

# *Uso aguas residuales en Mendoza. Una mirada desde el ambiente y la economía circular*

*Ing. Fabio E. Lorenzo*  
*Dpto. Gral. de Irrigación*

## NOCIONES PRELIMINARES

- *Conceptos básicos sobre ECONOMIA CIRCULAR.*
- *“El contexto DEMOGRAFICO, CLIMATICO, ECONOMICO Y SOCIAL, nos obligan a concebir las Aguas Residuales como un RECURSO, no como un RESIDUO”.*



Fuente: Banco Mundial. Informe "Aguas residuales: de residuo a recurso".2020

“ En un mundo en el que la demanda de agua potable crece continuamente, y donde los limitados recursos hídricos se ven cada vez más estresados por la sobreextracción, la contaminación y el cambio climático, desaprovechar las oportunidades que surgen de una mejor gestión de las aguas residuales es impensable en el contexto de una economía circular.”

Informe de la ONU sobre el desarrollo del agua en el mundo (WWAP 2017)

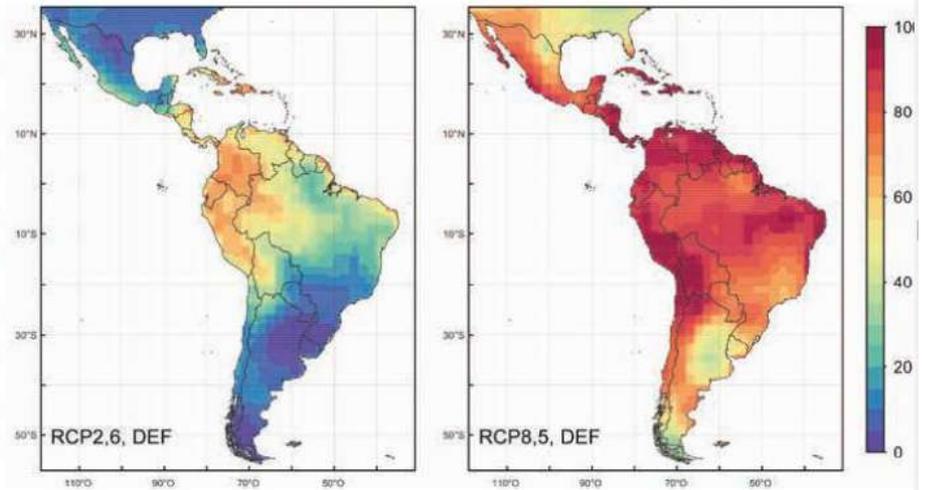
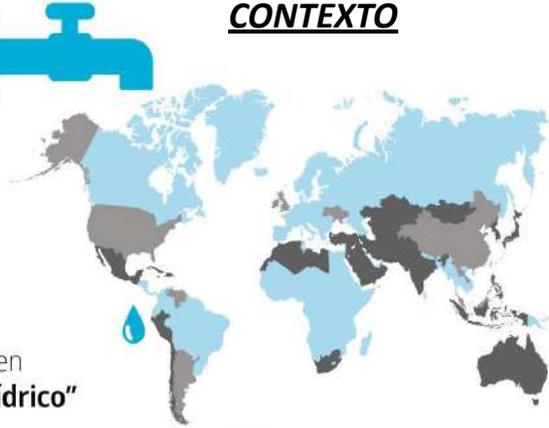
## CONTEXTO

### El 36 % de la población mundial

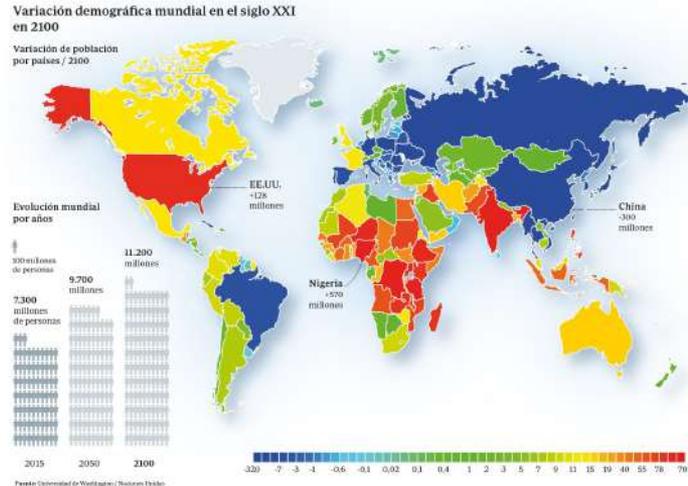
(2 mil 500 millones de personas) viven en zonas de "estrés hídrico"



Fuente: ONU. Habitat - 2022



Fuente: Banco Mundial. Informa "Bajemos la temperatura". 2014



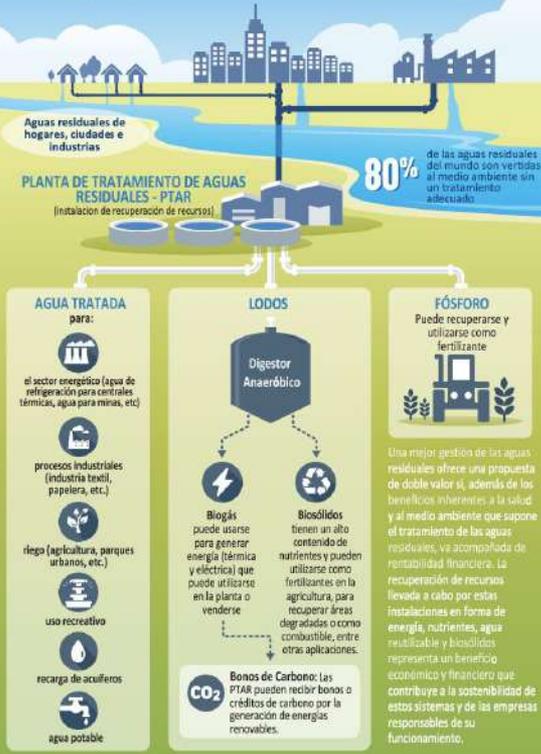
Fuente: Universidad de Washington. Naciones Unidas

*El problema, no es la CANTIDAD, sino el ritmo de consumo de RN. Si se mantuvieran las condiciones actuales, al 2100, resultaría INVIABLE.*

# AGUAS RESIDUALES?

## DE RESIDUO A RECURSO

A nivel mundial, la mayor parte de las aguas residuales no se recoge ni se somete a ningún tratamiento. Las aguas residuales son un recurso valioso, pero a menudo son vistas como una carga de la que hay que deshacerse. Es necesario cambiar esta percepción.



