

**Universidad Tecnológica Nacional**

**Facultad Regional Concepción del Uruguay**

**Ingeniería Ambiental**

**Trabajo Final de la Especialización**

**Tema general: Criterios ambientales a tener en cuenta para la instalación de frigoríficos avícolas en el interior de los departamentos Uruguay y Colón**

**Tema desarrollado: Reutilización de los efluentes líquidos tratados del proceso avícola**

**Autor: Lescano, Fernando Able**  
**Tutor: Ing. Raffo, Fernando**

## INDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	4
2.DIAGNOSTICO.....	6
3.PROBLEMA.....	7
4.OBJETIVOS.....	10
5.ANTECEDENTES.....	10
6.ALTERNATIVAS.....	15
7.DESARROLLO.....	26
8. CONCLUSION.....	49
9. BIBLIOGRAFÍA.....	51

Fernando Abel Lescano

Ing. en Recursos Hídricos – Facultad de Ciencias Hídricas – Universidad Nacional del Litoral  
Docente a cargo de las cátedras: Hidrología y Obras Hidráulicas e Ingeniería Sanitaria de la  
carrera Ingeniería Civil, Facultad Regional Concepción del Uruguay, Universidad Tecnológica  
Nacional

Funcionario municipal a cargo de los Servicios Sanitarios y Defensa contra Inundaciones,  
periodo 2011 – 2019.

El tema elegido surge de la necesidad de reutilizar las descargas de los sistemas de depuración  
de los efluentes líquidos de los establecimientos avícolas de modo de por un lado mitigar el  
impacto de los caudales sobre los cuerpos receptores que en la mayoría de las veces constituyen  
el caudal base de los mismos y por otro, propiciar la reutilización de los líquidos para uso de  
riego y de ese modo aliviar la principal demanda de agua dulce en nuestro planeta.

## 1.INTRODUCCIÓN.

La provincia de Entre Ríos es la principal productora de carne de aves de la Argentina, con aproximadamente el 50 % de la producción nacional. Además, cuenta con empresas industriales líderes y un complejo integrado por de 6.500 galpones de crianza de pollos parrilleros, esto significa el 54 por ciento de las granjas del país, desde donde sale más del 60 por ciento de las exportaciones de carne aviar y 18 plantas frigoríficas.

Esta cadena se ha incrementado en los últimos ocho años pasando de una producción de 305 millones de aves faenadas en 2011 a 411 millones en 2018, mostrando una variación del 34,9 %.

La producción de pollos parrilleros es realizada por empresas integradoras, que poseen planteles de reproducción (abuelos y padres), huevos fértiles, incubación, pollitos / as BB, alimento balanceado, procesado de aves y su comercialización, cerrando un circuito de integración vertical.

La crianza del pollo está contratada como servicio, algunas empresas poseen granjas propias e integradas, otras mantienen todo integrado. Este tipo de distribución alcanza del 95 % al 97% de la producción avícola de carne.

La actividad ha logrado un proceso de internacionalización importante, evidenciando el alto nivel de competitividad alcanzado. En 2012/2013 se llegó a colocar en el exterior un cuarto de la producción, aunque posteriormente este porcentaje ha disminuido, continúa siendo una actividad pujante de la provincia con una participación muy importante dentro del total de exportaciones provinciales (un 16% del total, luego del complejo sojero).

La producción de aves en la Provincia presenta una distribución donde se concentra el 60% de las granjas en los Departamentos de Uruguay, Federación, Concordia, Colón y Zona Norte de Gualeguaychú; el 30% en los departamentos Paraná, Diamante, Villaguay, Noroeste de Nogoyá, Norte de Rosario del Tala; y el 10 % en los Departamentos Gualeguay, Nogoyá (Zona Sureste), Rosario del Tala (Zona Sur) y de Gualeguaychú (Zona Suroeste).

Esta distribución hoy día se encuentra ampliamente esparcida por casi todo el territorio Provincial, ubicándose nuevos asentamientos de granjas en sitios que ofrecen importantes

ventajas de bioseguridad, como son montes bajos y zonas de baja concentración poblacional avícola. Destacándose la costa del Uruguay con alrededor del 70% de las granjas del total de granjas existentes en la Provincia de Pollos Parrilleros y la Zona Paraná que concentra el 70% de granjas productoras de Huevos de Consumo.

Se observa un importante desarrollo en la estructura de alojamiento en las granjas actuales, incrementándose el número de galpones de crianza, y el reacondicionamiento en pequeñas y medianas granjas de ambas producciones, con la suma de los pequeños emprendimientos.

La faena Provincial de Aves en el año 2018, demuestra que los Departamentos Uruguay y Colón son los que participan en mayor porcentaje, 32,5 % y 25,6 % respectivamente, lo cual concuerda con el número asentamiento de granjas de Producción de Carne Aviar.

Por todo lo anterior se infiere que el crecimiento de la actividad se mantendrá en los próximos años, acompañando la suba y los precios en mercado internacional.

#### 1.1. **Problemáticas detectadas:**

- Extracción de agua subterránea.
- Uso del recurso hídrico de manera no sustentable.
- Instalación sobre suelos vulnerables.
- Emisión de olores.
- Descarga de caudales a cursos de carácter intermitente.
- Imposibilidad de degradación de la carga orgánica en el cuerpo receptor.
- Normativa provincial desactualizada.
- Necesidad de formular un procedimiento específico para los estudios de impacto ambiental de la industria avícola.
- Determinar la metodología de estudio de EIA que mejor se adapte a las características de los frigoríficos regionales.
- Analizar alternativas para la reutilización de los efluentes líquidos tratados.

- Comparar la legislación de aplicabilidad en la provincia con las de otras zonas productora de carne aviar.
- Proponer estándares mínimos de tecnologías para el tratamiento de olores.
- Elaborar una propuesta para la evaluación del sitio de emplazamiento de futuros emprendimientos.

## 2. DIAGNOSTICO

Como se puede apreciar en el cuadro siguiente 7 de los 9 establecimientos instalados en los Departamentos Colón y Uruguay descargan sus efluentes sobre cursos de agua menores (intermitentes) que tienen como destino final los ríos Uruguay, Gualeguaychú y Gualeguay.

Cuadro 1. Detalle cuerpo receptores de las descargas frigoríficos avícolas en los Dptos. Uruguay - Colón

<b>Firma</b>	<b>Localidad</b>	<b>Departamento</b>	<b>Curso de descarga</b>	<b>Curso superior de descarga</b>
Frigorífico Avícola Basavilbaso SACIAG	Basavilbaso	Uruguay	Arroyo El Cala	Río Gualeguay
Industrializadora Sociedad Anónima (Noelma)	San José	Colón	Arroyo El Doctor. Luego Arroyo Perucho Verna	Río Uruguay
Bonnin Hnos.	Colón	Colón	Arroyo El Pelado	Río Uruguay
Frigorífico entreterriano de productores avícola S.A. (Fepasa)	Concepción del Uruguay	Uruguay	Arroyo el Curro	Riacho Molino – Río Uruguay
Granja Tres Arroyos (Planta La China) S.A.C.A.F. e I.	Concepción del Uruguay	Uruguay	Arroyo de la China	Río Uruguay
Super S.A.	Concepción del Uruguay	Uruguay	Arroyo de la China	Río Uruguay
Las Camelias S.A.	San José	Colón	Río Uruguay	Río Uruguay
SERVIAVE S.A. (Ex Praver)	San Justo	Uruguay	Arroyo San Cipriano	Molino Río Uruguay
FADEL S.A.	Pronunciamiento	Uruguay	Cañada del Cordobés	Río Gualeguaychú

Los sistemas de depuración utilizados en todos los casos se componen de sistemas de lagunaje. En cinco establecimientos el sistema de complementa con operaciones de separación del tipo DAF (Las Camelias – Tres Arroyos, Bonnin Hnos, Fadel S.A. - Insa)<sup>3</sup>. Estos sistemas se encargan de separar las partículas en suspensión mediante microburbujas de aire, en una solución sobresaturada. Los sólidos se adhieren a las microburbujas en su recorrido ascendente flotando hacia el sistema de separación superior.

En todos los casos de descargas se realizan a cuerpos de agua de régimen intermitente, siendo las metas de vuelco de los frigoríficos de 50 mg/litro de DBO, este valor de descarga es el admitido para cursos de agua interiores de régimen permanente, mientras que la regulación existente vigente (Ley Provincial N° 6260) establece que el valor de vuelco debería surgir como resultado del estudio de la capacidad de depuración del curso, el uso y del régimen pluvial que lo origina.

A continuación, se presenta un cuadro donde se puede apreciar los caudales de agua que son volcados a los distintos cuerpos receptores.

Cuadro 2. Detalles caudales de las descargas frigoríficos avícolas en los Dptos. Uruguay - Colón

ID	Nombre	Localidad	Departamento	Aves faneadas/día	Fuente de provisión de agua	Cantidad de agua utilizada por ave faneada (litros)	Cantidad de agua utilizada en el proceso (litros)
1	Frigorífico Avícola Basavilbaso SACIAG	Basavilbaso	Uruguay	75.000	Subterránea	18	1.350.000
2	Industrializadora S.A. (Noelma)	San José	Colón	100.000	Subterránea	18	1.800.000
3	Bonnin Hnos.	Colón	Colón	75.000	Subterránea	18	1.350.000
4	Frigorífico entrerriano de productores avícola S.A. (Fepasa)	Concepción del Uruguay	Uruguay	65.000	Subterránea	18	1.170.000
5	Granja Tres Arroyos	Concepción del Uruguay	Uruguay	120.000	Subterránea y potabilización agua Arroyo La China	18	2.160.000
6	Super S.A.	Concepción del Uruguay	Uruguay	60.000	Potabilización agua Arroyo La China	18	1.080.000
7	Las Camelias S.A.	San José	Colón	110.000	Superficial Río Uruguay	18	1.980.000
8	SERVIAVE S.A.	San Justo	Uruguay	10.000	Subterránea	18	180.000
9	FADEL S.A.	Pronunciamiento	Uruguay	100.000	Subterránea	18	1.800.000

### 3.PROBLEMA

Es sabido que los frigoríficos generan un caudal de efluentes líquidos considerables, que tiene estrecha relación con la capacidad de faena. Según las normativas de SENASA por cada ave faenada se consume 16 litros de agua potable.<sup>4</sup> Esto tiene dos impactos potenciales uno el uso de recurso (en aquellos casos en que el establecimiento se encuentre dentro del ejido urbano – compitiendo con los municipios por el recurso) y otra la contaminación de los cursos de agua debido al gran caudal de efluentes líquidos producidos.

