

ECONOMÍA CIRCULAR DEL AGUA

Juan Miguel Pinto

Presidente - ALADYR



Febrero 2021



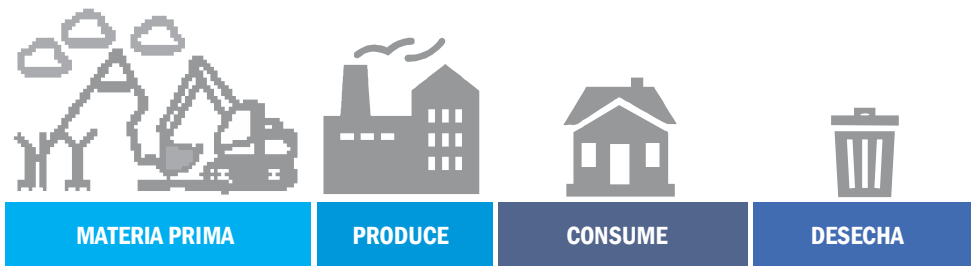
**La ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA
DE DESALACIÓN Y REÚSO DE AGUA, ALADYR,**
fundada el día 30 de Noviembre de 2010 en el
marco del II Seminario Internacional de Desalación
en la ciudad de Antofagasta, Chile, tiene como
propósito promover el uso, desarrollo e integración
de tecnologías de desalación, reúso y tratamiento de
agua y efluentes en aras de una gestión sostenible y
eficiente del AGUA que garantice el acceso continuo
a este preciado recurso.



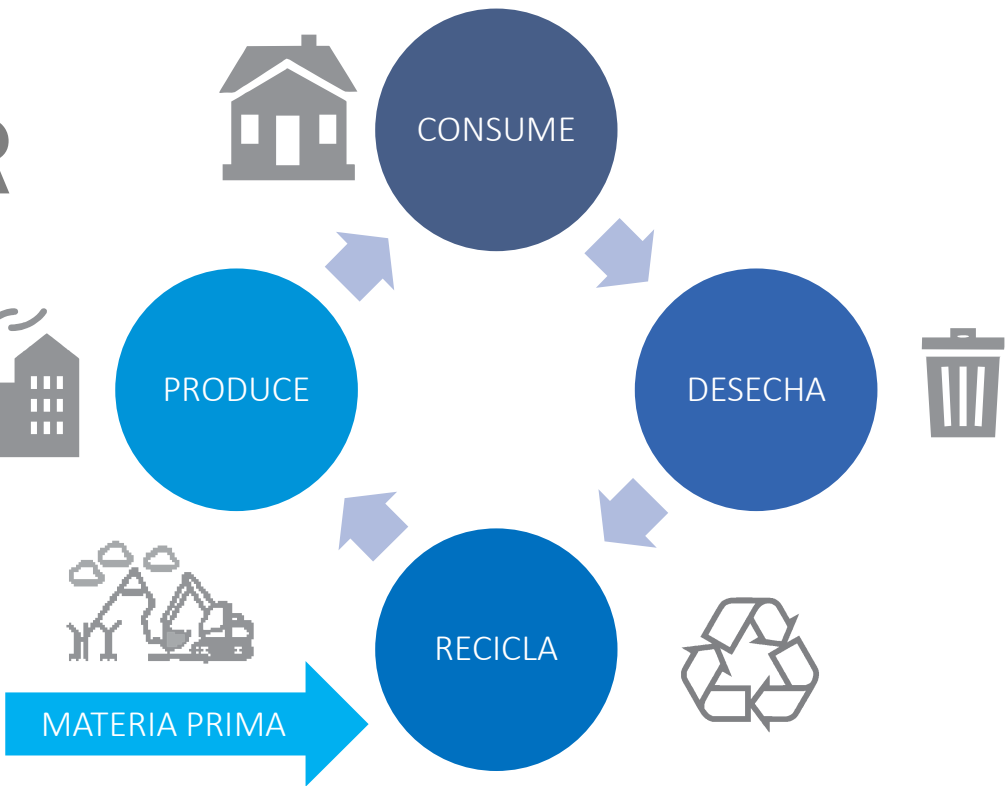
DOS GRANDES OBJETIVOS

- Promover, proteger y desarrollar tecnologías y proyectos destinados a la desalación y tratamiento de agua y efluentes para su uso o reúso en el sector industrial, urbano y agropecuario, así como para el consumo humano; bajo estándares de sustentabilidad y respeto ambiental
- Ser un punto de confluencia entre profesionales y representantes de las industrias en aras de difundir conocimientos, tecnologías y avances de beneficio para el sector

ECONOMÍA CIRCULAR



Vs



<https://youtu.be/RFjDap2pWAY>



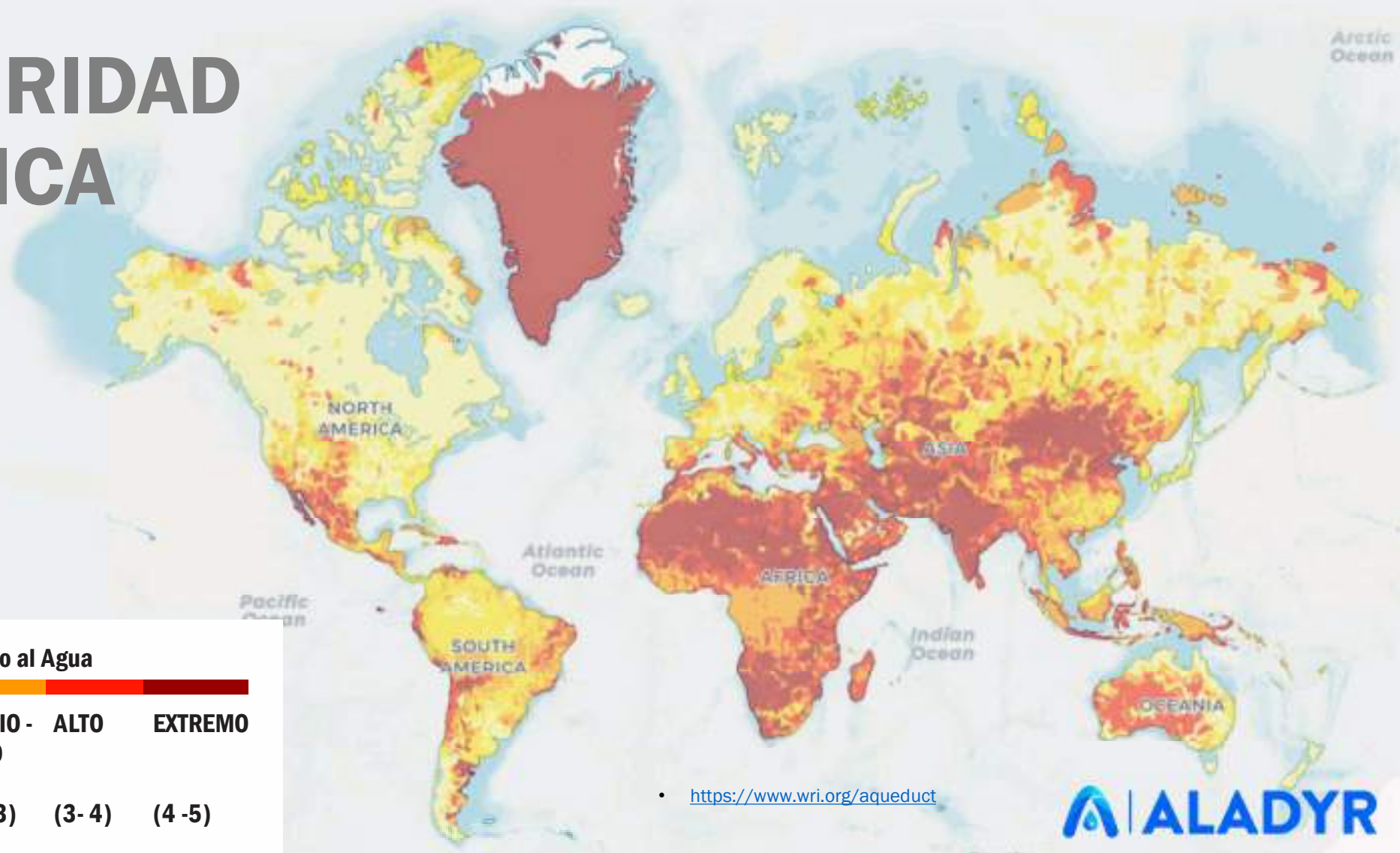
DEFINICIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR

Términos Generales

- Utiliza la mínima cantidad de recursos naturales necesarios, incluidos el agua y la energía, para satisfacer las necesidades requeridas en cada momento
- Principios:
 1. Preservar y mejorar el capital natural
 2. Optimizar el uso de los recursos
 3. Fomentar la eficacia del sistema
- No solo atiende al cierre de ciclos, sino que destaca la reducción de las dependencias, la eficiencia y la necesidad de que el modelo económico mantenga y restituya el capital natural del ambiente y minimice las afecciones a éste

¿POR QUÉ INCORPORAR ECONOMÍA CIRCULAR?

