principal-siglo
https://ingeoexpert.com/blog/2018/08/24/acuifero-aguas-subterraneas/
Consultado en noviembre de 2019
https://www.telesurtv.net/news/Conoce-los-8-conflictos-que-podria-causar-el-agua-20160321-0038.html
https://www.unicef.es/blog/conflicto-en-siria-el-agua-en-tiempos-de-guerra
https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/hidrografia/las-aguas-subterraneas/
https://es.wikipedia.org/wiki/Ecosistema_l%C3%B3tico
https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9ntico
https://www.iagua.es/blogs/laura-f-zarza/guerra-agua-futuro-distopico-no-tan-lejano
https://www.fundacionaquae.org/desastre-natural-desaparecen-los-lagos/
http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/uncertainty-and-risk/
Consultado 24/06/2021
https://www.lavanguardia.com/natural/20210616/7532890/socavon-puebla-mexico-gigante-fenomeno-geologico.html
Consultado 30/06/2021
https://agriculturers.com/agricultura-y-escasez-de-agua-es-hora-de-actuar/
http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm
https://www.fundacionaquae.org/que-industrias-consumen-mas-agua/
http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-8-water-for-industry/
https://www.nueva-iso-14001.com/2019/05/gestion-del-agua-en-la-industria/
Consultado 14/07/20121
https://www.muyinteresante.com.mx/junior/las-proximas-guerras-seran-por-el-agua/
https://population.un.org/wpp/
https://www.un.org/es/global-issues/population
Consultado 18/07/2021
https://agua.org.mx/oms-advierte-sobre-carencias-en-saneamiento-y-suministro-de-agua-prensa-latina/ma-s33-foto-1/
https://www.iagua.es/dia-mundial-agua-2019
Consultado 19/07/2021
http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html
https://www.fundacionaquae.org/consumo-de-agua-per-capita-en-el-mundo/
https://www.iagua.es/dia-mundial-agua-2019
Consultado 20/07/2021
https://www.fmnoticias881.com/noticias/id-16689_La-NASA-publica-el-desvastador-desmonte-de-Salta
https://www.elindependiente.com/desarrollo-sostenible/2019/03/09/la-amenaza-del-permafrost/
Consultado 16/08/2021
https://www.elfinanciero.com.mx/cdmx/2021/05/08/la-cdmx-se-esta-hundiendo-estudio-sugiere-que-si-y-no-hay-algo-que-pueda-detenerlo/
https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/como-frenar-hundimiento-ciudad-mexico
https://tupanoramavirtual.wordpress.com/2017/03/18/cdmx-rompe-record-de-hundimientos-en-el-mundo/
https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/hundimiento-riesgo-sobreexplotar-acuiferos
https://www.geamap.com/es/incendios#zoom=3&lat=39&lon=-4.4&layer=2&overlays=TTFFFFF

Consultado 20/09/2021
https://www.epdata.es/datos/cambio-climatico-datos-graficos/447
Consultado 16/05/2022
https://www.ide-tech.com/es/in-the-news/la-planta-de-desalinizacion-de-ide-en-ashkelon-israel-marca-un-record-mundial/
Consultado 26/05/2022
https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/

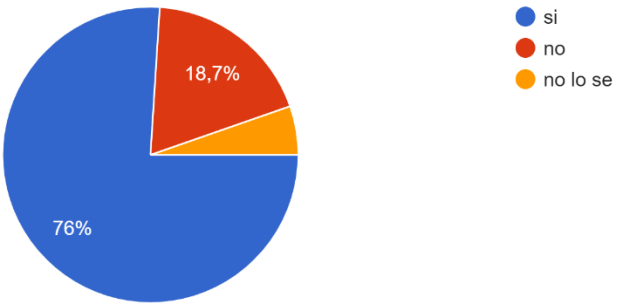
ANEXO I

Encuesta Google Form

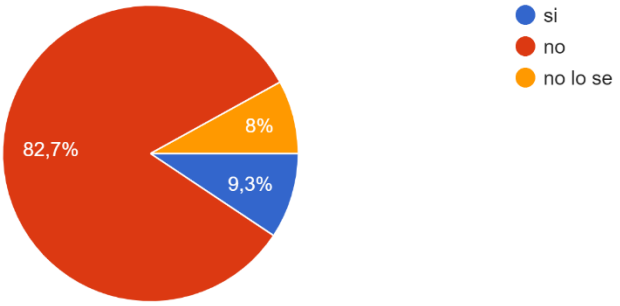
1. Crees que hay agua dulce suficiente para todos los seres vivos? (humanos, animales, plantas)
75 respuestas



2. Crees que existe escasez de agua de uso? (doméstico, agrícola, industrial)
75 respuestas

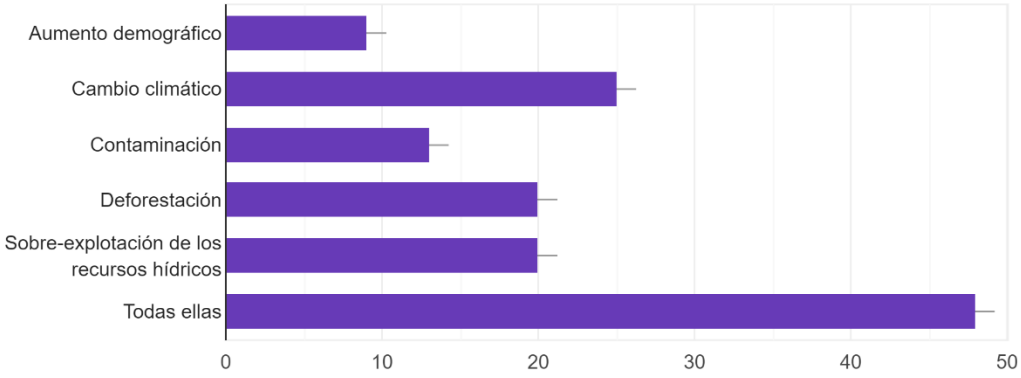


3. Crees que el agua dulce es un recurso inagotable?
75 respuestas



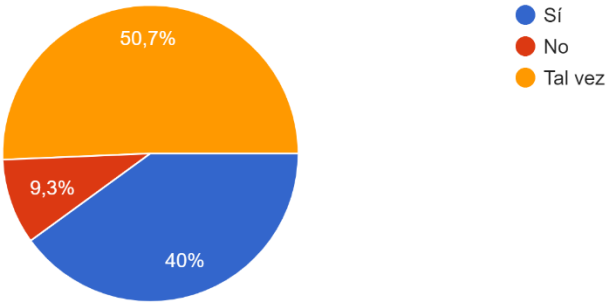
4. Cual de estas razones crees que nos podría llevar a una escasez de agua? (puedes marcar tres)

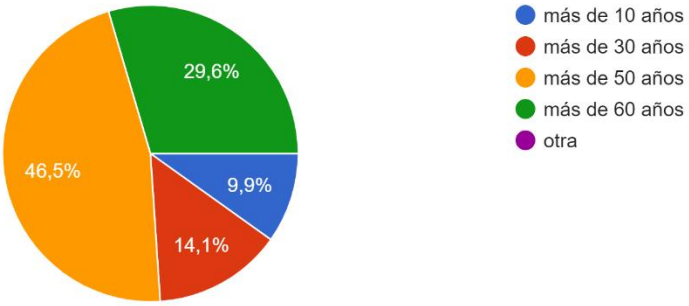
75 respuestas



5. Crees que podríamos llegar a quedarnos sin agua dulce útil? (agua potable)

75 respuestas



Puedes decirme tu edad?

71 respuestas