**Según el Decreto N° 4238 (SENASA) – Art. 20.3.22. Provision de agua.**

Todas las dependencias estarán provistas de agua fría y caliente. Todo establecimiento deberá poseer una reserva de agua en sus tanques para CUATRO (4) horas de labor, calculada sobre la base de QUINCE (15) litros por ave sacrificada. Esta cifra es básica y será adecuada por el SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA a los requerimientos operativos.

Generalizando, la media de agua consumida por ave es de 20 litros y el 87% del total de agua potabilizada es tratada posteriormente como efluente líquido, luego es volcada a un curso de agua superficial. Muchas veces el caudal del curso superficial lo constituye el efluente de volcado.

En los departamentos Colón y Uruguay se radicaron frigoríficos en sitios que poseen fragilidad ambiental, porque la ubicación se realiza sobre cursos de agua menores, terrenos no aptos, escasa distancia a centros urbanos, accesibilidad a rutas y o caminos estables.

En el cuadro siguiente se detalla el establecimiento el cuerpo receptor y el volumen de agua de descarga.

Cuadro 3. Detalle volumen de las descargas frigoríficos avícolas en los Dptos. Uruguay - Colón

ID	Nombre	Cantidad de agua volcada al curso (87% del proceso) litros/día	Curso de descarga	Curso superior de descarga
1	Frigorífico Avícola Basavilbaso SACIAG	1.174.500	Arroyo El Cala	Rio Gualeguay
2	Industrializadora S.A. (Noelma)	1.566.000	Arroyo El Doctor - Arroyo Perucho Verna	Rio Uruguay
3	Bonnin Hnos.	1.174.500	Arroyo El Pelado	Rio Uruguay
4	Frigorífico entrerriano de productores avícola S.A. (Fepasa)	1.017.900	Arroyo El Curro	Rio Uruguay
5	Granja Tres Arroyos	1.879.200	Arroyo de la China	Rio Uruguay
6	Super S.A.	939.600	Arroyo de la China	Rio Uruguay
7	Las Camelias S.A.	1.722.600	Rio Uruguay	Rio Uruguay
8	SERVIAVE S.A.	156.600	Arroyo San Cipriano	Arroyo Molino Rio Uruguay
9	FADEL S.A.	1.566.000	Cañada del Cordobés - Arroyo Renoval	Rio Gualeguaychú

El volumen de agua residual diario que se genera se determina a partir del cálculo de la población equivalente, resultando:

Cuadro 4. Población equivalente de las descargas frigoríficos avícolas en los Dptos. Uruguay - Colón

ID	Nombre	Localidad	Departamento	Población equivalente (200 litros habitantes/día)	Curso de descarga
1	Frigorífico Avícola Basavilbaso SACIAG	Basavilbaso	Uruguay	5.873	Arroyo El Cala
2	Industrializadora S.A. (Noelma)	San José	Colón	7.830	Arroyo El Doctor -Arroyo Perucho Verna
3	Bonnin Hnos.	Colón	Colón	5.090	Arroyo El Pelado
4	Frigorífico entrerriano de productores avícola S.A. (Fepasa)	Concepción del Uruguay	Uruguay	4.698	Arroyo El Curro
5	Granja Tres Arroyos	Concepción del Uruguay	Uruguay	9.396	Arroyo de la China
6	Super S.A.	Concepción del Uruguay	Uruguay	4.698	Arroyo de la China
7	Las Camelias S.A.	San José	Colón	8.613	Rio Uruguay
8	SERVIAVE S.A.	San Justo	Uruguay	783	Arroyo San Cipriano
9	FADEL S.A.	Pronunciamiento	Uruguay	7.830	Cañada del Cordobés – Arroyo Renoval

## 1.2. Crecimiento relativo de la población en función de la población equivalente.

En el cuadro siguiente se refleja la cantidad de personas que equivalen (en función de los vertidos líquidos) los frigoríficos instalados.

Cuadro 5. Incremento de población equivalente por descargas frigoríficos avícolas en los Dptos. Uruguay - Colón

Departamento	Población equivalente (200 litros habitantes/día)	Población estimada Departamento 2018	Población estimada Departamento 2018 + Población equivalente	Incremento en términos de población (%)
Colón	21.533	67.700	89.233	31,81
Uruguay	28.580	107.041	39.321	26,70
Total	50.113	174.471	224.854	28,68

La población estimada de los Departamentos Colón y Uruguay para el año 2018, fue determinada aplicando la metodología de proyección demográfica denominada “Tasa Geométrica Decreciente”. Este es uno de los métodos recomendados en la formulación de los proyectos de abastecimiento y distribución de agua potable (*Criterios Básicos para el Estudio y Diseño – Capítulo 2. Estudio Preliminares para el diseño de las obras – Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento*) y adoptado en el Plan Maestro de Agua Potable de Concepción del Uruguay.

## 4.OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar propuestas para la reutilización del efluente líquido que egresa de los sistemas de depuración.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer los usos de acuerdo a las características de los efluentes líquidos.

Establecer tecnologías acordes a criterios ambientales y económicos que garanticen la sustentabilidad.

## 5.ANTECEDENTES

La utilización de aguas residuales en agricultura, tratadas o sin tratar, es una opción que empieza a tomar peso en diversas zonas del planeta, como una respuesta alternativa al creciente déficit hídrico, y sobre todo, a la fuerte competencia entre las zonas urbanas y periurbanas por agua dulce.

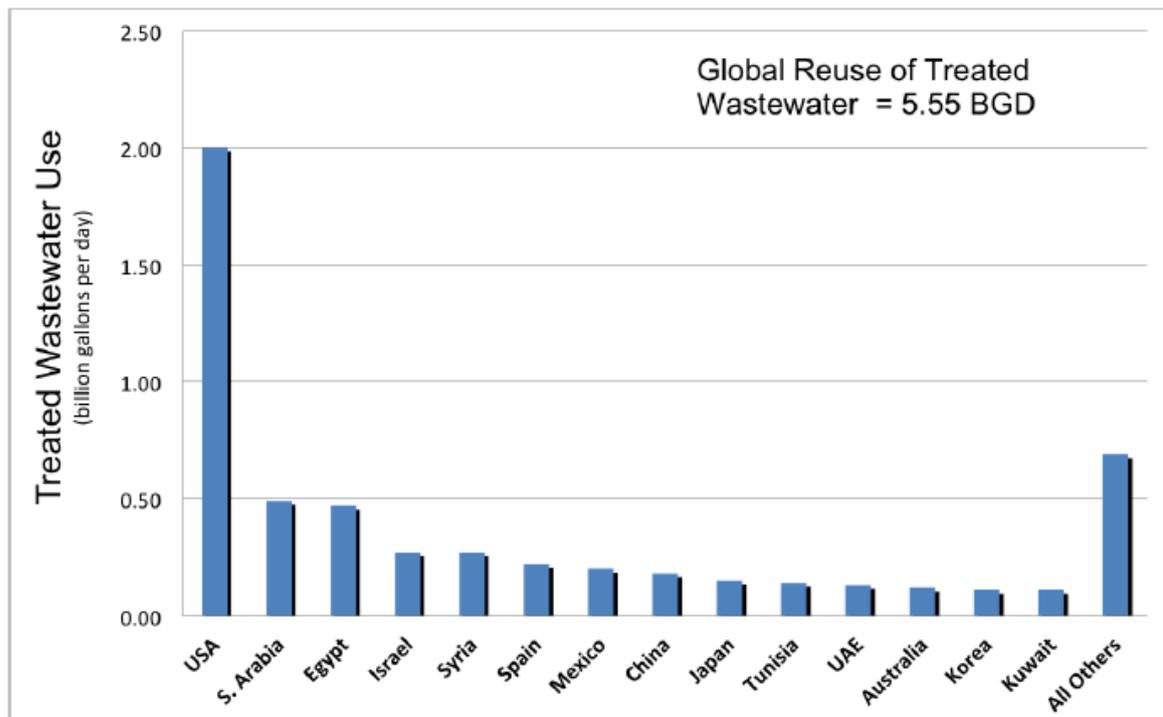


Figura 1. Uso de aguas tratadas a nivel mundial.

Son numerosos los ejemplos de países con antigua tradición agrícola que han utilizado los efluentes como fertilizantes de sus cultivos. Actualmente, muchos países de Oriente, Africa,

extensas regiones de Europa, en Sudamérica e inclusive nuestro país también se están usando efluentes depurados.

Hoy en día, China tiene alrededor de 1,5 millones de hectáreas de cultivo bajo riego con aguas residuales urbanas. En los alrededores de Ciudad de México que es la segunda ciudad más grande del mundo, se riegan con los efluentes municipales alrededor de 140.000 hectáreas de cultivo agrícola. De igual modo se hace en la India con más de 70.000 hectáreas bajo riego de efluentes.

Se calcula que, a nivel mundial, 20 millones de hectáreas (7% de las tierras de regadío) se abastecen de aguas residuales tratadas o parcialmente tratadas (UN-Water, 2013).

La reutilización es la utilización de un agua tratada o no tratada para un propósito diferente del que fue generada, implicando un cambio de usuario final, de ahí que también se las conoce como aguas regeneradas.

Es un término no estandarizado que tiene diferente significado en función del país, su legislación o práctica.

En la actualidad, solo el 4 % del agua consumida es reutilizada

El riego es el principal consumidor de agua a nivel mundial, la reutilización de agua para riego tiene las siguientes ventajas:

- Gran potencial de uso, cercanía de zonas regables a grandes ciudades.
- Calidad menos restrictiva que otros usos.
- Aprovechamiento de nutrientes y por tanto reducción de costos por fertilización.
- Gran variedad de tecnologías incluidos los tratamientos terciarios que posibilitan entregar un agua con la calidad necesaria para cada especie.
- Garantía constante del recurso.