SEGURIDAD HÍDRICA



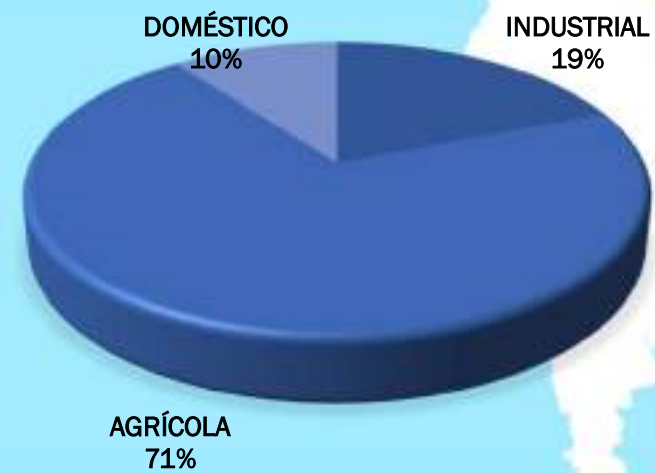
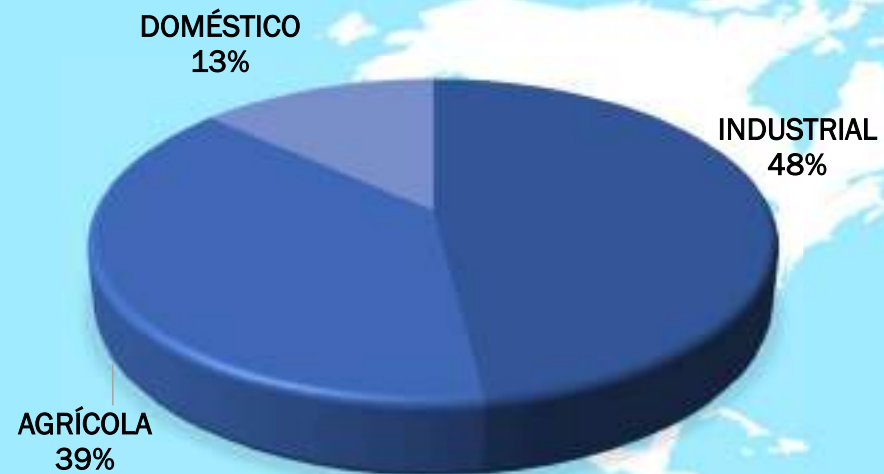
Riesgo General de Acceso al Agua

BAJO	BAJO - MEDIO	MEDIO - ALTO	ALTO	EXTREMO
(0 - 1)	(1 - 2)	(2 - 3)	(3 - 4)	(4 - 5)

• <https://www.wri.org/aqueduct>

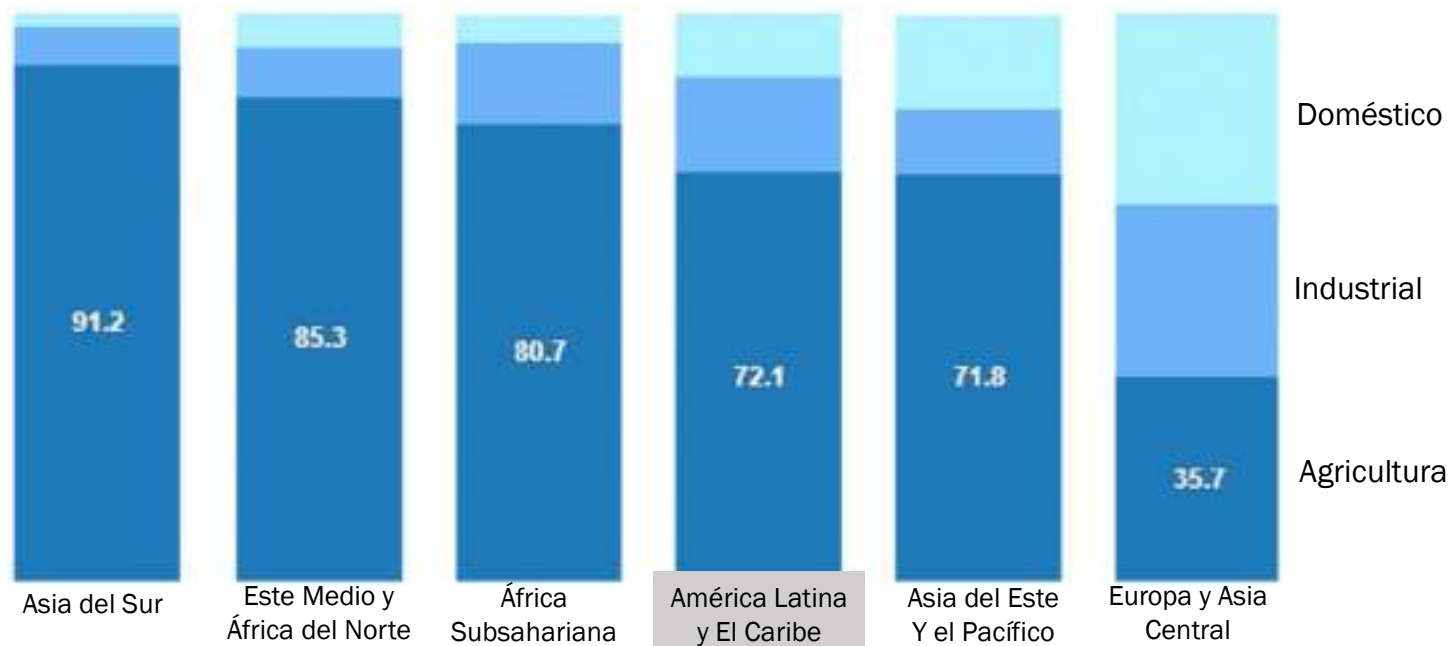


CONSUMO DE AGUA POR SECTOR - REGIÓN



USO DE AGUA DULCE EN LA AGRICULTURA

Globalmente el 70% del agua dulce se usa en la agricultura (2014)



Para el 2050 el planeta de 9 mil millones de personas requerirá un estimado de 50% de incremento de la agricultura y un 15% en la extracción de agua.

Fuente: World Development Indicators

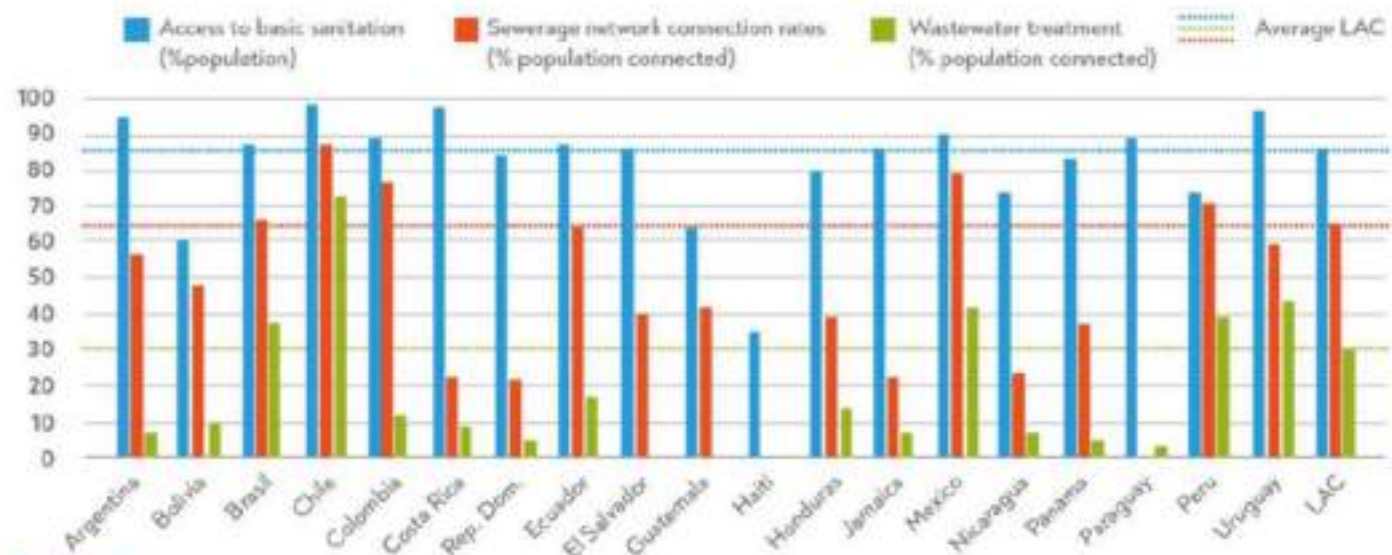


Figure 2-1 Access to sanitation services in selected countries of Latin America and the Caribbean region, 2017 (Source: WHO & UNICEF, 2019)
 Note: LAC = average in Latin America and the Caribbean. Data for Argentina is from WHO & UNICEF, 2017