Estos recursos pueden generar flujos de ingresos adicionales para el operador, que permitan cubrir la totalidad o parte de los costos operativos, contribuyendo a la sostenibilidad del sistema.

- *AGUA TRATADA que proviene de las instalaciones de Recuperación de Recursos, para:*

- *Sector Energético*
- *Procesos industriales*
- *Riego*
- *Uso recreativo*
- *Recarga de acuíferos*
- *Agua Potable*



## REUTILIZACIÓN PARA RIEGO DE EFLUENTES CLOACALES E INDUSTRIALES EN MENDOZA

- *D.G.I.: una de las instituciones pioneras en Argentina en esta práctica.*
- *Primeros antecedentes, mediados Siglo XX, profundizado en la década del 90.*
- *Pasa de ser una disposición final de excepción, a ser hoy la mas utilizada.*
- *Actualmente se irrigan mas de 11000 ha, en la Provincia, con efluentes Cloacales e Industriales.*



# Beneficios de la implementación de sistemas de reuso agrícola

REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN AGRICULTURA

- Posibilita conservar las fuentes primarias de agua, e incrementar su disponibilidad.
- Se disminuyen en general, los costos de tratamiento, control, y cargas financieras asociadas.
- Permite incorporar al suelo nutrientes, disminuyendo costos agrícolas y agregando rentabilidad.
- Se disminuye el nivel de conflictividad.
- Repercute en notables mejoras ambientales para los cuerpos hídricos.



## Riego de forestales – Ind. Conservera

20 Ha de ALAMOS. Valor comercial. Predio perteneciente a la propia Industria. Sist. De riego: convencional por gravedad.

**ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES Y  
PLANTAS CLOACALES EN MENDOZA**

**1703**  
ESTABLECIMIENTOS  
INDUSTRIALES

**44** PLANTAS  
CLOACALES

**137** - CON VUELCO A CAUCE  
PUBLICO

**608** - POTENCIALES  
CONTAMINANTES

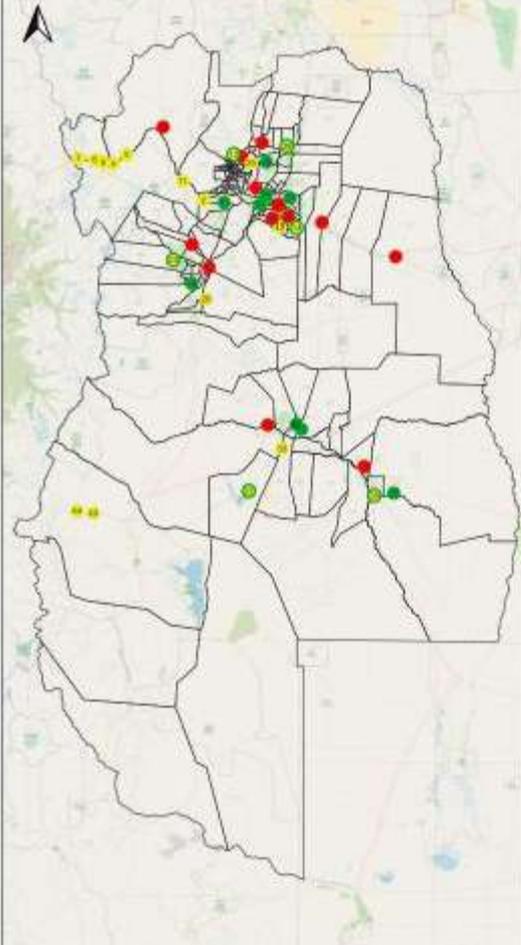
**958** - REUSO AGRICOLA

4500 ha

POBLACION (hab)	1,900,000
% POBLACION SERVIDA (%)	70
GENERACION DE EF. PER CAPITA (m3/dia)	0,28
CAUDAL MEDIO PROVINCIAL (m3/dia)	330000
CAUDAL MEDIO APROXIMADO (m3/s)	4
SUPERFICIE AFECTADA EN A.C.R.E.S. DE VERANO (Ha)	6700
SUPERFICIE POTENCIAL PARA INVIERNO (Ha)	24000

6700 ha

Depuradoras de efluentes cloacales  
Situación actual



Estaciones depuradoras

- 1-Rivadavia
- 2-Complejo Almatuvie
- 3-Fray Luis Beltrán
- 4-Punta de Vacas
- 5-Polvoradas
- 6-Horcines / Puente del Inca
- 7-Las Cañas
- 8-Pentlerías
- 9-E. Algorobal
- 10-Villa Tulumayo
- 11-Potrillo
- 12-Tunuyán
- 13-Campo Espejo
- 14-La Central
- 15-Los Campesinos
- 16-Villa 25 de Mayo - San Rafael
- 17-Cuadro Nacional San Rafael
- 18-Real del Padre
- 19-Viña Flores
- 20-San Carlos
- 21-San Martín
- 22-El Mhuil
- 23-Colonia Las Rosas
- 24-Palena
- 25-Colonia Segovia
- 26-Ing. Giagnoni
- 27-Los Sarmientos
- 28-Bowen
- 29-Los Oliveros
- 30-Gral Alvear
- 31-Rodríguez Peño
- 32-Tupungato
- 33-Valle Grande - Cañón del Atuel
- 34-La Paz
- 35-Uspallata
- 36-El Paramillo
- 37-Junín
- 38-Costa de Arzuffi
- 39-La Libertad
- 40-Santa Rosa
- 41-Agrero
- 42-Unidad Penitenciaria El Cerrito
- 43-Los Molles
- 44-Las Lajas