Como inconvenientes se puede enumerar:

- Idoneidad agronómica del agua.
- Riesgos sanitarios por la manipulación en el riego.
- Riesgos en los consumidores de las especies producidas.
- Cambios en la composición/estructura del suelo.
- Riesgos ambientales.
- Opinión pública.
- Calidad en función del tipo de cultivo.
- Necesidad de almacenamiento.
- Necesidad de monitoreo lo cual demanda mayores costos.

La mejor calidad del agua regenerada se logra mediante procesos de tratamientos terciarios con doble membrana (microfiltración y osmosis inversa) (Aquarec, 2006).

Esto, sin embargo, resulta costoso y se recomienda solo para cultivos de alto valor o para recarga acuífera.

Un enfoque pragmático consiste en hacer que el tratamiento de las aguas residuales sea “adecuado al objetivo”, dependiendo del uso específico y el grado de contacto que exista (por ej., si el producto se va a consumir crudo, pelado, cocido, si se utiliza para forraje, para uso industrial, como algodón, biocombustible, o bien, si el agua se utiliza para árboles frutales, etc.).

Una serie de cultivos pueden regarse con agua regenerada (Tabla I) y existe información disponible acerca de todos los aspectos agronómicos del riego que utilizan agua regenerada.

La FAO ha publicado varios informes como el titulado “Water Quality for Agriculture” así como estudios acerca de la tolerancia a la salinidad de varios cultivos en la Serie de Informes de Riego y Drenaje. ([http://www.fao.org/nr/water/infores\\_pubs\\_quality.html](http://www.fao.org/nr/water/infores_pubs_quality.html)).

En nuestro país, con respecto a la reutilización de las aguas residuales, ha sido la provincia de Mendoza la pionera en esto, y desde el año 1996 se le ha dado forma legal a la reutilización de aguas residuales tratadas mediante la definición de los parámetros mínimos de calidad de los efluentes tanto domésticos como industriales. Así nacieron los denominados ACRES (Área de Cultivos Restringidos Especiales) controlados por el Departamento de Irrigación.

Tabla I - Ejemplos de Cultivos Regados con Aguas Residuales Tratadas<sup>4</sup>

<b>Tipos</b>	<b>Ejemplos de cultivos</b>	<b>Tratamiento requerido</b>
Cultivos agrícolas	Cebada, maíz, avena	Secundario, desinfección
Cultivos de fibras y semillas	Algodón	Secundario, desinfección
Hortalizas que pueden consumirse crudas	Aguacate, repollo, lechuga, fresa	Secundario, filtración, desinfección
Hortalizas que se procesan antes del consumo	Alcachofa, remolacha, caña de azúcar	Secundario, desinfección
Cultivos para forraje	Alfalfa, cebada, mijo	Secundario, desinfección
Huertos y viñedos	Damasco, naranja, durazno, ciruela, vides	Secundario, desinfección
Invernaderos	Flores	Secundario, desinfección
Bosques comerciales	Madera, álamos	Secundario, desinfección

Fuente: Adaptado de Lazarova y Bahri (eds.) 2005.

La experiencia de Mendoza, donde las aguas residuales (en este caso tratadas en lagunas de estabilización) se usan en agricultura y forestación en los que se denomina ACRE: Área de Cultivos Restringidos Especiales (IDRC – OPS/HEP/CEPIS, 2000-2002).

Existen 15.000 hectáreas regadas en Mendoza con estas aguas, pertenecientes en su mayoría a especies arbóreas como eucaliptus, álamo y frutales; también la vid es un cultivo regado en esta modalidad. En otras provincias con características áridas y semiáridas se están llevando a cabo iniciativas similares.

En Comodoro Rivadavia, 1992, habilitó la planta depuradora de líquidos cloacales para riego del cordón forestal. En la localidad entrerriana de Colonia Ayuí más de tres mil vecinos y emprendimientos turísticos eran afectados por las frecuentes floraciones de algas nocivas en el lago Salto Grande, receptor de más de 42 millones de litros por año de aguas tratadas.

Organizados bajo la figura de la ONG Salto Grande Ambiental, los vecinos se acercaron al INTA en busca de una alternativa. Así, basados en experiencias de otros países, los especialistas decidieron reutilizar el agua residual para regar plantaciones forestales de un campo de la zona, con amplias ventajas.

Pero seguramente, en lo específicamente referido a la actividad productiva (frigoríficos avícolas) y la reutilización de sus efluentes tratados objeto de análisis, el sistema de riego forestal propuesto por el Frigorífico FADEL S.A. ubicado a 5,8 km al SO de la localidad de Primero de Mayo, Departamento Uruguay, Provincia de Entre Ríos, resulta la experiencia más valiosa en desarrollo.

El efluente tratado que egresa del sistema de lagunaje del tipo facultativas es utilizado con fines productivos y remediativos para el riego de una superficie de 12 hectáreas forestadas aplicando la metodología de surcos que una extensión de 30 km de recorridos de las acequias distribuye el agua a las especies forestales que se dividen en 7 hectáreas de álamos, 1 hectárea de sauces, 2 hectáreas de pinos y 2 hectáreas de eucaliptos respectivamente.

Este proyecto atraviesa sus primeros años de implementación por lo cual se está en los periodos de ajustes y búsqueda de la mayor eficacia y resultados que brindara información de alto valor para que se pueda replicar en otros establecimientos productivos y sus sistemas de tratamientos de los efluentes similares que como se detalló precedentemente existen en el territorio de la provincia de Entre Ríos.

La Secretaria de Ambiente de la Provincia de Entre Ríos ante la necesidad de gestionar las actividades productivas y de servicios, que como producto de sus procesos, afectan la calidad del agua de los cursos superficiales, generando impactos sobre las cuencas, ubicadas en el territorio sometido a jurisdicción provincial, promulgó la Resolución N° 554 con fecha del 13/11/2015 que establece ***“que todo establecimiento productivo, industrial y/o de servicio instalado o por instalarse en el territorio provincial, cuyos efluentes líquidos puedan ser***

*reutilizados como riego forestal, cumplan con lo establecido con la resolución”* cuyos principales artículos de aplicación establecen:

**Artículo 2:** *Aprobar los límites de emisión para riego forestal de las actividades productivas industrial y/o servicio, según lo dispuesto en el Anexo I en la presente.*

**Artículo 3:** *Aprobar el plan de monitoreo para riego forestal de las actividades productivas industrial y/o servicio, según lo dispuesto en el Anexo I en la presente.*

**Artículo 4:** *Disponer que para la aplicación de la presente resolución sea condición, sine qua non, la obtención del Certificado de Aptitud Ambiental dispuesto según el Decreto 4977/09.*

En el anexo I se definen los límites admisibles de los parámetros de calidad de las descargas previa a la impulsión al sistema de riego y la frecuencia de los estudios, las especificaciones técnicas del mapa piezométrico que se deberá presentar para caracterizar la profundidad y el sentido del escurrimiento subterráneo de la napa freática así como la caracterización del tipo de suelos que integran el sistema físico donde se realizara la intervención que incluye las unidades fisiográficas que la integran y los parámetros físicos químicos más relevantes.

Los límites admisibles de los principales parámetros de calidad establecidos en el Anexo I que mínimamente deben monitorearse y los establecidos en el Anexo I de la ley 6260 se detallan en la tabla siguiente:

Límites admisibles según Resolución N° 554			s/Ley 6260 <sup>(1)</sup>
Parámetro	Unidad	Límite	Límite
Temperatura	° C	≤ 45	< 45
pH	upH	6,5 – 8,5	5,5 a 10
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	≤ 130	(2)
Conductividad	ms/cm	< 2000	Sin especificar
Sodio	mg/l	≤ 500	Sin especificar
Calcio	mg/l	≤ 300	Sin especificar
Magnesio	mg/l	≤ 60	Sin especificar
Potasio	mg/l	≤ 10	Sin especificar
Carbonatos	mg/l	≤ 30	Sin especificar
Bicarbonatos	mg/l	≤ 300	Sin especificar
Cloruros	mg/l	≤ 140	Sin especificar
Sulfatos	mg/l	≤ 300	Sin especificar
Nitratos	mg/l	≤ 5	Sin especificar
Fosforo total	mg/l	≤ 30	Sin especificar
Coliformes totales	UFC/100 ml	10.000	Sin especificar
Coliformes fecales	UFC/100 ml	2.000	Sin especificar

(1) : Descargas a cursos de agua

(2) Material en suspensión total; descargas al Río Paraná: < 200 mg/l, descargas al Río Uruguay < 100 mg/l, descargas a ríos, arroyos interiores con caudales permanentes y mayores 10 veces al caudal de descarga de la industria: < 30 mg/l.

Del análisis comparativo de ambas normativas se infiere que con la promulgación de la Resolución N° 54 se ha dado un paso importantísimo en los estándares de calidad de vuelco incluyendo los cationes y aniones mayoritarios, nutrientes y microorganismos patógenos entre otros parámetros que están ausentes en la ley 6260.

Finalmente, por todo lo expuesto, se concluye que:

- El agua reutilizada ayuda a reducir la presión sobre los recursos hídricos tanto en su cantidad como en la calidad de los mismos.
- Gran potencial del desarrollo agrícola en zonas cercanas a ciudades.
- Se requiere la construcción de un marco normativo claro sobre el uso del agua reutilizada y el consumo de la producción obtenida.
- Necesidad de implementar esquemas de organización (público – privado) que permitan alcanzar la sustentabilidad económica de los procesos de reutilización.
- Necesidad de establecer mecanismos de control a los efectos de minimizar los efectos adversos sobre los cultivos, salud de los regantes y/o consumidores y ambientales.
- Transparencia para evitar alarma social.

## 6.ALTERNATIVAS

Si bien son numerosas las actividades productivas que pueden ser regadas con aguas tratadas de líquidos residuales domésticos o industriales, el riego de cultivos agrícolas y de especies forestales sobresalen como las opciones más frecuentemente implementadas.

A continuación, se desarrolla el análisis de factibilidad de ambas alternativas teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales que se debe contemplar en las comparaciones a efectuar.