DATOS IMPORTANTES

- Según el Banco Mundial para el 2050 cerca de mil millones de personas vivirán en ciudades sin suficiente agua.
- Según la OMS el humano necesita alrededor de 100 litros de agua al día, esto sin contar el agua implícita que consume a través de productos y servicios.
- Aproximadamente 37 millones de personas carecen de acceso a agua potable, y casi 110 millones no tienen acceso a saneamiento. Los países con el menor acceso al agua potable de América Latina son: Haití, República Dominicana, Nicaragua, Ecuador, **Perú** y Bolivia.
- Según Water and the circular economy in cities, Para el 2050, la población mundial alcanzará los 9.000 millones de personas, de las cuales el 55% vivirá en ciudades. La demanda de agua aumentará en un 55% en todo el mundo, aparte de la demanda de energía y alimentos. Por eso, se debe evitar el desperdicio de agua y, por el contrario, se debe reutilizar o transformar en energía y materiales secundarios, siguiendo los principios de la economía circular.

IMPACTO DE LA ESCASEZ DE AGUA EN EL PIB (Producto Interno Bruto) PARA EL 2050



ESCENARIO ACTUAL



ESCENARIO MEJORADO

<https://www.worldbank.org/en/topic/water/publication/high-and-dry-climate-change-water-and-the-economy>



MEGACIUDADES

- Las ciudades consumen casi dos tercios de la energía mundial (AIE, 2016), y en los próximos decenios se necesitará un 70% más de alimentos para alimentar a una población cada vez más numerosa y rica (FAO, 2009)
- Para 2050, 4.000 millones de personas vivirán en zonas con estrés hídrico (OCDE, 2012). Recientemente, Ciudad del Cabo (Sudáfrica) estuvo cerca del "Día Cero", en riesgo de quedarse sin agua debido a la persistente sequía y a factores externos como el cambio climático y el rápido crecimiento poblacional
- En 2016, Río de Janeiro y São Paulo (Brasil) sufrieron la peor sequía en 84 años (OCDE, 2015).
- Según la Autoridad del Gran Londres (Reino Unido), es probable que la ciudad enfrente una escasez de agua alarmante para 2040 (Water UK, 2016)

AGUA VIRTUAL



Comida (grano)

1.300 kg

La producción de toda la comida para el ganado requiere 3.060.000 Litros de agua.



Para tomar

24.000 Lts

Que el animal bebe durante los 3 años de vida.



Comida (pasto)

7.200 kg

La producción de toda la comida para el ganado requiere 3.060.000 Litros de agua.



Tiempo de vida

3 años

Que se necesitan para que el animal alcance el peso necesario para producir 200 kilos de carne.



Matadero

7.000 Lts

Para servicios de la granja y para procesos de matanza.



HUELLA HÍDRICA – AGUA VIRTUAL



<https://thewaterweeat.com/>

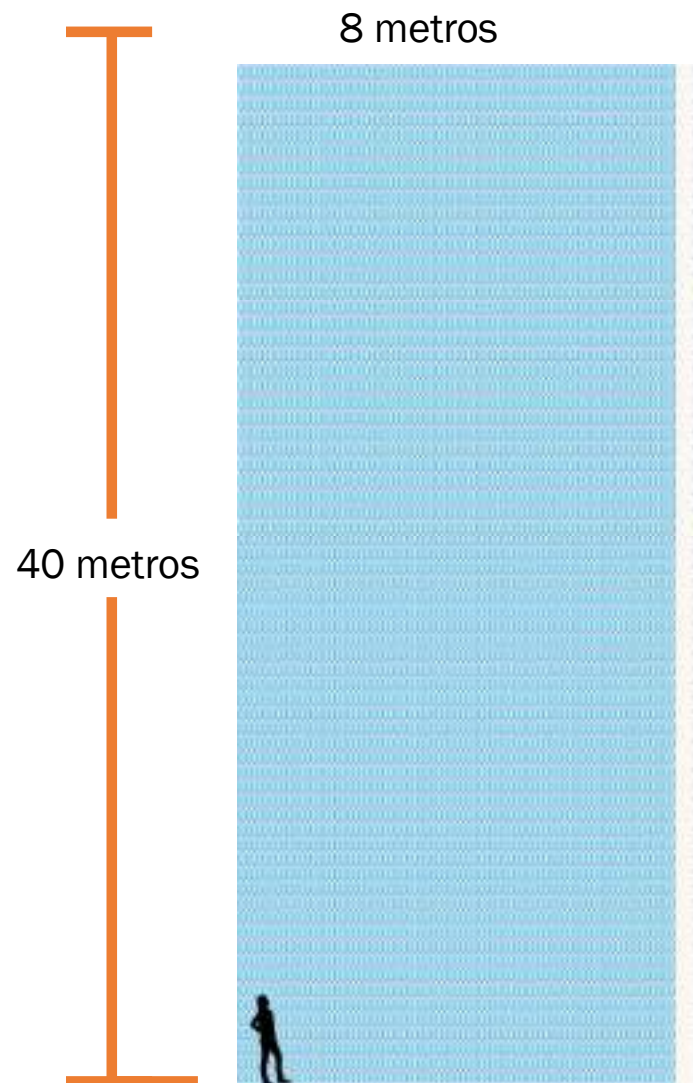
15.400
litros de agua se
necesitan para
producir
01 Kg de Carne



AGUA VIRTUAL



01 Kilo
de Carne



CANTIDAD DE AGUA POR RACIÓN

1 RACIÓN = 3.050 LT



4 RACIONES



=



12 PISOS
DE AGUA

 ALADYR

• ALADYR tomó como referencia el Promedio Global de Huella Hídrica de Water Footprint Network
•• Datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM

EL AGUA QUE NO SE VE UN LOMO SALTADO

necesita más de:

3.050

litros de agua.

45
SOLES



AGUA VIRTUAL



Si pusieramos en botellas
el agua necesaria para
construir una casa, tendríamos
una montaña de hasta
8 x 80 mts