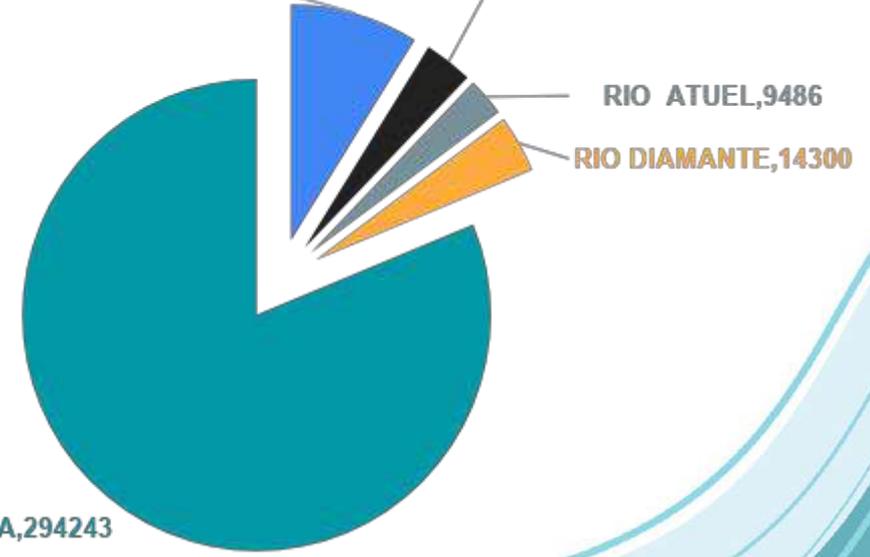
Referencias

- Ambiente aceptable
- Regularmente aceptable, en proceso de mejoras
- Regularmente aceptable
- Ambiente inaceptable
- Límites de Distritos

# EFLUENTES CLOACALES – TRATAMIENTO – DISPOSICIÓN

TIPO DE TRATAMIENTO	CANTIDAD	% volumen
PRIMARIO	12	4%
SECUNDARIO	30	96%
TIPO DE TRATAMIENTO	CANTIDAD	% volumen
LAGUNAS NATURALES	20	93%
OTROS	22	7%