### Uso Agrícola

Las aguas residuales tratadas o no, se pueden utilizar en agricultura directamente, con poca o ninguna dilución con agua dulce, o indirectamente, una vez que se ha vertido a cuerpos de agua de manera que el agua contaminada se utiliza aguas abajo (Mateo-Sagasta et al.,2015).

En América Latina y el Caribe (ALC) como en el resto del mundo, la extensión de la reutilización indirecta es mucho mayor que la reutilización directa y planificada (Figura 2).

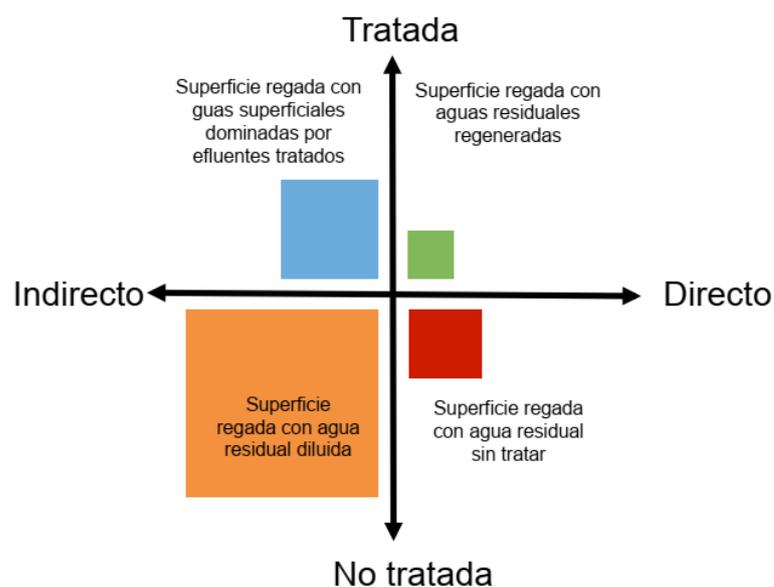


Figura 2. Comparación grafica de la superficie regada de manera directa e indirecta con agua residual tratada y no tratada en la región de ALC (grafico no a escala)

### Beneficios para la agricultura

Muchas experiencias han demostrado como las aguas residuales logran una productividad agrícola más alta que cultivos regados con aguas convencionales. El cuadro 6 muestra las experiencias agrícolas realizadas en Tacna (Perú), en donde los agricultores que regaban con aguas residuales tratadas en lagunas de estabilización lograban cosechas de 50 a 250 % mas altas que aquellos que usaban agua de pozo y ocasionalmente fertilizantes químicos (Moscoso, 2016). Esto implica para los primeros una reducción importante de sus costos de producción y por tanto una ventaja en los precios de los productos que ofertan en el mercado.

Cuadro 6. Incremento de la producción agrícola por el uso de aguas residuales en Tacna, Perú (toneladas métricas/ha).

CULTIVO	Aguas residuales tratadas	Aguas de pozo + fertilizantes
Alfalfa	12	10
Maíz	5	2
Trigo	3	2
Cebada	4	3
Avena forraje	22	12
Tomate	35	18
Aji	12	7
Papa	30	12

Fuente: Moscoso (2016)

Por otra parte, cuando las aguas residuales (tratadas o no) que se emplean para regar sustituyen a la extracción de aguas subterráneas puede haber importantes ahorros en los costos de bombeo o puede prevenirse la sobreexplotación de acuíferos.

Los proyectos de reutilización que proporcionen flujos constantes de agua y nutrientes como es el caso de las aguas residuales urbanas tratadas o las aguas tratadas de una actividad productiva como un frigorífico avícola, para la agricultura periurbana se pueden traducir en mayores rendimientos agrícolas, más cultivos por año y en definitiva, mayores ingresos para los agricultores.

En muchos casos, las áreas cultivadas actúan como lagunas de estabilización, disminuyendo la concentración de patógenos y materia orgánica en estos efluentes tratados, y beneficiando al mismo tiempo la actividad con un continuo aporte hídrico.

Por otra parte, los mecanismos de reutilización e intercambio entre la agricultura y el medio ambiente también pueden ser muy beneficiosos. Así, el uso en agricultura de aguas residuales (tratadas o no) puede liberar el agua dulce para usos medioambientales, por ejemplo, para recarga de acuíferos o para aumento de caudales ambientales en los ríos.

### **Riesgos para la salud y mitigación de riesgos**

Las aguas residuales, especialmente cuando no están tratadas, pueden contener altas concentraciones de patógenos fecales (bacterias, nematodos, protozoos y virus), sustancias irritantes de la piel y químicos tóxicos como metales pesados y residuos de pesticidas, lo que pone en riesgo la salud de las personas (Tchobanoglous et al.,2003). Cuando las aguas residuales se utilizan en la agricultura, los patógenos son el principal peligro para la salud humana por su exposición a través de diferentes vías (Cuadro 7).

Estas vías de exposición son principalmente el contacto con aguas residuales (agricultores, trabajadores de campo, y comunidades aledañas) y el consumo de productos cultivados con aguas residuales (consumidores).

Se han propuesto distintos enfoques para mitigar los riesgos para la salud en utilización de aguas residuales (tratadas o no) para uso agrícola.

Cuadro 7. Ejemplos de diferentes tipos de peligros asociados con el uso de aguas residuales municipales en la agricultura de los países en vías de desarrollo.

Peligro	Ruta de Exposición	Grado de Importancia
Bacterias (por ejemplo <i>E.coli</i> , <i>Vibrio cholerae</i> , <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp.)	Contacto, consumo	Bajo-alto
Helmintos (gusanos parasitarios)	Contacto, consumo	Bajo-alto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ascaris</i>, anquilostomas, <i>Taenia</i> spp. y otros helmintos transmitidos a través del suelo</li> <li>• <i>Schistosoma</i> spp.</li> </ul>	Contacto	Nulo-alto
Protozoos ( <i>Giardia intestinalis</i> , <i>Cryptosporidium</i> , <i>Entamoeba</i> spp.)	Contacto, consumo	Bajo-medio
Virus (por ejemplo virus de la hepatitis A, virus de la hepatitis E, adenovirus, rotavirus, norovirus)	Contacto, consumo	Bajo-alto
Irritantes de la piel	Contacto	Medio-alto
Patógenos transmitidos por vectores ( <i>Filaria</i> spp., virus de la encefalitis japonesa, <i>Plasmodium</i> spp.)	Contacto con el vector	Nulo-medio

Metales pesados y metaloides (por ejemplo, arsénico, cadmio, plomo, mercurio)	Consumo	Generalmente bajo
Hidrocarburos halogenados (dioxinas, furanos, PCB) Pesticidas (aldrin, DDT)	Consumo Contacto, consumo	Bajo Bajo

Fuente: Adaptado de la OMS (2006)

Tradicionalmente, los enfoques utilizados han tenido un fuerte énfasis en la calidad del agua y en estrictas regulaciones en el lugar de uso, haciendo que el tratamiento de las aguas residuales sea elemental para la reutilización del agua (Asano y Levine, 1998; OMS, 1989).

Sin embargo, en países con bajos ingresos, las estrictas normas de calidad del agua para su reutilización a menudo se perciben como inasequibles y, por tanto, fracasan.

Las guías (OMS, 2006) proponen el uso del enfoque de barreras múltiples a lo largo de la cadena alimentaria y de saneamiento, desde la generación de las aguas residuales hasta el consumo de los alimentos, en vez de enfocarse solo en la calidad de las aguas en el lugar de uso (Figura 3).

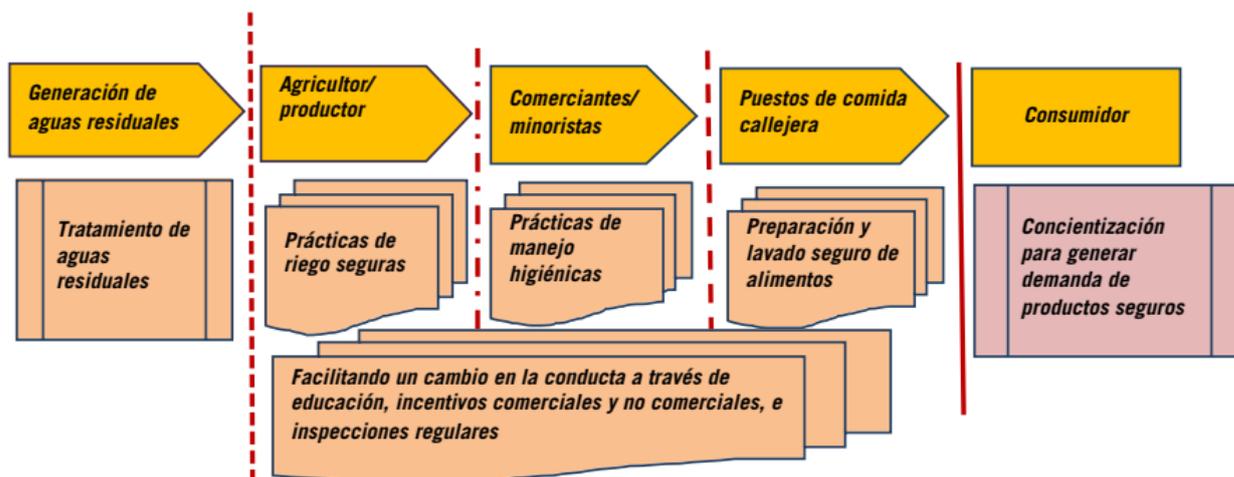


Figura 3. Enfoque de barreras múltiples y su aplicación en el riego con agua residuales  
(Fuente: Amoah et al., 2011)

Una combinación de estas medidas (o barreras) debe ser suficientes para lograr un nivel aceptable del control de riesgo para la salud.

### Métodos de riego

Algunos de los problemas generales de utilizar agua regenerada para el riego es la posibilidad de crecimiento de algas y macrofitas en canales abiertos, la formación de biopelículas en tuberías y el hecho de que vuelvan a crecer agentes patógenos en los sistemas de regeneración y reutilización. Dichos efectos pueden mitigarse utilizando sustancias químicas u otros medios que cambien la composición del agua regenerada.