**6x piscinas olímpicas
(y un poco más)**

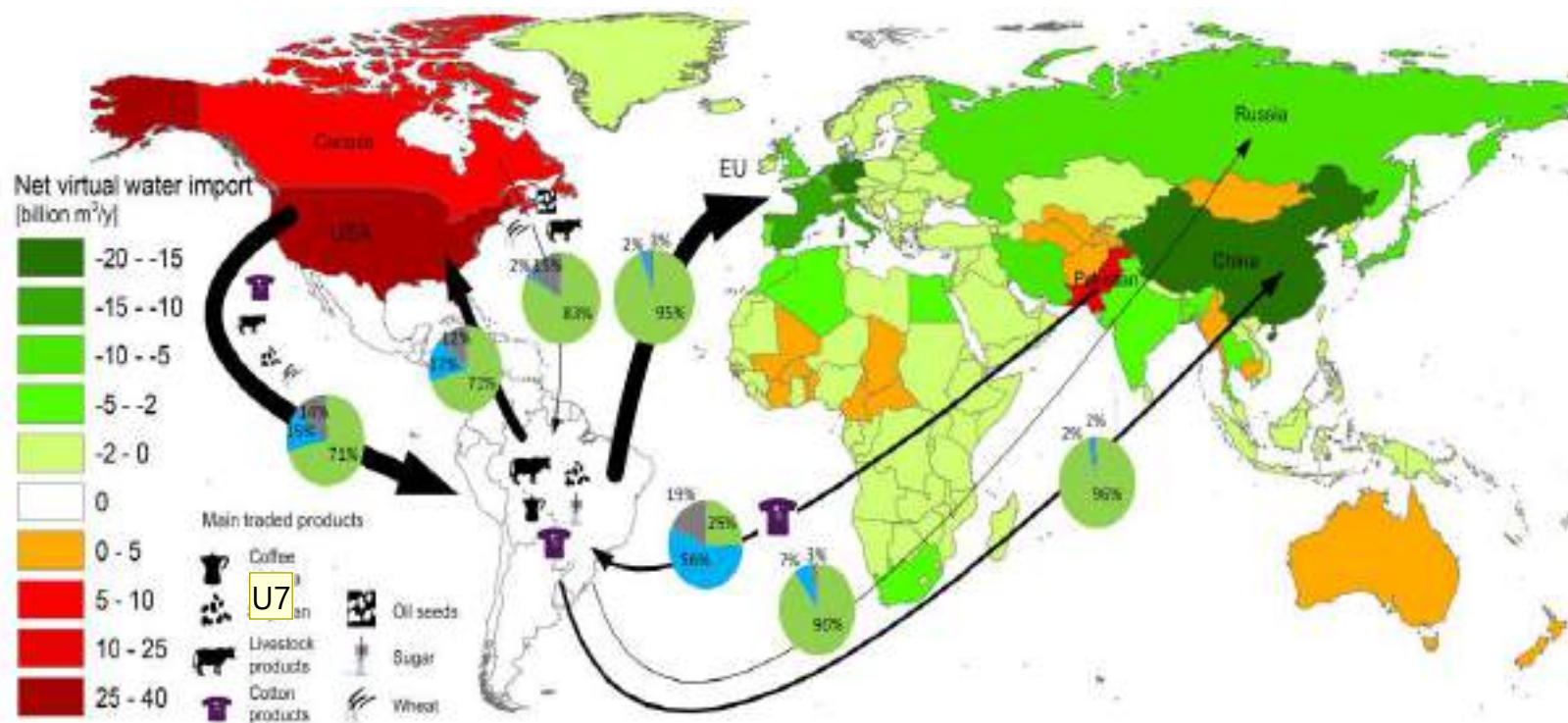
**16.6
Millones de litros**

Una piscina olímpica tiene
2.500.000 Litros de agua



Water footprint
Metro vancouver

IMPORTACIÓN NETA DE AGUA VIRTUAL



Diapositiva 19

U7 Principales productos comerciados

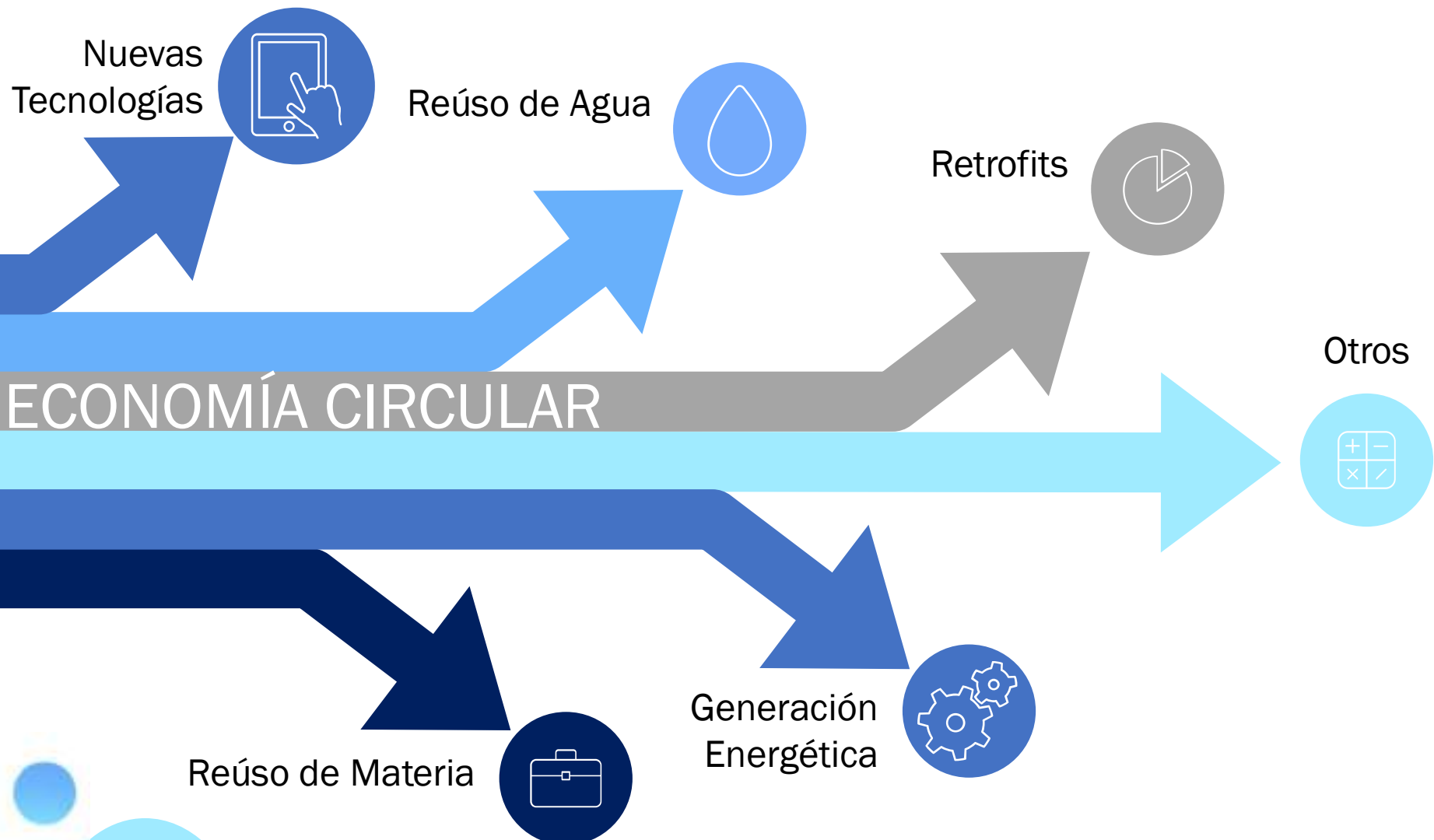
User; 24/03/2020



HUELLA HÍDRICA

PRODUCE MÁS USANDO MENOS





ECONOMÍA CIRCULAR

Nuevas Tecnologías



Reúso de Agua



Retrofits



Otros



Reúso de Materia



Generación Energética



**80% DE LAS AGUAS
RESIDUALES SON
VERTIDAS SIN
TRATAMIENTO**

Worldwide



REÚSO DE AGUA



REÚSO DE AGUA POTABLE

Reúso potable indirecto



Reúso potable directo



Directo



REÚSO DE AGUA EN LA AGRICULTURA

Usos de aguas recicladas permitidos en California

Este resumen esta preparado por Water Reuse Association de California desde el 2 de diciembre del año 2000, lista 22 criterios adoptados para el reciclaje del agua y supersede todas las versiones anteriores

Nivel del tratamiento

Uso de agua reciclada

Agua reciclada desinfectada con tratamiento terciario

Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 2.2

Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 23

Agua reciclada sin desinfección secundaria

Otros usos:

Recarga de acuíferos

Bajo permiso especial caso a caso de la Regional Water Quality Control Boards

Uso de agua reciclada	Agua reciclada desinfectada con tratamiento terciario	Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 2.2	Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 23	Agua reciclada sin desinfección secundaria
Inodoros y urinarios	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido
Cebado de trampas de drenaje				
Procesos hídricos industrial con posible contacto con trabajadores				
Combate contra incendios estructurales				
Fuentes decorativas				
Lavanderías comerciales				
Consolidación de material de relleno para recubrir tuberías de agua potable				
Nieve artificial para uso comercial en exteriores				
Lavado comercial para autos – sin calentar el agua – excluyendo al público general del contacto				
Procesos hídricos industriales sin contacto con los trabajadores		Permitido	Permitido	
Alimentación de calderas industriales				
Alimentación de calderas				
Combate de incendios no estructurales				
Consolidación de material de relleno para recubrir tuberías de agua no potable				
Compactamiento de suelos				
Mezclado de concreto				
Control de polvo en calle y avenidas				
Limpieza de carreteras, aceras y áreas de trabajo en exteriores				
Alcantarillado sanitario				Permitido