## CAUDAL DIARIO DE EFUENTES CLOACALES (m3/día)



RIO MENDOZA,294243

## ACRE CAMPO ESPEJO

**CAUDAL: 128000 M3/DIA (1480 L/S)**

**SUPERFICIE LÍQUIDA : 278 HA  
EN 11 SERIES DE LAGUNAS DE  
ESTABILIZACIÓN PRIMARIAS,  
SECUNDARIAS Y TERCIARIAS.**

**CANTIDAD DE USUARIOS DEL  
ACRE: 214**

**SUP. EMPADRONADA: 2851 HA**

**SUP POTENCIAL VER: 2370 HA  
SUP. POTENCIAL INV: 8527 HA**

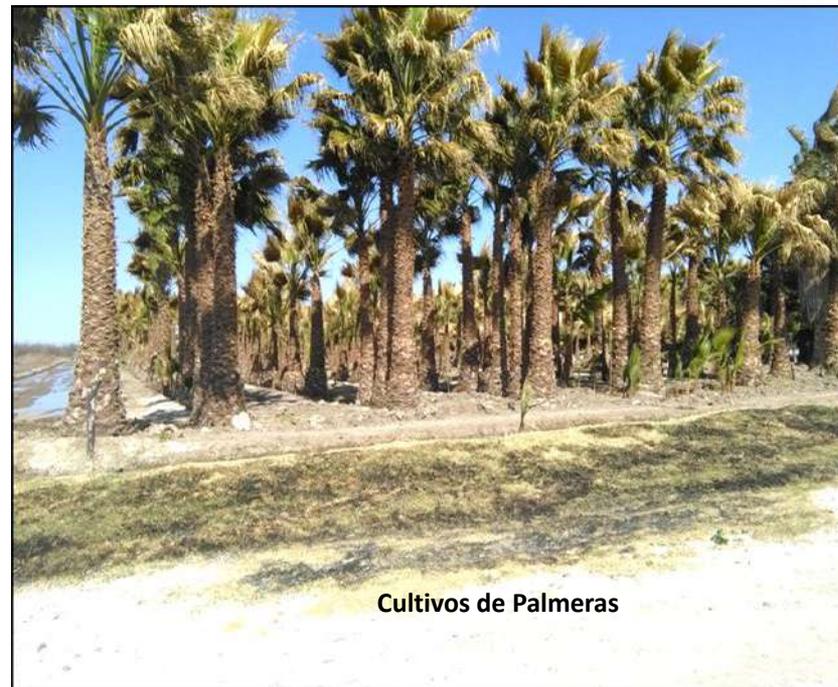


## ACRE Campo Espejo



Cultivos de Ajo

Reutilización de Aguas en Mendoza - Argentina



Cultivos de Palmeras

## El Paramillo

**CAUDAL: 151475 m<sup>3</sup>/día**

**LAGUNAS DE  
ESTABILIZACIÓN PRIMARIAS,  
SECUNDARIAS Y TERCIARIAS**

**CANTIDAD DE USUARIOS  
ACRE: 44**

**SUP. EMPADRONADA: 2851 HA**

**SUP POTENCIAL VER: 2805 HA**

**SUP. POTENCIAL INV: 10100  
HA**



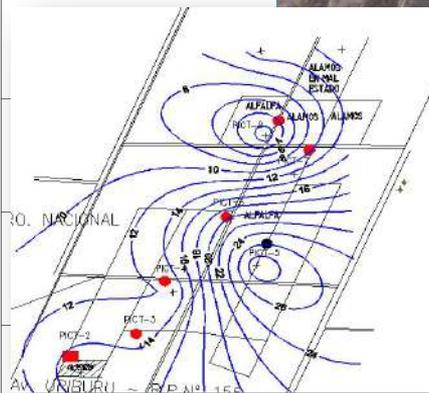
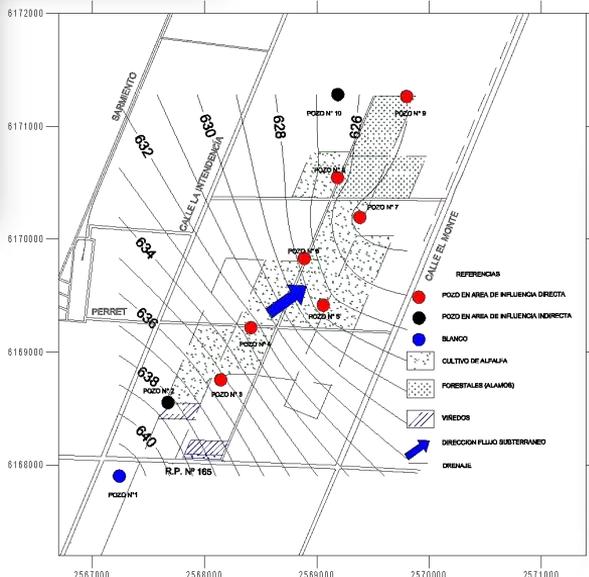
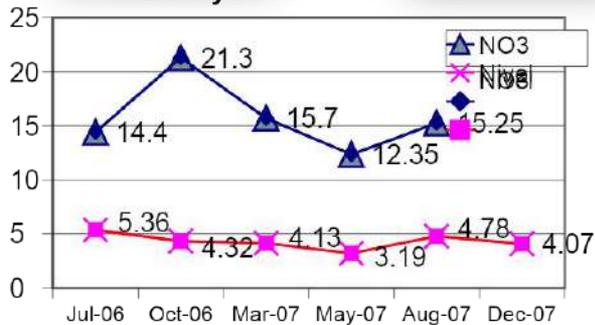
Reutilización de Aguas en Mendoza - Argentina



# HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN FUTURA DEL AGUA



NO3 y Nivel



Fin de Entubamiento y Comienzo del Cauce

# Reuso agrícola de EFLUENTES INDUSTRIALES: donde, como, cuando?

- El uso en agricultura de agua regenerada (de origen urbano e industrial) es una opción cada vez mas implementada a nivel mundial. Sobre todo, en zonas con DEFICIT HIDRICO. (aumento de demanda, disminución de la oferta, contaminación de los recursos existentes por vertidos)
- La viabilidad de los proyectos de reutilización depende de una serie de factores clave:
  - Las características físicas y geográficas del área
  - Los costos (tratamiento e infraestructura) deben ser asequibles en relación con los beneficios.
  - “LICENCIA” por parte de los usuarios (tiempo, pruebas piloto, estudios).y LICENCIA o decisión, a nivel de las autoridades HIDRICAS y sanitarias locales.
- El impacto ambiental debe ser aceptable (Impacto “0” ?)
- La implementación de practicas de REUSO debe necesariamente ir acompañada de REGULACIONES.



**Imágenes:** a) Diagonal Arida Sudamericana - b) reuso agrícola de efluentes de la industria de la Celulosa (Chile) c) Prueba de riego con efluentes de la act. Minera (Mendoza)

## ¿Que regar?, ¿cómo regar?, ¿Qué controlar?

\* En términos generales, a nivel NACIONAL y también a NIVEL MNDIAL, el reuso agrícola de efluentes INDUSTRIALES esta **poco regulado.**

- Es RECOMENDABLE:
- **1) CATEGORIZAR** a los establecimientos industriales según la peligrosidad o toxicidad de los efluentes. La categorización, fija pautas de control externo, de autocontrol, de nivel de tratamiento, de restricción de cultivos, sanidad para los trabajadores, etc.
- En MENDOZA, la Normativa prevé dos grupos diferenciables:
- **GRUPO UNO:** Establecimientos cuyos efluentes en términos generales no aportan sustancias de alta toxicidad para el ambiente o el RPH.
- Ej.) – Bodegas y elab. De bebidas alcoholicas, - Procesamiento de vegetales, - Fabricacion de aceites vegetales, - Aguas minerales, - Bebidas gaseosas, Plantas potabilizadoras de agua, etc.



- **Para estos establecimientos, la IMPLEMENTACION DE PRACTICAS DE REUSO es relativamente simple, y DEBE resultar beneficiosa (incentivos).**
  - Tratamiento PRIMARIO ( a veces secundario)
  - No hay restricción en términos generales, para los cultivos.
  - Menor riesgo de afectación al DPH (agua subterránea)
  - Beneficios y/o mejoras al suelo (incorporación de materia orgánica).
  - Disminuye el nivel de conflictividad.
  - Disminución de costos (autocontroles, Canon, beneficio productivo, etc. ).



**Sistema de tratamiento primario – Ind. Conservera – MENDOZA**  
A riego de 80 Ha con Pasturas y vid

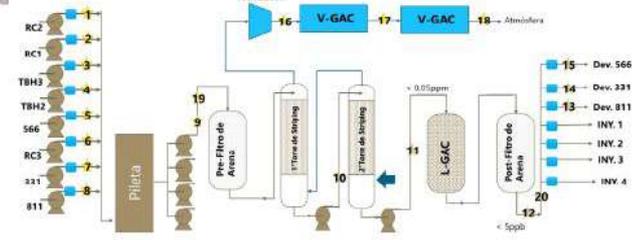
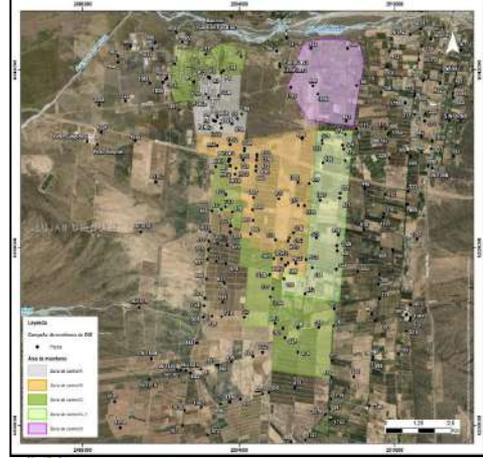
## HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN FUTURA DEL AGUA

- **GRUPO DOS:** Establecimientos que elaboran o manipulan sustancias de características tóxicas o peligrosas:
- Ej.) – Fabricas de pinturas , - Industria Química, - Destilerías de Petróleo, - Exploración y explotación de HC, - Galvanización, - Curtiembres, Papeleras, - Aceituneras, - Plantas de tratamiento Cloacal, etc.