Algunos métodos de riego pueden reducir la exposición de los cultivos a los agentes patógenos, mientras que otros no resultan adecuados. El riego por aspersión, por ejemplo, no es aconsejable para el riego de lechugas, debido a la capacidad del cultivo de mantener agua entre sus hojas y, de esta manera, mejorar

la supervivencia de los agentes patógenos. Otros cultivos necesitan métodos de riego específicos, por ejemplo, el pasto para forraje generalmente es regado por aspersión y es difícil hacerlo por goteo a menos que el suelo sea pesado.

Los métodos de riego por gravedad, tales como inundación o surco utilizados en muchos países de la región (ALC) incluyendo México y Bolivia, generan grandes riesgos para los trabajadores agrícolas y contaminan los cultivos de tallo bajo (Blumenthal et al., 2000; Huibers et al., 2004).

El riego localizado, como el goteo, ofrece el mayor grado de protección para la salud (Pescod, 2002), ya que casi no existe contacto entre el agua residual (tratada) y los cultivos.

Estudios provenientes de ALC sobre el cese de riego antes de la cosecha muestran que un periodo de más de 8 días puede posibilitar la muerte de bacterias y virus, de modo que la calidad de los cultivos regados mejora (Peasey et al., 2000). Esto es particularmente efectivo en condiciones calurosas y secas. No obstante, es difícil garantizar su cumplimiento, especialmente donde el valor de las hortalizas depende de su aspecto fresco en los mercados.

Los factores a considerar al seleccionar el método de riego, desde el punto de vista del efecto sobre los trabajadores y los consumidores, se muestran en las Tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Factores que influyen en la selección del método de riego y medidas especiales necesarias para las aplicaciones de agua regenerada

<b>Método de riego</b>	<b>Factores que influyen en la selección</b>	<b>Medidas especiales para el riego con agua regenerada</b>
Riego por inundación	El de menor costo No requiere una nivelación exacta Baja eficiencia del uso del agua Bajo nivel de protección sanitaria	Rigurosa protección de los trabajadores en el campo, manipuladores de cultivos y consumidores.
Riego por aspersión	Costo medio a alto Eficiencia media del uso del agua No se requiere nivelación Bajo nivel de protección sanitaria (debido a los pulverizadores)	Distancia mínima de 50-100 m desde casas y caminos Restricciones de la calidad del agua (eliminación de agentes patógenos) No se deben utilizar desechos anaeróbicos, debido a los malos olores. Uso de miniaspersores
Riego subterráneo y por goteo	Alto costo Alta eficiencia del uso del agua Mayores rendimientos Mayor nivel de protección sanitaria	No se requieren medidas de protección Restricción de la calidad del agua (filtración) para evitar que los dispositivos se obstruyan

Fuente: Lazarova y Bahri (2005,2008).

Tabla 3. Clasificación de las prácticas de cultivo como función del riesgo sanitario para los trabajadores agrícolas

<b>Bajo riesgo de infección</b>	<b>Alto riesgo de infección</b>
Prácticas agrícolas mecanizadas Prácticas de cosechas mecanizadas Cultivos se secan antes de la cosecha Largos periodos secos entre riegos	Áreas con una alta cantidad de polvo Cultivo a mano Cosecha a mano de cultivos alimentarios Movimiento de los equipos de aspersión Contacto directo con las aguas de regadío

Fuente: Lazarova y Bahri (2005).

Tabla 4. Niveles de riesgo asociados con los diferentes tipos de cultivos que se riegan con agua regenerada

<b>Menor riesgo para el consumidor, pero aun es necesaria la protección para los trabajadores en el campo</b>	<b>Riesgo medio para el consumidor y el manipulador de alimentos</b>	<b>Mayor riesgo para el consumidor, trabajador en el campo y manipulador de alimentos</b>
<b>Riego agrícola</b>		
Cultivos industriales no aptos para el consumo humano (por ej., algodón, sisal) Los cultivos normalmente pasan por un proceso de calor o son secados antes del consumo humano (granos, oleaginosas, remolachas). Hortalizas y frutas que se cultivan exclusivamente para ser enlatadas u otro procesamiento que destruye efectivamente los agentes patógenos. Cultivos para forraje y otros cultivos para pienso que son secados al sol y se cultivan antes de ser consumidos por los animales	Pastos, forrajes verdes Cultivos para consumo humano que no entran en contacto directo con aguas residuales, con la condición de que no se recolecten del suelo y que no se use riego por aspersión (por ej., arboles, vides) Cultivos para el consumo humano que normalmente se comen cocidos (por ej., papas, berenjenas, betarragas) Cultivos para el consumo humano, cuya cáscara no se consume (por ej., melones, cítricos, plátanos, nueces, maní) Cualquier cultivo no identificado de alto riesgo si se utiliza riego por aspersión	Cualquier cultivo que se come crudo y que crece en estrecho contacto con el efluente de aguas residuales (por ej., hortalizas frescas como lechugas o zanahorias, frutas regadas por aspersión) Riego por aspersión sin considerar el tipo cultivo a 100 m de las áreas residenciales o lugares de acceso publico
<b>Riego de jardines</b>		
Riego de jardines en áreas delimitadas con rejas sin acceso publico	Campos de golf con programas de riego automatizado	Campos de golf con riego manual Riego de jardines con acceso público (por ej., parques, patios de escuelas, céspedes)

Fuente: Lazarova y Bahri (2005).

### **Riesgos medioambientales fuera de la explotación agrícola y mitigación de riesgos**

Aun cuando el reciclaje de las aguas residuales tratadas y el aporte de nutrientes a los suelos regados pueden ofrecer múltiples beneficios medioambientales (ver capítulo 3), existen algunos riesgos ambientales anexos cuando se utilizan aguas residuales parcialmente tratadas o sin tratamiento alguno. Estos riesgos incluyen la contaminación del agua subterránea y la degradación del agua superficial.

El uso de aguas residuales tiene el potencial de recargar los acuíferos subterráneos (externalidad positiva), pero también de contaminarlos (externalidad negativa). La percolación del exceso de nutrientes, sales y patógenos a través del suelo puede ocasionar la degradación del agua subterránea (Tang et al.,2004).

Sin embargo, el impacto real dependerá de una gama de factores, incluyendo el grado de uso de aguas residuales, la calidad del agua subterránea, la profundidad de la capa freática, el sistema de drenaje, y las características del suelo (estructura y textura: arcillosa, limosa o arenosa). En áreas con capas freáticas superficiales y/o con suelos arenosos el impacto del riego con aguas residuales en la calidad del agua subterránea puede ser significativo.

Otro riesgo es la escorrentía desde los sistemas de riego con aguas residuales hacia el agua superficial, particularmente pequeños lagos y cuerpos de agua confinados, que entre otros

contaminantes pueden recibir un exceso de nutrientes que generen eutrofización, especialmente si se acumulan fosfatos en forma de ortofosfatos. El exceso de nutrientes provoca un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas. Los desequilibrios en las comunidades microbiológicas de algas en los cuerpos de agua pueden afectar otras formas superiores de vida acuática y reducir la biodiversidad.

Si estos cuerpos de agua abastecen a las comunidades locales los impactos ecológicos se pueden traducir en impactos económicos, aspecto que debe ser considerado con mucha atención.

La movilidad de los contaminantes y su capacidad de acumularse, agravan la amenaza que generan al medioambiente y a la sociedad. Una vez que un cuerpo de agua se contamina, pierde sus funciones primarias y los servicios que ofrece a la economía y la sociedad se ven afectados (Mayer et al., 2013).

### **Medidas en la explotación agrícola para mitigar los riesgos ambientales**

Si se usan aguas residuales parcialmente tratadas, las aguas de riego todavía pueden tener sustancias peligrosas para el medio ambiente, tales como excesos de sales, nutrientes o metales y metaloides. Si se quiere proteger el medio ambiente, se deberá evitar la incorporación de estas sustancias a los cuerpos de agua y al medio ambiente en general.

#### Selección de cultivos y prácticas agrícolas

Si el problema es un exceso de nutrientes en las aguas de riego, los agricultores podrán seleccionar cultivos con una alta tasa de utilización de nutrientes, por ejemplo, los forrajes como el tabaco. Esto reducirá la concentración de nutrientes en las aguas de drenaje o lixiviación, reduciendo así los riesgos para el medio ambiente. También se pueden usar estrategias basadas en los tipos de suelo. Por ejemplo, los suelos arcillosos o franco-limosos pueden retener mejor los nutrientes que los suelos arenosos. En general hacen falta directrices para regular los aportes de nutrientes a los suelos regados con aguas residuales (Lazarova y Bahri, 2005).

Si el problema es un exceso de sales en las aguas de riego, los agricultores también pueden seleccionar cultivos o variedades de cultivos con una alta tasa de absorción de sales, de forma que reduzca el contenido de éstas en las aguas de drenaje o lixiviación.

En el caso de los metales pesados u otros microcontaminantes tóxicos, persistentes y que se acumulan en las cadenas tróficas, sin duda lo ideal es prevenir que entren en los sistemas agrícolas o el medio ambiente, evitando los vertimientos industriales ilegales y favoreciendo su eliminación en el lugar de origen o tratando estas aguas antes de ser usadas. Las técnicas disponibles para regenerar suelos contaminados por metales pesados o metaloides incluyen opciones de ingeniería in-situ y ex-situ, inmovilización de metales en el suelo, fito-remediación,

fito-extracción mejorada con quelatos y el uso de cultivos transgénicos (Qadir et al., 2000; Rai, 2012).

#### Minimización de la percolación y gestión del drenaje

Una manera de reducir la incorporación de contaminantes a los cuerpos de agua es ajustando las dosis de riego a los requerimientos de los cultivos, de manera que se minimice la cantidad de agua que percola hacia el acuífero o drena hacia las aguas superficiales y las cargas contaminantes asociadas.