REÚSO DE AGUA EN LA AGRICULTURA



Usos de aguas recicladas permitidos en California

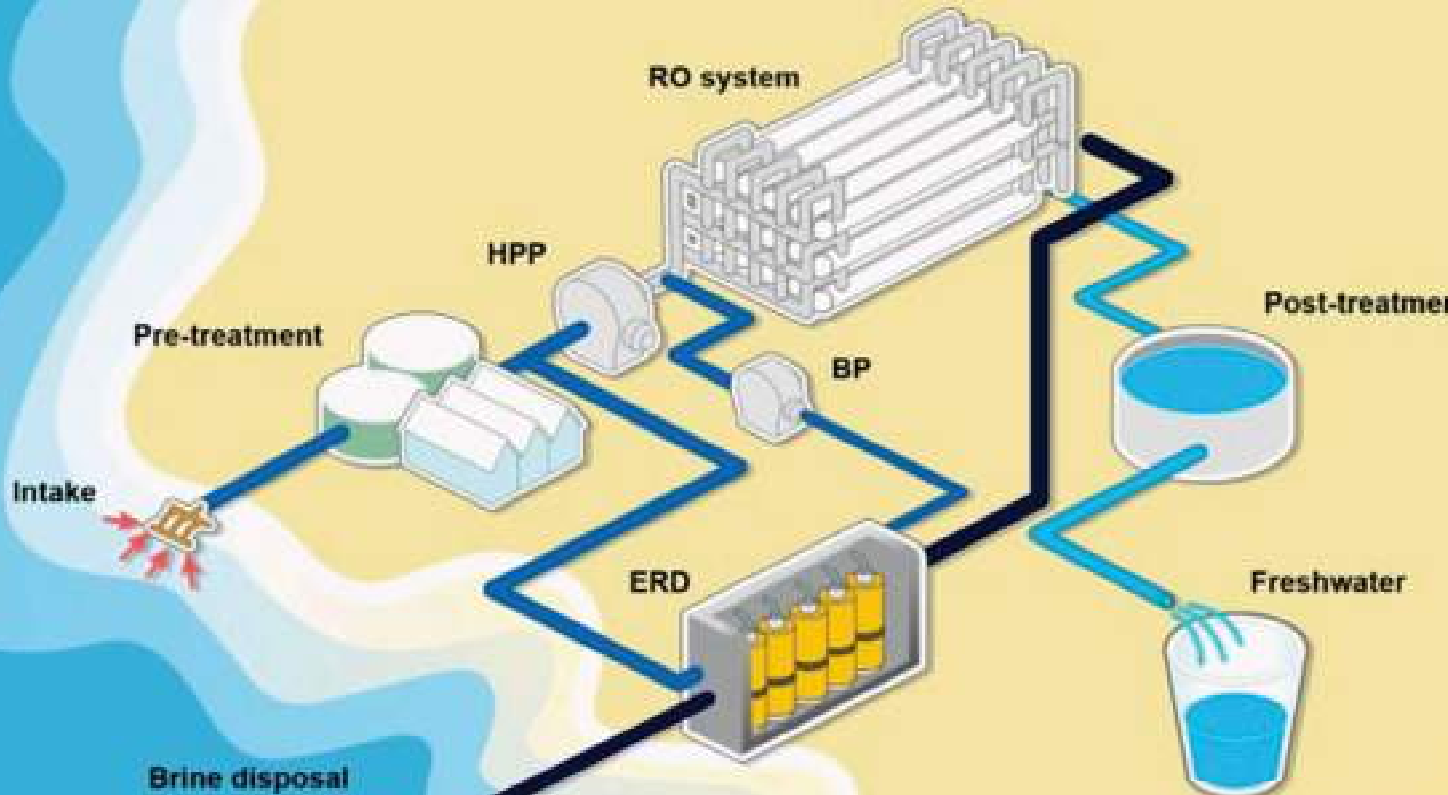
Este resumen esta preparado por Water Reuse Association de California desde el 2 de diciembre del año 2000, lista 22 criterios adoptados para el reciclaje del agua y supersede todas las versiones anteriores

Uso de agua reciclada	Nivel del tratamiento			
	Agua reciclada desinfectada con tratamiento terciario	Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 2.2	Agua reciclada desinfectada con tratamiento secundario 23	Agua reciclada sin desinfección secundaria
Riego para:				
Cultivos alimenticios en los que el agua reciclada tiene contacto con la Proción comestible, incluyendo todos los tubérculos	Permitido	No permitido	No permitido	No permitido
Parques y campos de juego		Permitido	Permitido	No permitido
Patios escolares				
Campos de golf sin restricción de acceso				
Cualquier otro riego no específicamente prohibido por otras disposiciones del Código de Regulaciones de California				
Cultivo de alimentos de riego superficial, en que la parte comestible está sobre la superficie , sin contacto con el agua reciclada				
Cementerios		Permitido	Permitido	No permitido
Jardinería a lo largo de la autopistas				
Campos de golf con acceso restringido				
Viveros ornamentales y granjas de césped sin restricción de acceso al público				
Pasto para animales productores de leche para consumo humano				
Vegetación no comestible con control de acceso para prevenir uso como parque, campos de juegos y patios escolares				
Huertos sin contacto entre la parte comestible y el agua reciclada		Permitido	Permitido	Permitido
Viñedos sin contacto entre la parte comestible y el agua reciclada				
Árboles no portadores de alimentos, incluyendo árboles de navidad regados 14 días antes de la cosecha				
Cultivos de forraje y fibrosos para pastoreo de animales no productores de leche para consumo humano				
Cultivo de semillas no aptas para consumo humano				
Cultivos alimentarios que se someten a un proceso comercial de destrucción de patógenos antes de su consumo por los humanos				
Viveros ornamentales y granjas de césped no regadas en menos de 14 días				

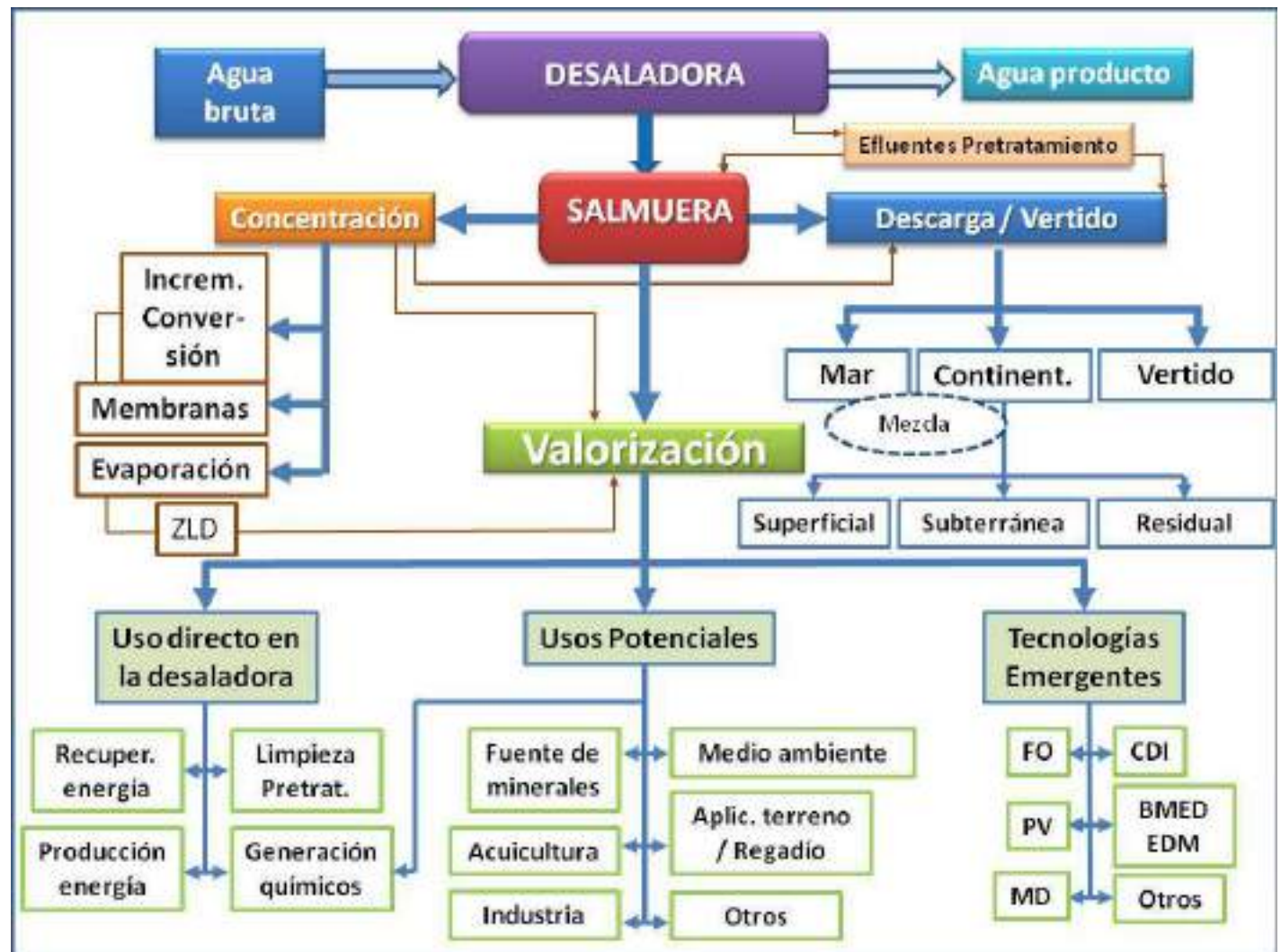
DESALINIZACIÓN



CÓMO SEGUIR USANDO EL CONCENTRADO?



ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN Y VALORIZACIÓN DE SALMUERAS



VALORIZACIÓN DE SALMUERAS

El destino más conveniente para las salmueras desde cualquier punto de vista (ambiental, económico o técnico) es su **VALORIZACIÓN**, es decir, la utilización de las salmueras para su valoración económica y generadora de beneficios (comercialización) sea directa o indirectamente

La valorización de las salmueras puede realizarse de diferentes maneras y podríamos establecer tres posibles usos o aplicaciones diferentes:

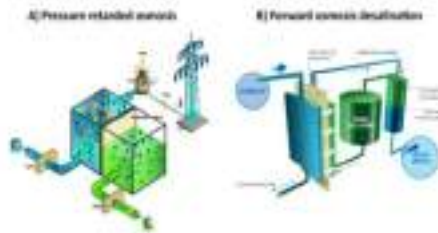
- Valorización de la salmuera en las propias desaladoras
- Usos potenciales de las salmueras
- Uso de tecnologías emergentes



VALORIZACIÓN DE LAS SALMUERAS EN LAS PROPIAS DESALADORAS

Opciones:

- Recuperación de la energía residual de la salmuera (recuperadores de energía)
- Usos de limpieza en pretratamientos (filtros o sistemas de membranas)
- Producción de energía (FO o RED)
- Producción de productos químicos in-situ (electrocloración, producción de NaOH y HCl, etc.)



VALORIZACIÓN DE SALMUERAS

USOS POTENCIALES DE LAS SALMUERAS

Los principales **usos potenciales** de las salmueras que podrían dar lugar a una comercialización de productos o subproductos son los siguientes:

- Obtención de sales y productos químicos con valor económico
- Acuicultura
- Aplicaciones medioambientales
- Aplicación al terreno / regadío
- Industria
- Otros (control de heladas, hidroterapia, etc.)



TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Entendemos por **TECNOLOGÍAS EMERGENTES** aquellas que están todavía en fase de investigación o no han conseguido pasar de las fases de pilotaje o desarrollo de prototipos.

En el campo de la desalación, las más conocidas son:

- Forward Osmosis (en sus distintas variantes: FO, PRO, etc.)
- Pervaporación (PV)
- Destilación de membrana (MD)
- Desionización capacitiva (CDI)
- Grafeno nanoporoso
- Membranas biomiméticas
- Acuaporinas
- Células de combustible microbianas
- Bioelectrogénesis
- Electrodialisis metátesis y electrodialisis con membranas bipolares
- Otras



MEGACIUDADES



MEGACIUDADES

- Tendencias en las ciudades
 - Más población
 - Más demanda de recursos naturales
 - Cambio climático y más
- Regulaciones e incentivos gubernamentales
- Estrategia para la implementación
 - Ámsterdam, el "Building blocks for the new strategy Amsterdam Circular 2020-2025" (2019) identifica la necesidad de cerrar los ciclos locales de nutrientes de la biomasa y los flujos de agua. El reúso del agua permite la recuperación de nutrientes (fosfatos en aguas residuales) y reduce el uso de fertilizantes sintéticos en la ciudad y sus alrededores. La ciudad intenta concientizar a los estudiantes y ciudadanos sobre los beneficios del reúso del agua.





MEGACIUDADES

- Como parte del "Plan de Economía Circular de París 2017-2020", la ciudad de París, Francia, incorpora el enfoque *"de la cuna a la cuna"* para flujos de materiales específicos: agua, alimentos, fósforo, residuos, electricidad y calefacción. Las aplicaciones de la economía circular del Plan relacionadas con el agua se emplean en los flujos de materiales de energía y de gestión de residuos. Consisten en lo siguiente:
 - Proveer calefacción a edificios públicos a partir de la recuperación de calor de las aguas residuales a 16 instituciones públicas
 - Explorar formas más sostenibles de enfriar los edificios de la ciudad. Por ahora, el sistema de calefacción conectado a la red de agua no potable de París extrae energía del agua para enfriar el edificio de la municipalidad
 - Racionalizar el uso del agua (medidores en áreas verdes) y monitorear remotamente los bebederos públicos para prevenir fugas y optimizar el consumo

LÍNEAS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR DEL AGUA EN SERVICIOS PÚBLICOS



U21 Caminos del agua en los servicios públicos de una economía circular
User; 24/03/2020



RETOS

- Retos institucionales
- Retos económicos
 - EL precio del agua no es valorado correctamente
 - Políticos promoviendo nuevas infraestructuras
- Política pública
 - Política muy restrictiva
 - No hay control correcto de las descargas
 - No hay incentivo para la industria privada
- Percepción social



CASOS EN LA DIRECCIÓN CORRECTA

- El municipio de Guayaquil, Ecuador, ha promovido la creación de un Fondo de Agua para limpiar y preservar la cuenca del Río Daule (Santos, 2018). El plan de acción incluye el monitoreo y control de la calidad del agua, el tratamiento de las aguas residuales, el control de la erosión y sedimentación, y la reforestación, entre otras acciones - Fuente: Santos 2018
- Un plan de gestión de cuencas elaborado para el Río Bogotá en Colombia se centró no sólo en las aguas residuales y el saneamiento, sino en la calidad general del agua del río, los riesgos de inundación y el suministro de agua para usos potables y no potables. Fuente: Banco Mundial, 2019b - Wastewater: From Waste to Resource (Agua Residual: De la basura al recurso)
- AYSA, la empresa de agua y saneamiento de Buenos Aires, había planificado la ampliación de sus plantas de tratamiento de aguas residuales para aumentar su capacidad. Los costos de expansión fueron de alrededor de 150 millones de dólares. Sin embargo, el uso de técnicas de auditoría de procesos permitió a la empresa de servicios públicos aprovechar al máximo sus instalaciones, con lo que cancelaron los planes de expansión para cinco años y ahorraron cerca de 150 millones de dólares en gastos de capital - Fuente: Banco Mundial 2019a - Wastewater: From Waste to Resource

ENERGÍA

Ingresos:

- Venta de biogás o electricidad
- Venta de Créditos de Carbono
- Ingresos por la recolección de materia orgánica (en co-digestión)

Ahorros:

- Uso de la electricidad generada por la propia planta
- Mejora de la eficiencia energética



AGUA

Ingresos:

- Venta de aguas residuales tratadas, especialmente en zonas con escasez de agua

Ahorros:

- Cargo por emisión de gases/impuestos

BIOSÓLIDOS y NUTRIENTES

Ingresos

- Venta de fósforo como fertilizante
- Venta de biosólidos como abono

Ahorros:

Si los biosólidos se entregan gratuitamente (para la agricultura, para restaurar suelos degradados, etc.) la empresa de servicios públicos se ahorra los gastos de transporte y las tasas de vertido.

Figura 2.2 Posibles fuentes de ingresos y ahorros derivados de la ejecución de proyectos de recuperación de recursos en las plantas de tratamiento de aguas residuales (Fuente: Rodríguez et al.,2020)

EL CAMINO DEL AGUA

- | | | | |
|---|--|---|-----------------------------------|
| 1 | - Inversiones Aguas Arriba | 6 | - Agua de Reúso para la industria |
| 2 | - Cosecha de agua de lluvia | 7 | - Reúso potable directo |
| 3 | - Reúso de agua gris para fines no potables | 8 | - Fugas/ pérdida de agua |
| 4 | - Agua gris para agricultura y acuicultura | 9 | - Reducción en el consumo de agua |
| 5 | - Agua de reúso para agricultura y Acuicultura | x | - Tratamiento en el sitio |

- | | |
|---|--------------------|
|  | - Agua Potable |
|  | - Agua no Potable |
|  | - Aguas Residuales |
|  | - Agua recuperada |
|  | - Aguas Grises |
|  | - Agua de lluvia |



ARGENTINA – MENDOZA

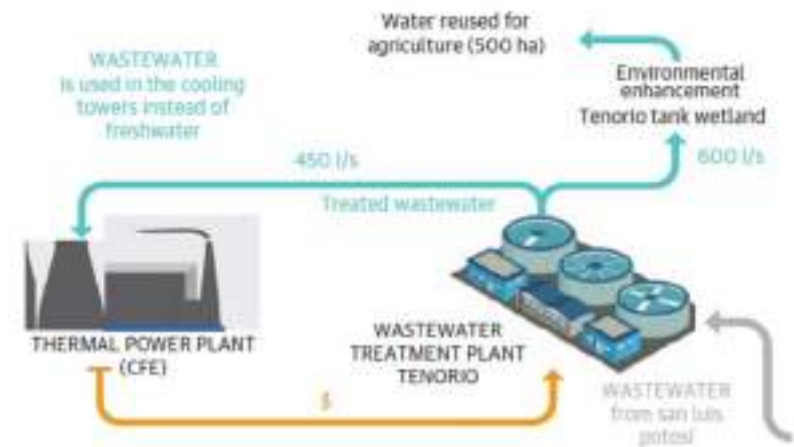
- La provincia de Mendoza es famosa por sus vinos
- Áreas de Cultivo Restringidos Especiales (ACREs)
- El reglamento reza que el agua de reúso no debe usarse para ser ingerida por humanos ni animales
- Operador del servicio de saneamiento: debe salvaguardar que los parámetros del efluente tratado se encuentren dentro de los valores permitidos, según Normativa Vigente, Art. 11.1 de la Resolución N° 400/03.
- La zona suma más de 30 Plantas de Tratamiento de Efluentes Cloacales (PTEC) para reúso agrícola. Ejemplo: PTEC San Martín y Acre trata un volumen de 15892 m³ al día para regar hasta 1059 hectáreas de viñedos y árboles frutales



MÉXICO – SAN LUIS DE POTOSÍ

- Capacidad: 91,000 m³/día
- Reúso de agua para agricultura: 600 l/s (500 hectáreas)
- Reúso de agua para la industria: 450 l/s

FIGURE 1. Project Tenorio, San Luis Potosí



Source: Treatment plant image is by Tracey Saxby, Integration and Application Network, University of Maryland Center for Environmental Science (an.umces.edu/image-library/).