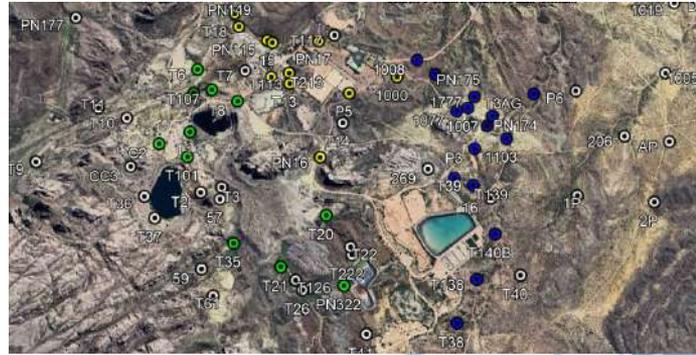
- 1) TRATAMIENTO DE MAYOR COMPLEJIDAD Y ESPECIFICIDAD.
- 2) Mayores restricciones en el tipo de cultivos.
- 3) Mayores exigencias de autocontrol y controles externos.
- 4) Se deben considerar medidas de control complementarias (aguas subterráneas, suelos, etc).



Totalmente operativa desde diciembre 2018

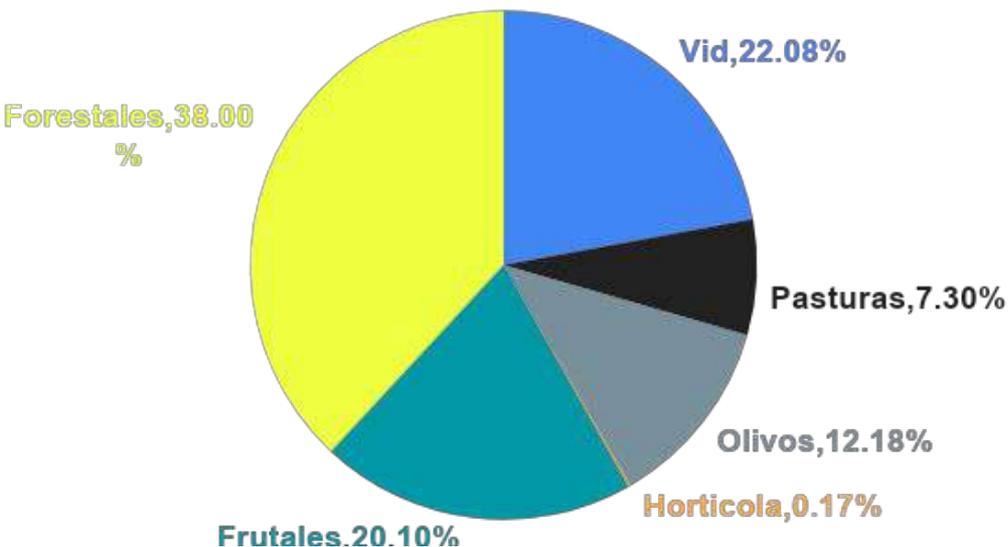


**Imágenes:**  
 Arriba, planta de tratamiento para eliminación de MTBE y Benceno. El agua tratada se destina a riego.  
 Abajo, complejo Minero URANIFERO SAN RAFAEL , 1.100.000 m3 de agua afectada con U, Ra, As, entre otros. Destino: riego interno (en etapa de implementación)

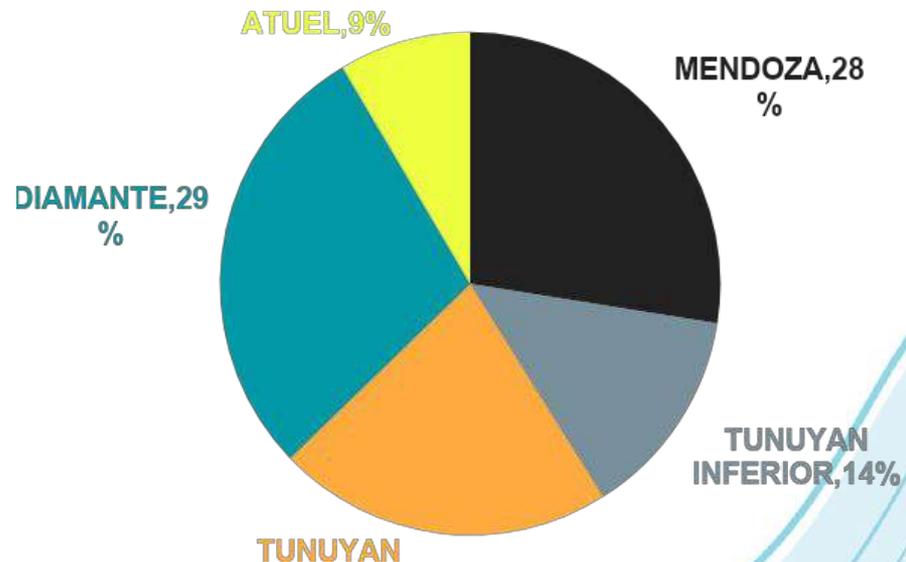


- De acuerdo a los datos del DGI, actualmente se irrigan con efluentes **INDUSTRIALES**, aproximadamente 4500 Ha, en la Provincia de Mendoza

Superficie Irrigada con efluentes, por tipo de cultivo en la Provincia (en ha), en establecimientos Regularizados Con AUTORIZACION DE REUSO (Res. 52/20)- Octubre 2023



DISTRIBUCION PORCENTUAL SOBRE EL TOTAL DE PERMISOS Y/O AUTORIZACIONES DE REUSO OTORGADAS A LA FECHA - OCTUBRE 2023



## **ASPECTOS REGLAMENTARIOS**

---

**¿Es importante regular el reuso?**

---

**¿Qué aspectos deben regularse?**

---

**Regulaciones rígidas vs.  
Regulaciones adaptativas**



## ¿Es importante regular el reuso?

La regulación o reglamentación de las prácticas de reuso agrícola de efluentes por parte de los órganos de control, es una herramienta **FUNDAMENTAL** si se pretende una implementación ordenada de estas prácticas.