Sin embargo, cuando se usan aguas salinas o salobres para riego, se requiere aplicar dosis extra de agua (fracción de lavado) y favorecer el drenaje a fin de mantener el balance de sal en el perfil del suelo y sustentar la producción eficiente de los cultivos (FAO, 2007; Qadir y Drechsel, 2010). La salinidad del agua de drenaje puede ser hasta 50 veces mayor que la del agua de regadío y su vertido puede aumentar la salinidad de los cuerpos receptores. El desafío es minimizar los impactos medioambientales en los ecosistemas vinculados con estos cuerpos de agua. La FAO ha elaborado directrices para planificar y diseñar sistemas de drenaje (FAO, 2005 y 2007) que al mismo tiempo protejan los recursos hídricos de los impactos negativos del vertimiento de agua de drenaje agrícola (FAO, 2002). En el caso de napas freáticas poco profundas o suelos de textura gruesa (suelos arenosos altamente permeables), se debe evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

#### Evaluación económica de los proyectos de reutilización del agua

En la mayor parte de países de América Latina y el Caribe es poco frecuente realizar evaluaciones exhaustivas antes de comenzar con un proyecto de tratamiento y reutilización de aguas residuales. La factibilidad financiera ha sido el foco de análisis en la mayoría de la literatura existente sobre proyectos de reutilización (GWI, 2009).

Sin embargo, la toma de decisiones desde una perspectiva política también requiere de análisis económico. Mientras que la factibilidad financiera consideraría solo los costos privados y los flujos de caja de un proyecto de reutilización, el análisis económico considera también los costos y beneficios públicos desde la perspectiva de la sociedad como un todo (Figura 4).

Para la factibilidad financiera, el ingreso debe al menos igualar los costos. En los proyectos de reutilización de aguas a menudo este no es el caso y puede tener como consecuencia que se rechacen proyecto de reutilización y se pierdan oportunidades económicas.

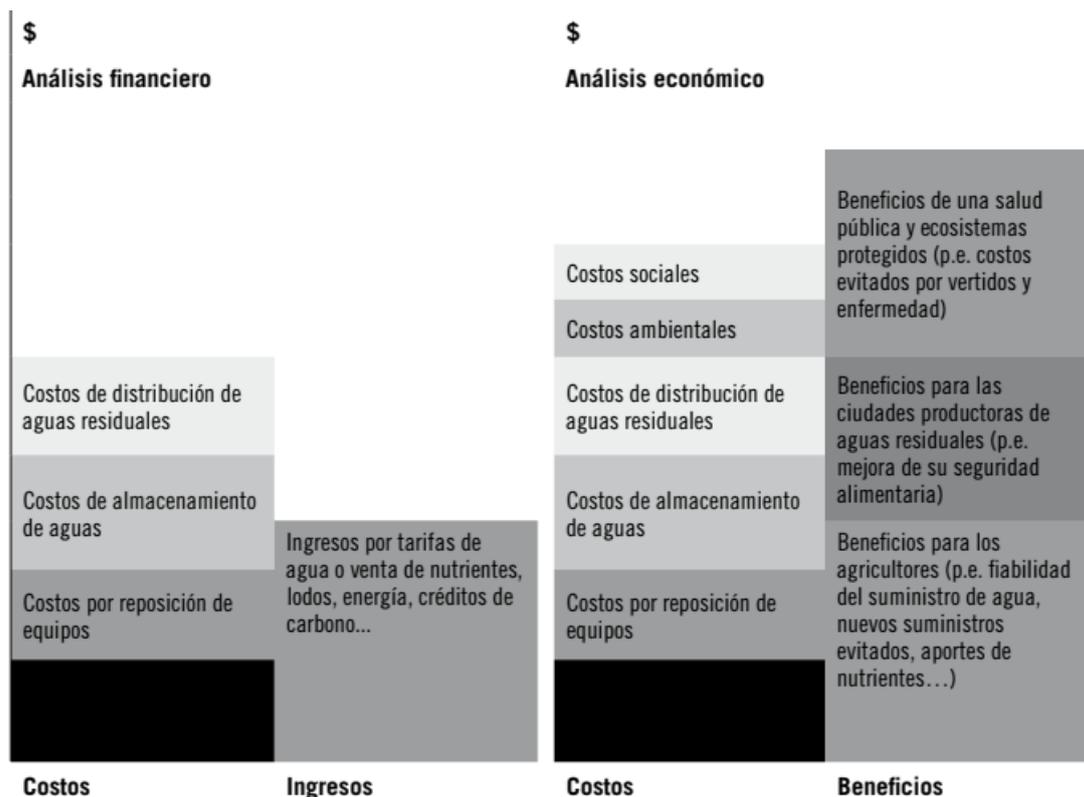


Figura 4. Análisis financiero versus análisis económico en proyectos de reutilización de aguas (Fuente; adaptado de Hanjra et al.,2015)

### Políticas e instituciones

Con respecto a la utilización de aguas residuales, incluyendo la reutilización agrícola, todavía no existe en el país una reglamentación específica, ni una ley nacional que fije los presupuestos mínimos para la reutilización con fines agrícolas.

Tampoco existe reglamentación concreta para el control de calidad de productos regados con aguas residuales. Sin embargo, cabe destacar el trabajo realizado por Sartor y Cifuentes (2012) quienes presentan un proyecto de ley nacional, estableciendo las condiciones para promover la utilización de aguas residuales. Esta propuesta se encuentra actualmente en estado de revisión del Parlamento.

A nivel provincial, Mendoza es la única provincia que tiene una reglamentación específica para la utilización agrícola de aguas residuales tratadas (Resolución 35/1996), en Puerto Madryn la regulación municipal de reutilización de aguas define los estándares de reutilización (Cuadro 8)

Cuadro 8. Parámetros microbiológicos para la reutilización del agua en Mendoza y Puerto Madryn.

Tipo	Riego de:	Nematodos parásitos (huevos/l)		Coliformes totales/100 ml		Tratamiento mínimo requerido	
		Mendoza	Puerto Madryn	Mendoza	Puerto Madryn	Mendoza	Puerto Madryn
A	Hortalizas, frutos y otros productos de consumo en crudo	≤ 1	0	≤ 1.000	150	Lagunas de estabilización	No definida
B	Campos deportivos, parques públicos	≤ 1	1	≤ 1.000	1.000		No definida
C	Cultivos industriales, árboles y pastos	≤ 1	1	Ausencia			No definida
D	Lo mismo que B pero con riego localizado	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Sedimentación primaria	No definida

Fuente: GWI (2012)

### **Infraestructura y transporte**

La geografía local es importante para la viabilidad de los sistemas de reutilización de agua. La fuente de agua regenerada tiene que estar a una distancia razonable de los usuarios con el fin de minimizar la necesidad de nuevos elementos de transporte y el costo de bombeo.

### **Uso forestal**

Los líquidos residuales cuyas características presenten una fuerte predominancia de contaminación del tipo orgánica y los tratamientos de los mismos estén basados en la acción y desarrollo exitosos de metabolismos bacterianos como son los sistemas de lagunaje producen un efluente con alto contenido de compuestos como los fosfatos (PO<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) que constituyen nutrientes de alto valor para los cultivos y muy especialmente para las especies forestales potenciando la producción de las mismas.

Las especies de rápido crecimiento regadas con agua tratada puede duplicar los rendimientos correspondientes a riego con aguas normales, con el beneficio que las aguas percolan a los acuíferos quedan completamente purificadas por la eficiencia con los sistemas radicales forestales que retiran todos los nutrientes en su beneficio, incluyendo los de alta movilidad.

El cultivo forestal ofrece ventajas de eficiencia con respecto al agrícola, dado que tiene mayor capacidad de captación y fijación de contaminantes específicos como los metales pesados u otros de alta movilidad y fácil percolación en el suelo.

Las especies forestales debido a los sistemas radiculares que poseen que penetran profundamente en el suelo constituyen insuperables filtros biológicos de alta eficacia, realizándolo con mayor facilidad que otros cultivos.

Es de resaltar el valor agregado que deviene de la capacidad de muchas especies arbóreas como los sauces o álamos, de fijar definitivamente en sus maderas los barros o lodos, que se generan en cualquier proceso de depuración a que se somete un efluente líquido.

Existe suficiente experiencia y resultados que avalan los proyectos del uso de aguas tratadas con sistemas forestales, en diferentes climas donde naturalmente es posible el cultivo forestal. Un hecho a mencionar es lo acontecido en la provincia de Mendoza, donde se venía realizando riego con agua tratada en una extensa zona de viñedos y árboles frutales peri-urbanos y a raíz de la epidemia de cólera que sucedió en los años 90, se realizó la conversión del régimen de riego aplicando el mismo efluente a más de 400 hectáreas de explotaciones forestales de alta producción.

Con el objeto de asignarle un valor paisajístico que amerite su valoración social además de su capacidad productiva, es conveniente la concreción de cortinas forestales que tienen por objeto aislar el emprendimiento y proteger a sus instalaciones contra las inclemencias climáticas.

Para ejemplificar el beneficio ambiental que implica el desarrollo de una producción forestal cabe señalar que un árbol o un conjunto de árboles con 1.000 m<sup>2</sup> de superficie foliar en un día soleado producen 10 kg de materia orgánica para lo que utilizan 9.000 litros de anhídrido carbónico y evaporan 200 litros de agua y liberan a la atmosfera 9.000 litros de vital oxígeno, cantidad necesaria para la respiración diaria de 10 hombres.

Por todo lo expuesto, el riego con agua tratada de explotaciones forestales representa una oportunidad para toda empresa de contribuir con el ambiente en donde desarrolla su actividad productiva y devolver su cuota parte de reposición de los elementos vitales que utiliza diariamente.

### **Selección de alternativa**

En la matriz siguiente se evalúan las alternativas de uso de agua reutilizada para riego agrícola o para riego de especies forestales.

Según escala: de 1 a 10, se evalúan los siguientes factores:

Conflicto por el uso del recurso natural del agua, debido a que compite con el uso para consumo humano

Riesgos para la salud, como afecta a los trabajadores en el campo y en el lugar de consumo de la producción.

Impacto sobre el suelo, como afecta las propiedades del suelo y los procesos de transporte de agua en el mismo (drenaje, percolación)

Métodos de riego, como influye en la selección del método de riego que mitigue eventuales impactos sobre la salud y el medio ambiente.

Selección de especies y prácticas de cultivo, que se requieren para viabilizar la utilización del agua regenerada según sus características físico químicas y bacteriológicas.