Note: CFE = Comisión Federal de Electricidad (Federal Electricity Commission).

PERÚ – SEDAPAR ENLOZADA

- Capacidad: 1.8 m³/sec (95% de la demandada de la ciudad) hasta 2.4 m³/sec
- Reúso de agua para la Minería: 1 m³/sec
- Reúso indirecto para agricultura: 0.8 m³/sec
- Planta de efluentes operada por un consorcio privado
- Mejor solución que desalar debido a la ubicación de la mina – 100 km y 2600 m de altura



Panoramic view of the Enlozada wastewater treatment plant.
Source: Photo by Daniel Nolasco, 2016.

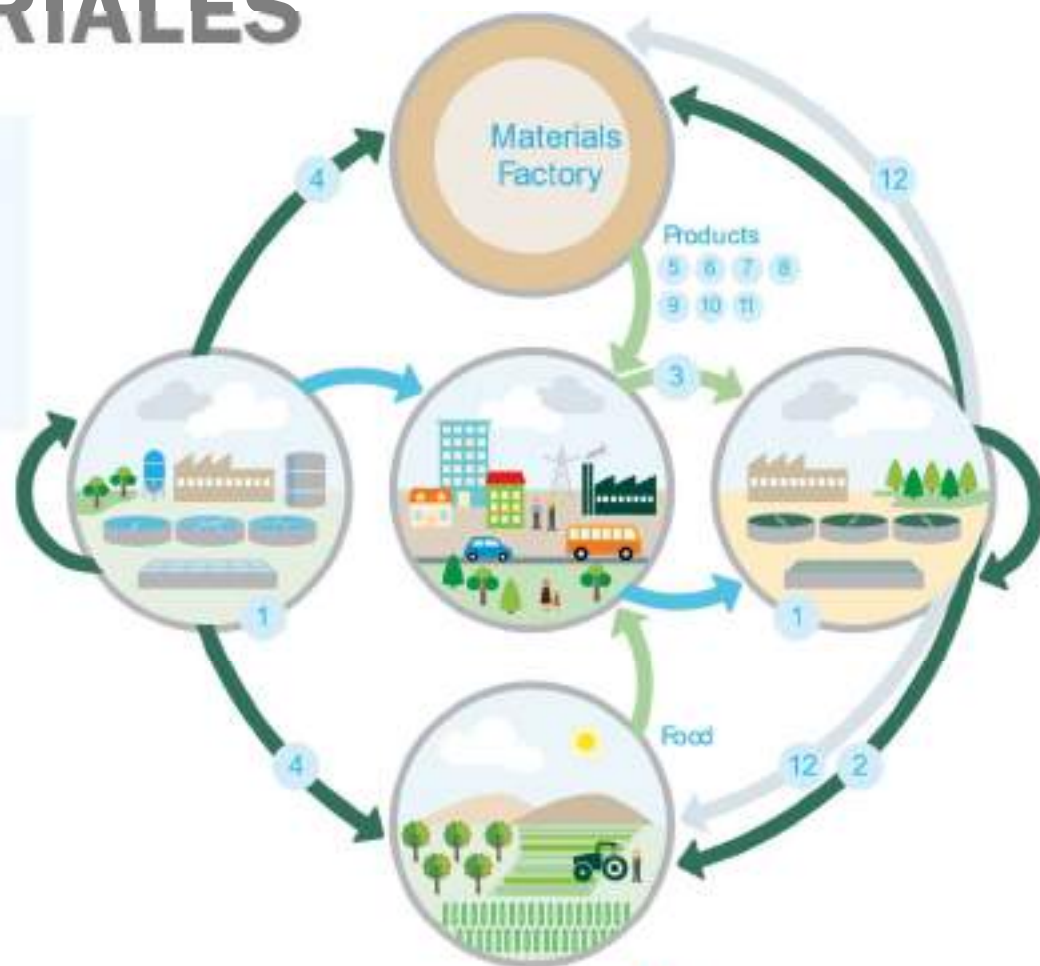
CAMINO DE LOS MATERIALES

- 1 - Eficiencia de recursos
- 2 - Lodos y productos de aguas residuales para la agricultura
- 3 - Residuos orgánicos añadidos al lodo de aguas residuales
- 4 - Lodos de agua potable a la agricultura o la industria
- 12 - Reúso de gases efluentes

- - Materiales recuperados
- - Materia Orgánica
- - Agua
- - Gas

Productos

- | | |
|----------------------------------|--------------------------------|
| 5 - Bioplásticos | 9 - Proteínas y alimentos |
| 6 - Fertilizantes (no agrícolas) | 10 - Materiales y minerales |
| 7 - Papel y celulosa | 11 - Productos de salud humana |
| 8 - Materiales de construcción | |



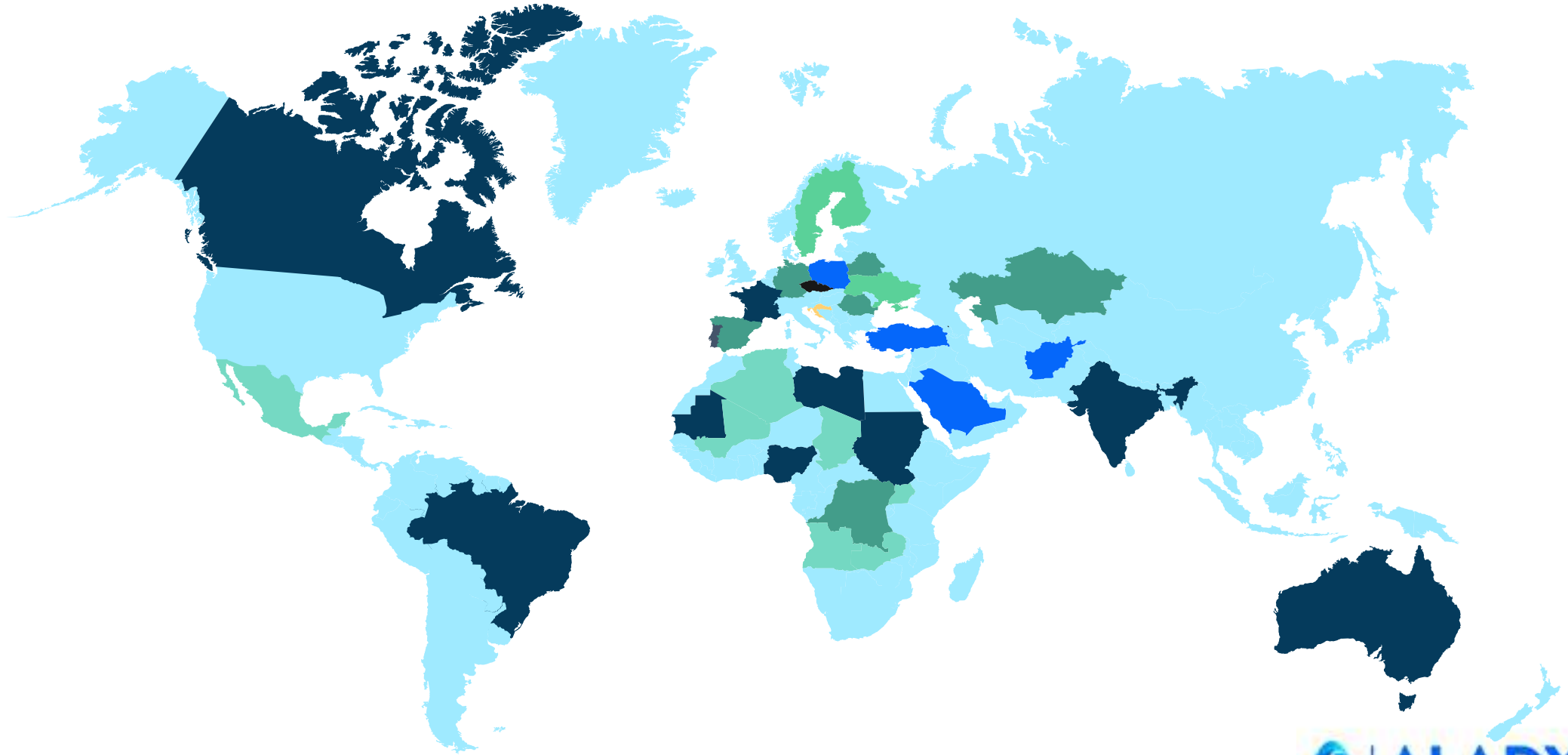
FLUJO DE COMERCIO DE FERTILIZANTE



FLUJO DE COMERCIO DE FERTILIZANTE



MAPA SIN COMERCIO DE FERTILIZANTE



CAMINO DE LA ENERGÍA

- 1 - Ahorro de energía en plantas de tratamiento y sistemas de distribución.
- 2 - Reducción y recuperación de energía en el hogar.
- 3 - Electricidad producida a partir de sistemas de distribución.
- 4 - Calor producido a partir de sistemas de distribución.
- 5 - Biosólidos de aguas residuales para la producción de energía. (gas, electricidad y calor)
- 6 - Renewable energy

- Energía Orgánica
- Calor
- Energía Topográfica
- Otras energías renovables
- Agua
- Materiales recuperados



CHILE – BIOFACTORÍA LA FARFANA

¿Qué es una Biofactoría?