Los parámetros cualitativos para reuso, deben ser establecidos de forma claramente diferente a los límites para vertido directo a otros cuerpos receptores del DPH (Cauces superficiales, lagos, lagunas, etc).

**Existen a nivel internacional, muchos Estados han normado la reutilización de efluentes para riego, como por ejemplo:**

**1.Estados Unidos:** La Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece pautas y estándares para la calidad del agua de efluentes industriales destinados a riego agrícola.

**2.Australia:** El Departamento de Agricultura, Recursos Hídricos y Medio Ambiente de Australia emite directrices para el uso seguro de aguas residuales tratadas en la agricultura.

**3.Unión Europea:** La UE tiene regulaciones que establecen los niveles permitidos de contaminantes en las aguas residuales tratadas utilizadas en la agricultura, según la Directiva Marco del Agua.

**4.Israel:** Dado su escasez de recursos hídricos, Israel ha desarrollado regulaciones estrictas para el uso de aguas residuales tratadas en la agricultura, incluido el riego.

**5.México:** La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en México ha establecido regulaciones para el uso de aguas residuales tratadas en la agricultura.

**6.India:** La Comisión Central de Control de la Contaminación (CPCB) en India emite directrices para el uso seguro de aguas residuales tratadas en la agricultura.

**7.China**



Hay también organizaciones que proporcionan directrices, recomendaciones y recursos relacionados con el uso de aguas residuales tratadas en la agricultura, entre ellas:

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura):** La FAO ha publicado guías y documentos sobre el uso seguro de aguas residuales tratadas en la agricultura. Estos documentos ofrecen pautas para asegurar que el riego con aguas residuales tratadas sea seguro y beneficioso para la producción agrícola, al tiempo que se minimizan los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

**Banco Mundial:** A través de proyectos y colaboraciones, el Banco Mundial ha promovido prácticas seguras y sostenibles de reutilización de aguas residuales en la agricultura en diferentes partes del mundo.

**OMS (Organización Mundial de la Salud):** Aunque no está específicamente enfocada en la agricultura, la OMS proporciona orientación sobre la calidad del agua potable y otros usos, lo que incluye directrices sobre la reutilización segura de aguas residuales tratadas.

**UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente):** El UNEP ha abordado la reutilización segura de aguas residuales tratadas en el contexto de la gestión sostenible del agua y el medio ambiente.

**IWA (Asociación Internacional del Agua).**

**OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)**

Estas organizaciones suelen trabajar en colaboración con gobiernos y expertos en todo el mundo para desarrollar estándares, directrices y mejores prácticas que promuevan la reutilización segura y sostenible de aguas residuales tratadas en la agricultura y otras aplicaciones. Ten en cuenta que la disponibilidad de recursos y directrices específicas puede variar a lo largo del tiempo, por lo que es recomendable buscar las fuentes más actualizadas y relevantes para obtener la información más reciente.

## **Una experiencia de regulación a nivel Nacional: Res. 52/20 - Mendoza**

RESOLUCION 778/96

RESOLUCIÓN 52/20 – DPTO. IRRIGACION -  
MENDOZA

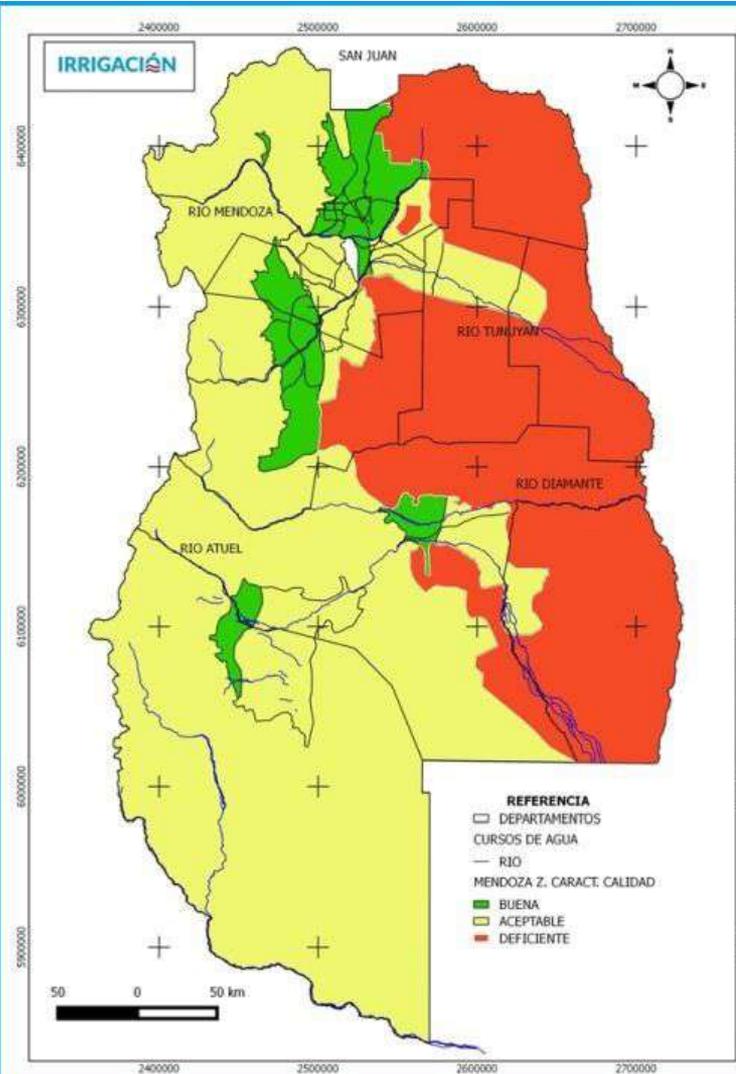
## Res. 778/96 DEL H.T.A.