Factibilidad económica, en función de los costos de infraestructura, transporte, sistematización del suelo, siembra y cosecha de las especies a regar.

Uso de riego	Conflictos por el uso de los recursos naturales	Riesgos para la salud	Impacto sobre los suelos	Métodos de riego	Selección de especies y prácticas de cultivo	Factibilidad Económica	TOTAL
Agrícola	10	5	5	5	5	7	37
Forestal	10	7	8	8	7	7	47

Según el resultado de la matriz, se plantea en este trabajo la reutilización de los efluentes líquidos tratados, de la industria frigorífica aviar, para su uso para riego de producción forestal. El uso en riego de aguas de baja calidad para su utilización en riego de explotaciones agroforestales puede solucionar problemas ambientales de disposición final del efluente atento que como se detalló precedentemente en muchos casos el caudal de descarga supera ampliamente en magnitud la esorrentía superficial promedio de los cuerpos de aguas receptores de la misma siempre que su impacto sea positivo en la calidad de la producción y la salud de los trabajadores.

## 7.DESARROLLO

ANALISIS DE USO DE AGUA REUTILIZADA PARA RIEGO FORESTAL PARA UN CASO TESTIGO (FRIGORIFICO FADEL S.A. – PRONUNCIAMIENTO) EN EL DEPARTAMENTO URUGUAY.

El proceso productivo de la industria frigorífica aviar genera una gran cantidad de desperdicios con impacto sobre el ambiente. Son característicos los problemas de contaminación que se manifiestan en los cursos de agua, usuales cuerpos receptores del vertido de los efluentes líquidos de los procesos de tratamiento de los frigoríficos aviares.

Existen diversas tecnologías para el tratamiento de los efluentes industriales, las cuales son capaces de producir un efluente de calidad que puede cumplir con los parámetros legales vigentes (Ley Provincial 6260) para el vertido a diferentes cuerpos receptores.

Atento a lo expuesto en los puntos precedentes, el reuso del agua tratada como el efluente de un sistema de depuración utilizado en un frigorífico aviar, es perfectamente viable para la aplicación como riego de especies arbóreas siguiendo los procedimientos y técnicas que estipula el arte de regar.

Se puede definir el **RIEGO** como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales, la humedad necesaria para su desarrollo.

¿Cuándo es necesario el riego?

Cuando el balance entre la evapotranspiración real de la planta y la precipitación es deficitario. Si se hace un balance anual puede que no se requiera agua de riego, pero si se lo hace en forma mensual puede que, si sea necesario, fundamentalmente en los meses de verano.

A partir de ello se define;

**RIEGO SUPLEMENTARIO:** Cuando se realiza nada más que para suplir un déficit en ciertas épocas.

**RIEGO COMPLEMENTARIO INTEGRAL:** Si la zona es árida, entonces debo regar todo el año.

**DRENAJE:** Es la remoción o control. de los excesos de agua superficial y subterránea.

Tanto el riego como el drenaje actúan sobre el medio y producen un gran impacto en él, ya que cambian los términos de balance. En estado natural los valores de recarga y descarga en el balance son iguales en períodos de años.

Esto no sucede cuando se riega, varía el almacenamiento (la capa freática irá creciendo a medida que pase el tiempo), y el escurrimiento.

El agua de riego, tiene sales, el balance de sales del suelo que estaba en equilibrio, tenderá a un nuevo equilibrio, aumentando las sales.

Por tanto, no hay riego sin drenaje, pero si drenaje sin riego.

Para planificar y ejecutar un sistema de riego se debe, en primer lugar, conocer cuánta agua requiere el cultivo y como la absorbe, conociendo los períodos críticos en la demanda de agua por parte de la especie regada.

Si bien el tipo de suelo determina, en principio, la disponibilidad de agua para la especie regada, la cantidad de agua en el suelo cambia continuamente. El agua disponible en la zona de las raíces puede aumentar o disminuir por factores tales como la precipitación, la infiltración del

agua de lluvia, el escurrimiento, la infiltración hacia el subsuelo, el movimiento capilar, la evaporación del suelo y, naturalmente, por la transpiración del cultivo regado.

Considerando estos factores, se debe decidir sobre las necesidades de riego y drenaje para efectuar un adecuado suministro artificial de agua, así como el debido drenaje de sus tierras.

La cantidad de agua para riego varía en función de una serie de circunstancias tales como:

- Constitución físico química del suelo.
- Climatología del lugar (lluvia, calor, viento).
- Clase de cultivo que se practique.
- Método de riego a utilizar.
- Competencia del agricultor en el manejo del agua.

La viabilidad de un sistema de riego comienza con el estudio de calidad de las aguas a utilizar, para luego evaluar la eficiencia, los costos iniciales y de operación y mantenimiento de la metodología utilizada.

## **SUELO**

Evaluar las propiedades físicas de los suelos (estructura, textura, porosidad total, distribución del tamaño de poros), proporcionará la capacidad de retención y almacenamiento de agua, y según sus características hidrológicas la relación infiltración – escurrimiento.

### **RELACION TEXTURA – PROPIEDADES FISICA DE LOS SUELOS**

<b>Textura</b>	<b>Permeabilidad cm/h</b>	<b>Indice de plasticidad</b>	<b>Capacidad de almacenaje de agua cm/cm</b>
Arcilloso-Arcillo limoso	0,15 – 0,50	10 – 20	0,14 – 0,16
Franco arcillo limoso	0,50 – 1,60	10 – 20	0,18 – 0,20
Franco arcilloso	0,50 – 1,60	15 – 20	0,18 – 0,20
Franco	1,60 – 5,00	5 – 10	0,14 – 0,18
Franco limoso	1,60 – 5,00	5 – 10	0,15 – 0,20
Arcillo arenoso	0,15 – 0,50	5 – 20	0,12 – 0,16
Franco arcillo arenoso	0,50 – 1,60	5 – 15	0,10 – 0,16
Franco arenoso muy fino	1,60 – 3,00	5 – 10	0,16 – 0,18
Franco arenoso	5,00 – 16,00	-	0,11 – 0,13
Areno franco	16,0 – 50	-	0,08 – 0,10
Arenoso	50	-	0,06 – 0,03

### Características del suelo del Departamento Uruguay

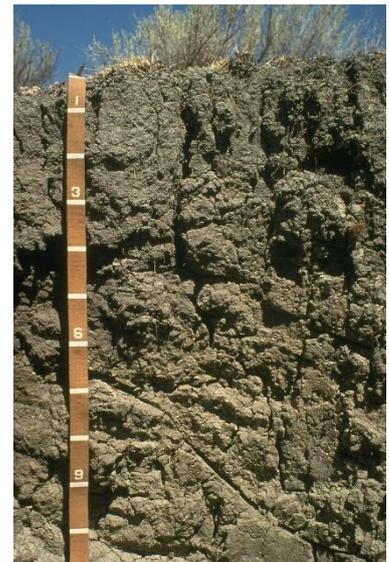
De acuerdo con el sistema de clasificación, los suelos con mayor extensión, por superficie, en la provincia de Entre Ríos son los del Orden Vertisol (2.157.883 Ha), suborden Udertes, y dentro de ellos la Serie Yeruá que corresponde al Subgrupo “Peluderte argiacuólico” (668.157 Ha).

#### CUADRO TAXONOMICO

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo
VERTISOLES	UDERTES	Cromudertes	Acuéntico Acuico Entico Típico
		Peludertes	Argiacuólico Argico Argico – crómico Argiudólico Típico
	TORRERTES	Torrertes	Típico
	XERERTES	Peloxerertes	Crómico

### Vertisol

**Descripción:** Un vertisol es aquel suelo, generalmente negro, en donde hay un alto contenido de arcilla expansiva conocida como montmorillonita que forma profundas grietas en las estaciones o años secos. Son extremadamente duros en seco, y demasiado plástico en estado húmedo. La superficie de los paisajes de los suelos verticos puede dar a lugar a complejas micro-topografías idiosincrásicas de los mismos, denominados microrelieves gilgai con alternancias de protuberancias y pequeñas depresiones dispuestas en unas geometrías casi cristalinas.



Suelo Vertisol

Esta es el resultado del continuo movimiento de los materiales desde la superficie hacia el subsuelo y viceversa.



Vertisoles con Microrelieve Gilgai. Fuente : Soil Science Photostream Flickr

Las expansiones y contracciones originan capas, donde el material del suelo se mezcla consistentemente entre sí, causando vertisoles con un horizonte A extremadamente profundo y sin horizonte B (a este suelo se lo denomina A/C). Son suelos con media y alta fertilidad, pudiendo presentar problemas de drenaje y con tendencia a la salinidad.



Horizontes: no desarrollados

Cuando se practica riego, cultivos como algodón, trigo, sorgo, arroz, maíz, soja, experimentan buen crecimiento, siendo especialmente buenos para el cultivo del arroz debido a su impermeabilidad cuando se saturan.

Serie Yeruá: Esta serie pertenece a los Vertisoles hidromórficos con gilgai, desarrollados sobre limos calcáreos de origen lacustre.



Superficies de deslizamientos

Las limitantes principales son las características físicas adversas, drenaje moderado a imperfecto, escurrimiento superficial medio a lento, permeabilidad lenta a muy lenta, generalmente no está erosionado, aunque es susceptible a la erosión cuando están bajo uso agrícola intensivo, en forma laminar y en cárcavas.

La serie Yeruá es típica de los Vertisoles vecinos a las terrazas del Rio Uruguay, en los Departamentos Federación, Concordia, San Salvador, Colon, Uruguay y Gualaguaychú. Se ubica en un paisaje ondulado a suavemente ondulado.

Los principales cultivos que se realizan sobre estos suelos son: arroz, soja, lino, sorgo, pasturas, maíz, trigo, girasol, forestales y citrus.

El régimen pluviométrico de la región, es de vital importancia para este tipo de suelo y su productividad, dada sus características de muy baja permeabilidad y capacidad de almacenaje de agua. Esto requiere de un riego permanente para mantener la humedad y garantizar una buena cosecha.