- 0 residuos
- 0 emisión de Co2
- 0 impacto ambiental
- La economía circular llevada al límite

La Farfana

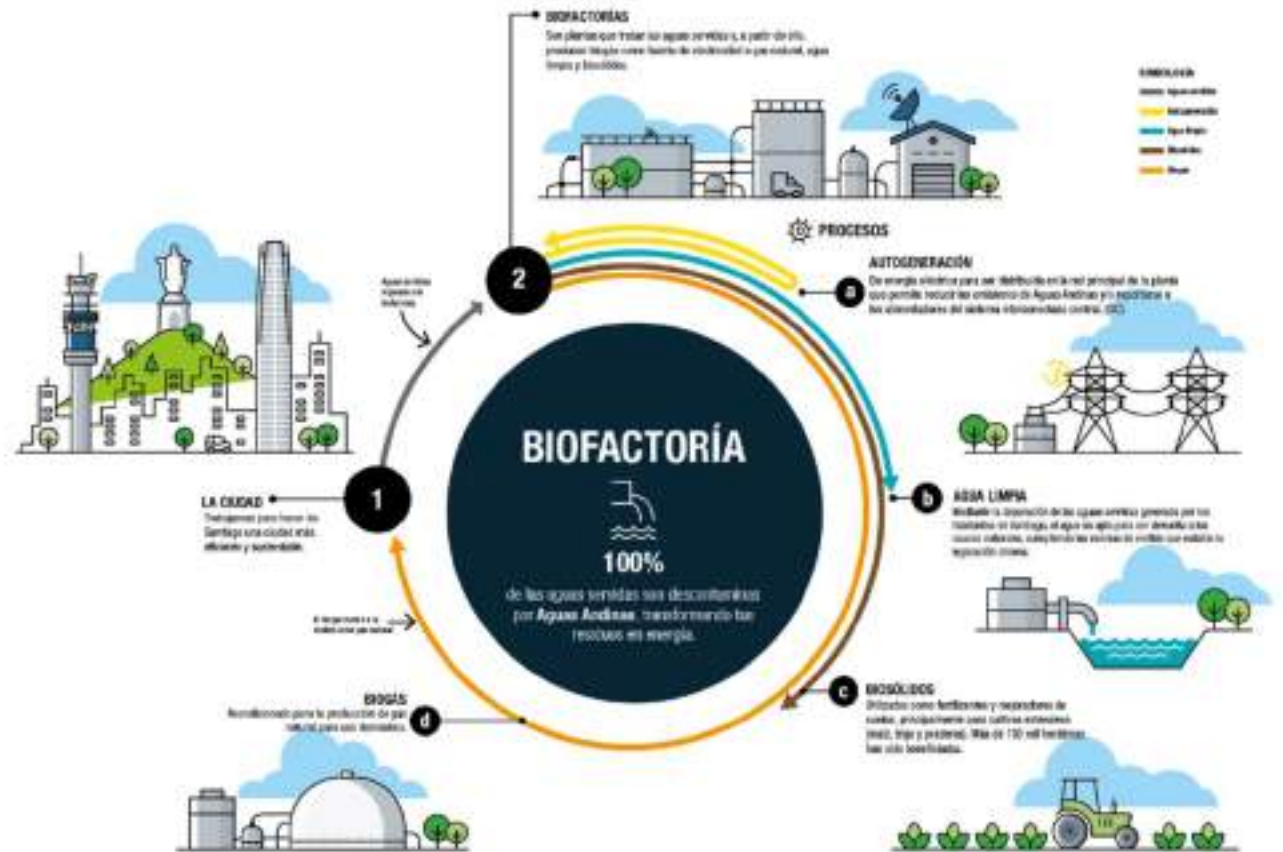
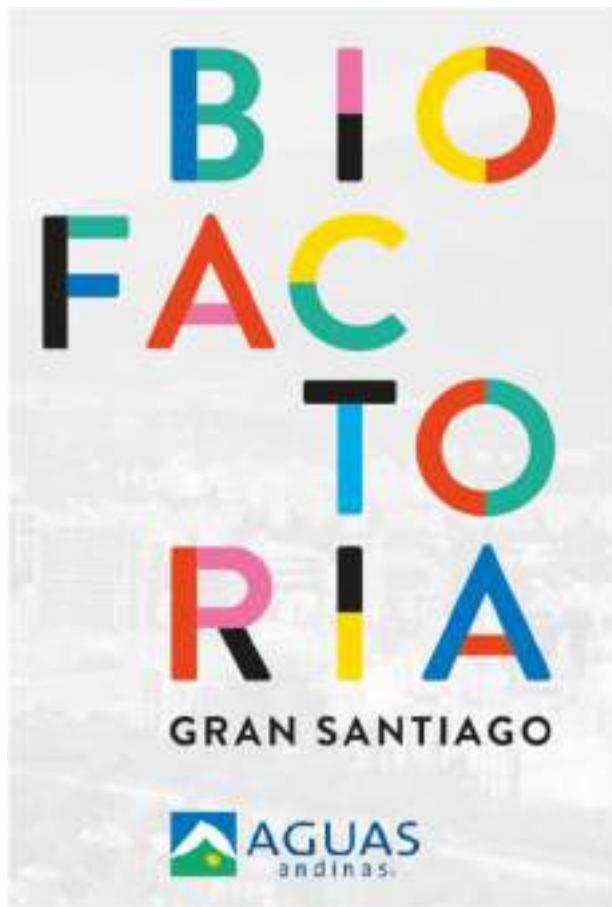
- Situada a la oeste de Santiago, es una de las 5 PTARs más grandes del mundo
- Trata aproximadamente 700 mil metros cúbicos de aguas residuales al día
- Lodos: 11,752 m³/mes
- Biogás project
- Biosólidos para la agricultura



MÉXICO - ATOTONILCO

- Capacidad: 50,000 litros/Segundo
- Reducción de emisiones de CO2: 145.000-ton por año
- Reúso de agua para agricultura para valle Mezquital (90,000 hectáreas)
- Generación eléctrica por Biogás: 32.4 MW (60% de la demanda interna)
- Lodos para agricultura
- La más grande del mundo construida en una fase.
- Entró en operaciones en 2017
- 42 metros cúbicos por segundo de efluentes
- Trata el 60% de los efluentes de la Zona Metropolitana del Valle de México, incluida la Ciudad de México
- Aspira a la autosuficiencia Energética





BIOFACTORÍA



Agua:

al tratar la totalidad de las aguas residuales, éstas continúan su viaje en los cauces fluviales y, además, tienen una **segunda oportunidad para otros usos** en agricultura y regadío y un posible reuso para transformarse de nuevo en agua potable.



Energía:

se logran **reducir las emisiones de CO2** y de otros gases de efecto invernadero (GEI), buscando la **autosuficiencia energética**, aportando incluso diferentes alternativas de suministro con la energía generada para dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos, por ejemplo.



Biosólidos:

los residuos se convierten en fertilizantes para usos agrícolas y materia prima para otras industrias.

MODELO LÍNEAS VS MODELO CIRCULAR



INDUSTRIA PRIVADA ALGUNAS INICIATIVAS



REÚSO DE ORINA PARA AGRICULTURA





SIGUIENTES PASOS

- Estrategia y planeamiento para las fuentes de agua
- Actualización de regulación
 - Requerido vs idealizado
 - Incentivos económicos para reusar
- Enseñanza pública del valor del reúso y la tecnología
- Promover el valor de las Biofactorias
- Involucrar al sector privado
- Partnership privado - público



Gracias!

¿Alguna
pregunta?



jmpinto@aladyr.net

www.aladyr.net