---

- **REGLAMENTO GENERAL DE CONTROL DE CONTAMINACION**
- FUE EN SU MOMENTO UNA CODIFICACIÓN DE AVANZADA, REGULANDO LOS VERTIDOS INDUSTRIALES Y DEFINIENDO PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS.
- DEFINE EL CONCEPTO DE VERTIDO, EFLUENTE, ESTABLECE PROHIBICIONES (DILUCIÓN, MEZCLA IND – CLOACAL, INFILTRACIÓN)
- INSTITUCIONALIZA EL R.U.E.
- DEFINE EL PROCEDIMIENTO DE FISCALIZACIÓN.
- DEFINE EL RÉGIMEN SANCIONATORIO.
- **EXIGE QUE TODO VERTIDO DEBE SER “AUTORIZADO”**
- **ETC.**

Si bien muchos parámetros se “desregularon” para REUSO AGRICOLA a través de la Res. 627/00, otros que quedaron establecidos con valores estándar (sobre todo basados en criterios agronómicos) imposibilitaron la regularización de la situación formal de los establecimientos.

Ej: el valor de CE para riego quedó definido en 2250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Surgió la necesidad de revisar y adaptar la normativa, considerando:**

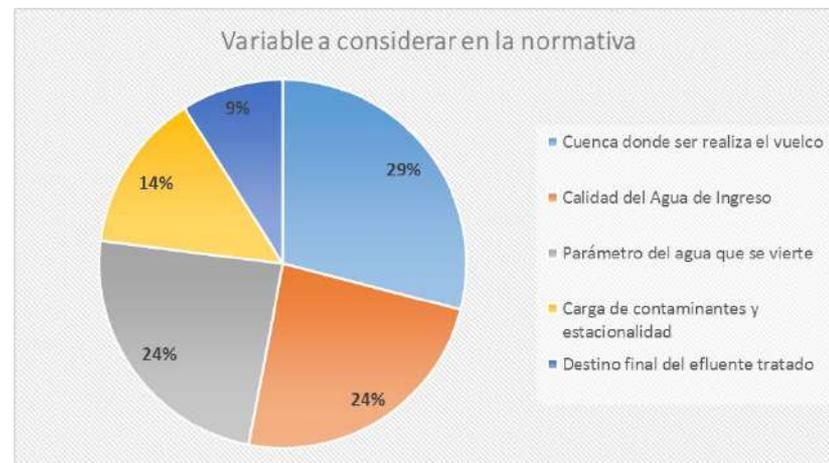
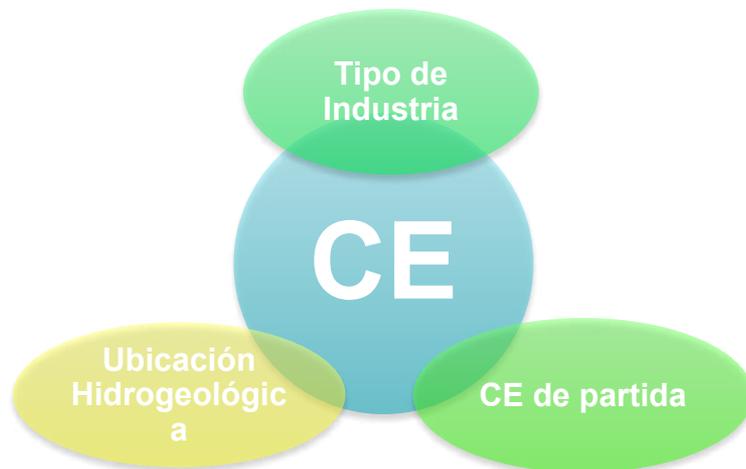
- a) EXPERIENCIA (fortalezas y debilidades)**
- b) Jurisprudencia.**
- c) Nuevas tecnologías**
- d) Las heterogeneidades geográficas, y las particularidades regionales.**

## RES. 52/20 DEL H.T.A.

### Contempló:

- Las nuevas tecnologías, la jurisprudencia, la experiencia adquirida por el DGI desde la sanción de la resolución 778/96 HTA, y
- **UNIFICÓ CRITERIOS TÉCNICOS Y JURÍDICOS**, TENIENDO EN CUENTAS LAS PARTICULARIDADES DE CADA CUENCA EN FORMA INTEGRAL.
- Reguló entre otras cosas, el REUSO AGRÍCOLA, a través de novedosos mecanismos.

## PARAMETROS



CE

Tipo de  
Industria

$$IP_{ind} = \left[ 1 + \left( \frac{Vol}{20000} \right) \right] + [Est \times Tsc \times Ge \times (1 + Df)]$$

**IP:** Índice de Peligrosidad Industrial

**Vol.:** Volumen anual del efluente generado (m<sup>3</sup>)

**Est.:** Estacionalidad del vertido

**Tsc:** Tipo de sustancia contaminante

**Ge.:** Gestión del efluente

**Df.:** Disposición final

## VOLUMEN ANUAL DEL EFLUENTE GENERADO

Tipo de Industria

ESTACIONALIDAD

< 9 meses: 1,25

> 9 meses: 1,5

TIPO DE SUSTANCIA CONTAMINANTE

G I:2

G II: 3

G mixto: 4,5

G III: 6,75

GESTION DEL EFLUENTE

0,15

0,3

0,45

DISPOSICION FINAL

0,05

0,15

0,3

3,9

### GESTION DEL EFLUENTE

Posee tratamiento óptimo funcionamiento **0,15**

Posee tratamiento ineficiente **0,3**

No posee - No se identifica en el establecimiento infraestructura alguna para el tratamiento de los efluentes **0,45**

### DISPOSICION FINAL

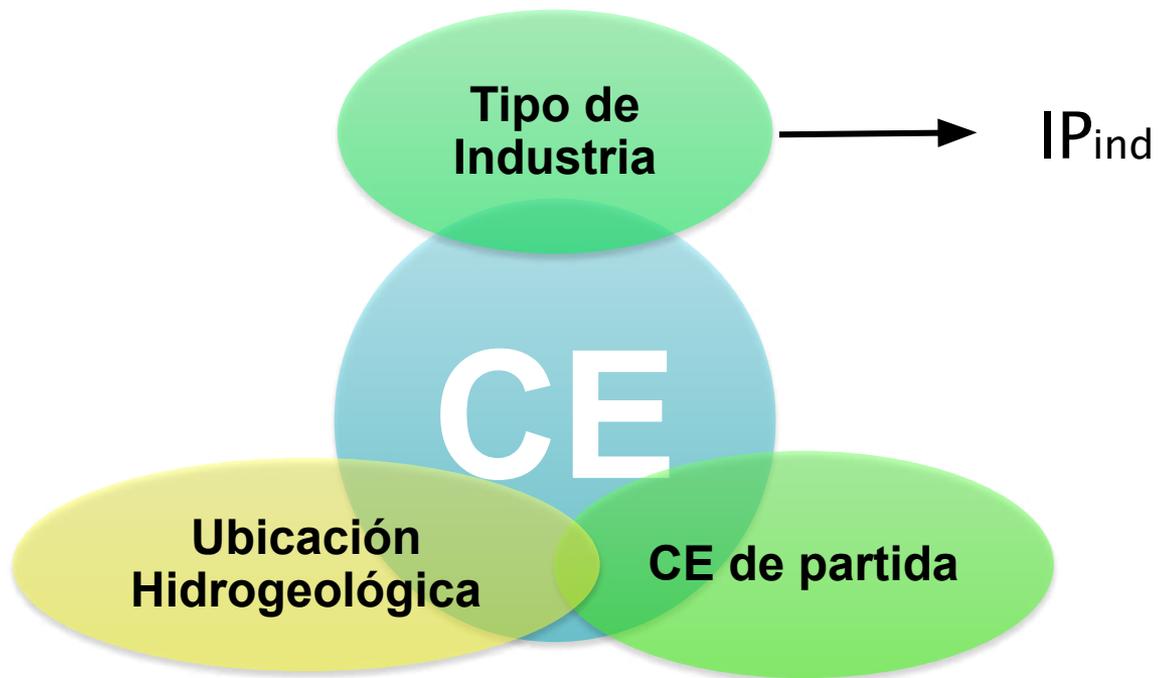
Reúso con convenio en terreno propio o al terreno de un tercero **0,05**

Extracción en camiones atmosféricos **0,15**

Conexión a cloaca **0,15**

Desagüe/drenaje con permiso de vertido **0,3**

Vuelco a cauce público con permiso de vertido (canales o Rios , red 1°) **3,9**





$$IP_{\text{final}} = IP_{\text{ind}} \times F_{\text{loc}}$$

VALORES MÁXIMOS DE CE			
Rango de CE Partida	IP Bajo	IP Medio	IP Alto
4501-5000	6.000	5.750	5.500
4001-4500	5.400	5.175	4.950
3501-4000	4.800	4.600	4.400
3001-3500	4.200	4.370	4.180
2501-3000	3.900	3.600	3.450
2001-2500	3.250	3.000	2.875
1501-2000	2600	2400	2300
1001-1500	2175	2100	2025
600-1000	1450	1400	1350
<600	870	840	810

## ¿Que se ha logrado?

- Incentivar el reúso de efluentes industriales en el riego agrícola. (aprox. 900 est. en Mendoza)
- Asegurar que el reúso se efectuó adecuadamente evitando la afectación de los acuíferos.
- Ajustar el parámetro de conductividad eléctrica específica a las particularidades de cada cuenca y a la peligrosidad de cada establecimiento; estableciendo controles más estrictos y periódicos.
- Propiciar la reducción del uso del agua y la disminución de la carga contaminante de los efluentes que se generan.
- Regularizar la situación formal de los establecimientos calificándolas, cuando no alcanzan a cumplir los estándares exigibles, como agentes contaminantes y exigiéndoles la presentación y estricto cumplimiento de un plan de Reconversión de efluentes industriales bajo apercibimiento de clausura.

# Conclusiones

- El REUSO AGRICOLA DE EFLUENTES INDUSTRIALES y CLOACALES , se ha mostrado en las experiencias provinciales, nacionales e Internacionales, como una excelente alternativa de **tratamiento y gestión final**, con beneficios sobre todo **ambientales**, pero también productivos, económicos, sociales, etc.
- Resulta particularmente atractivo, en zonas con DEFICIT HIDRICO, y en donde hay experiencias y/o “cultura de riego”, pero con posibilidades de utilización en otras zonas y condiciones.
- No existen prácticamente LIMITACIONES, vinculadas a la calidad de los efluentes. Es decir, prácticamente siempre, se encuentran disponibles técnicas y métodos de purificación, que posibilitan alcanzar las condiciones mínimas requeridas, y siempre debe tenerse presente que el REUSO AGRICOLA, es la etapa final del tratamiento.
- Resta aún, implementar MEJORAS sustanciales en los sistemas de tratamiento, sobre todo en efluentes de naturaleza CLOACAL, y especialmente en pequeños operadores, y también en las Áreas de Cultivos Especiales.
- Pasar, de la concepción de Plantas de Tratamiento, a INSTALACIONES PARA LA RECUPERACION DE RECURSOS
- Resulta FUNDAMENTAL , la promoción de marcos normativos que regulen y permitan en las diversas jurisdicciones esta practica, ASI COMO SU PERMANENTE REVISION.
- Continuar acciones de INCENTIVO, para la implementación de sistemas de reutilización de efluentes, tanto con fines de riego como en otras aplicaciones alternativas.

IV CONGRESO INTERNACIONAL

**AGUA**   
PARA EL FUTURO

**¡Gracias!**

*Ing. Fabio E. Lorenzo*

**IRRIGACIÓN**  
*Agua que da vida*



**MENDOZA**  
GOBIERNO