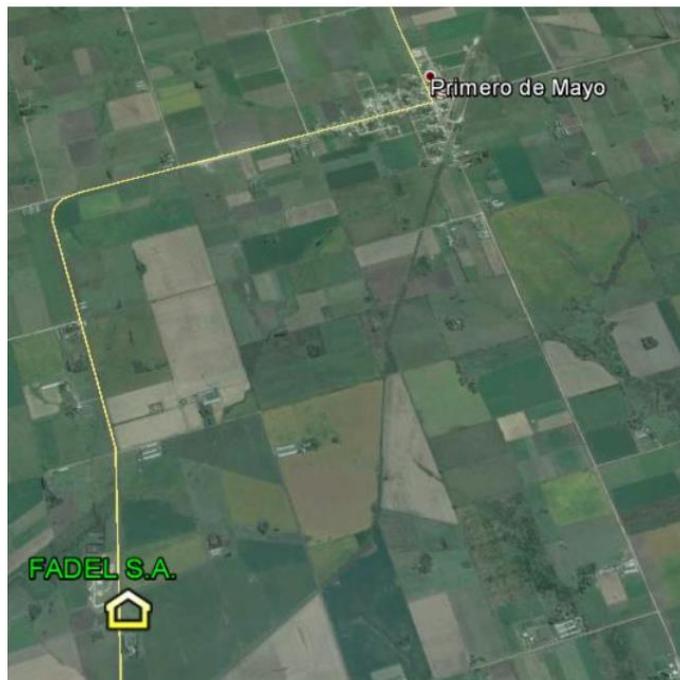
Considerando la aptitud de fertilidad (media a alta) del suelo de la provincia, sería lograr un aprovechamiento máximo del recurso natural (suelo), mediante una técnica sustentable de riego a través del reuso de agua procedente del tratamiento de un efluente industrial (frigorífico avícola) lo que evitaría utilizar otras fuentes, superficiales o subterráneas.

### **Tratamiento de las aguas residuales para su potencial uso en riego**

Se realiza el estudio del caso, un frigorífico avícola del Departamento Uruguay, ubicado en la localidad de Pronunciamento, Provincia de Entre Ríos, Argentina.

**Tipo de Industria:** Frigorífico Avícola

Ubicación: a 5,8 km al SO de la localidad de Primero de Mayo, Departamento Uruguay, Provincia de Entre Ríos, Argentina.



**Lugar de vuelco del efluente:** Cañada “El Cordobés”, afluente del Rio Gualeguaychú que pertenece a la Cuenca de Aportes Menores del Rio Uruguay.

**Descripción del predio:** El predio está implantado en el límite este de una de las subcuencas del Rio Gualeguaychú con pendientes que drenan en la dirección oeste hacia dicho rio.



Vista Planta Frigorífica

**Clasificación del suelo:** Según se desprende del mapa de suelos del Departamento Uruguay elaborado por el INTA, la zona donde se encuentra emplazado el establecimiento, presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Símbolo Cartográfico		Composición y taxonomía	%
18	<b>Pog con Mgh</b>	Consociación Mughherli	
		Serie Mughherli (Peluderte árgico)	80
		Serie Urquiza (Peluderte argiacuólico)	20
28	<b>Psg con Pau I</b>	Consociación La Paulina	
		Serie La Paulina (Peluderte argiacuólico)	75
		Serie General Campos (Peluderte argiacuólico)	15
		Serie Stella (Peluderte árgico)	10

## Descripción de los suelos

### **Pog con Mgh:**

Serie Mughherli: Pertenece a la familia “fina, motmorrillonita, neutra, térmica” de los Peluderte árgicos (Vertisol con B2 textural, denso). Son suelos profundos, con algo de arena fina y muy fina en todo el perfil, inherente al material originario.

Muestra gilgai lineal grueso, se observa el movimiento en masa dentro del perfil.

Es de color negro desde superficie y chorreaduras rellenas superior, hasta el metro de profundidad.

Drenaje: Moderado a imperfectamente drenado, escurrimiento superficial medio, permeabilidad moderadamente lenta, napa freática profunda.

Presentan erosión hídrica de moderada a severa, especialmente en el cultivo de soja.

Serie Urquiza: Pertenece a la familia “fina, motmorrillonita, neutra, térmica” de los Peluderte argiacuólicos. Son suelos profundos, con perfiles uniformes arcillosos aun desde la superficie.

Muestra gilgai lineal muy poco visible en el terreno y tenue.

En el horizonte C se pueden encontrar gravillas.

Estos suelos son especialmente aptos para la producción de cultivos como el maíz y la soja, siendo su productividad actual a secano.

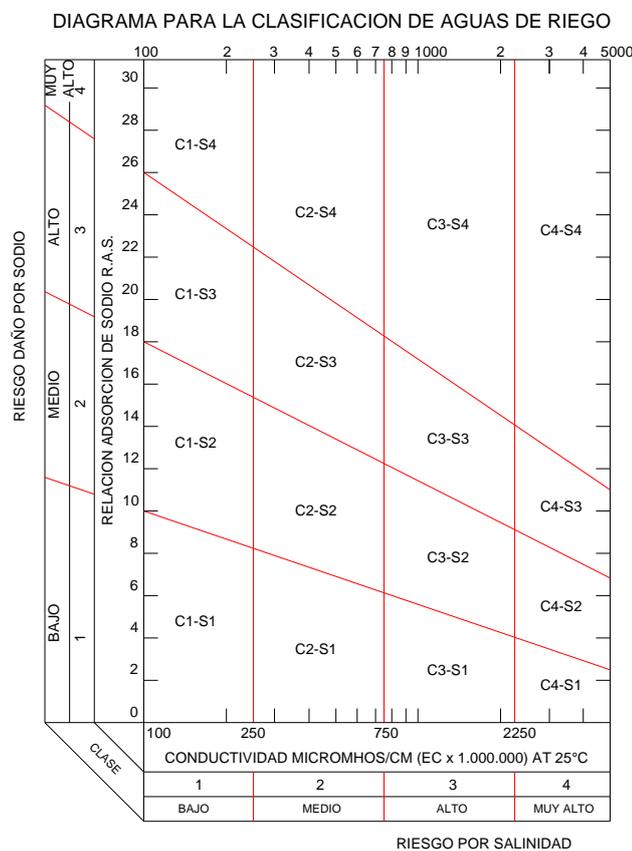
Debido a: la capacidad productiva de los suelos, la necesidad de mayor producción, mejoramiento de los rindes con riego suplementario en cultivos extensivos y uso sustentable de los recursos naturales: suelo y agua, surge el análisis para evaluar la cantidad de hectáreas que podrían recibir riego proveniente de la reutilización del efluente del Frigorífico FADEL S.A., logrando un aprovechamiento máximo, evitando la contaminación del medio físico, particularmente el cuerpo receptor de las descargas, La Cañada del Cordobés.

### **Generación del efluente líquido**

Uno de los insumos prioritarios de la industria es el agua, la cual es extraída de perforaciones que se encuentran entre los 40 y 60 metros de profundidad.

En esta profundidad se hallan las arenas acuíferas de la Formación Salto Chico, considerada como la fuente de agua subterránea más importante de la región por su productividad, reserva y calidad, empleada para diversos usos: consumo humano, riego y uso industrial<sup>7</sup>.

En lo referente a la aptitud para riego de estas aguas, las mismas presentan un RAS en promedio de 3 y conductividad eléctrica de 609 umho/cm lo cual determina una clasificación de Riego Daño por Sodio bajo nivel 1 como se puede apreciar en el Diagrama para la Clasificación de Aguas para Riego.



Considerando los valores medios, el riesgo de alcalinización de los suelos es bajo y el de salinización es medio, por lo cual el agua es apta para diferentes suelos y una gran cantidad de cultivos.

**Cuerpo receptor: La Cañada del Cordobés**

La Cañada del Cordobés, curso no permanente, da origen al arroyo Renoval, afluente del río Gualeguaychú, cuyas características más salientes; curso zigzagueante, ancho variable entre 2 y 3 metros, profundidad media de 1 metro, dependiendo de la topografía del terreno.

Se originan desbordes en su sector central (en ambas márgenes) debido al aumento de caudal provocado por las precipitaciones, alcanzando alturas aproximadas de 2,50 metros por encima del actual pelo de agua.

El caudal en la sección de descarga, es de aproximadamente 82 litros/segundo, la mayor parte del año.

### **Calidad del efluente**

Entre las aguas residuales industriales, las provenientes de la industria de alimentos son las de mayor potencial de uso para riego debido a su alto contenido orgánico.

### **Zonificación de los efluentes líquidos generados en el proceso:**

En general, el flujo de los residuos líquidos de las plantas faenadoras de pollos se recolectan en distintas zonas, lo que hace que las características del líquido resultante sean heterogéneas, con materiales sólidos, semisólidos y líquidos.

- Zona sucia de descarga de aves vivas  
Agua de lavado de camiones y jaulas: Plumas - Barros y guano
- Zona de faena  
Agua de escaldado: plumas, restos de sangre, piel.  
Agua de eviscerado: restos de sangre, piel, grasas y alimento de buche.  
Agua de renovación de chiller y prechiller: Grasas  
Agua de lavadores: grasas.
- Agua de limpieza y mantenimiento del establecimiento  
A los fines de la reutilización del efluente, no se toman en cuenta los generados en:  
Zona de vestuarios y baños (agua de sanitarios, agua de duchas)  
Zona de comedor (agua de comedores y limpieza)

### **Caracterización del líquido influente al tratamiento**

Volumen total de efluentes diarios generados en la planta faenadora: 1.566 m<sup>3</sup>/día.

<b>Parámetro</b>	<b>Líquido Influyente <sup>(1)</sup></b>	<b>Parámetros adoptados <sup>(2)</sup></b>
pH	6,9 – 7,2	7,2
Sólidos Totales	700 – 1.300 mg/l	1.000 mg/l (20 kg/ 1000 aves)
Sólidos suspendidos totales	500 – 700 mg/l	500 mg/l
Sustancias solubles en éter etílico	100 – 300 mg/l	200 mg/l
Sólidos sedimentables en 10 minutos	3 – 5 ml/l	4 ml/l
Sólidos sedimentables en 2 horas	9 – 15 ml/l	10 ml/l
DBO <sub>5</sub>	1.000 – 2.000 mg/l	1.100 mg/l

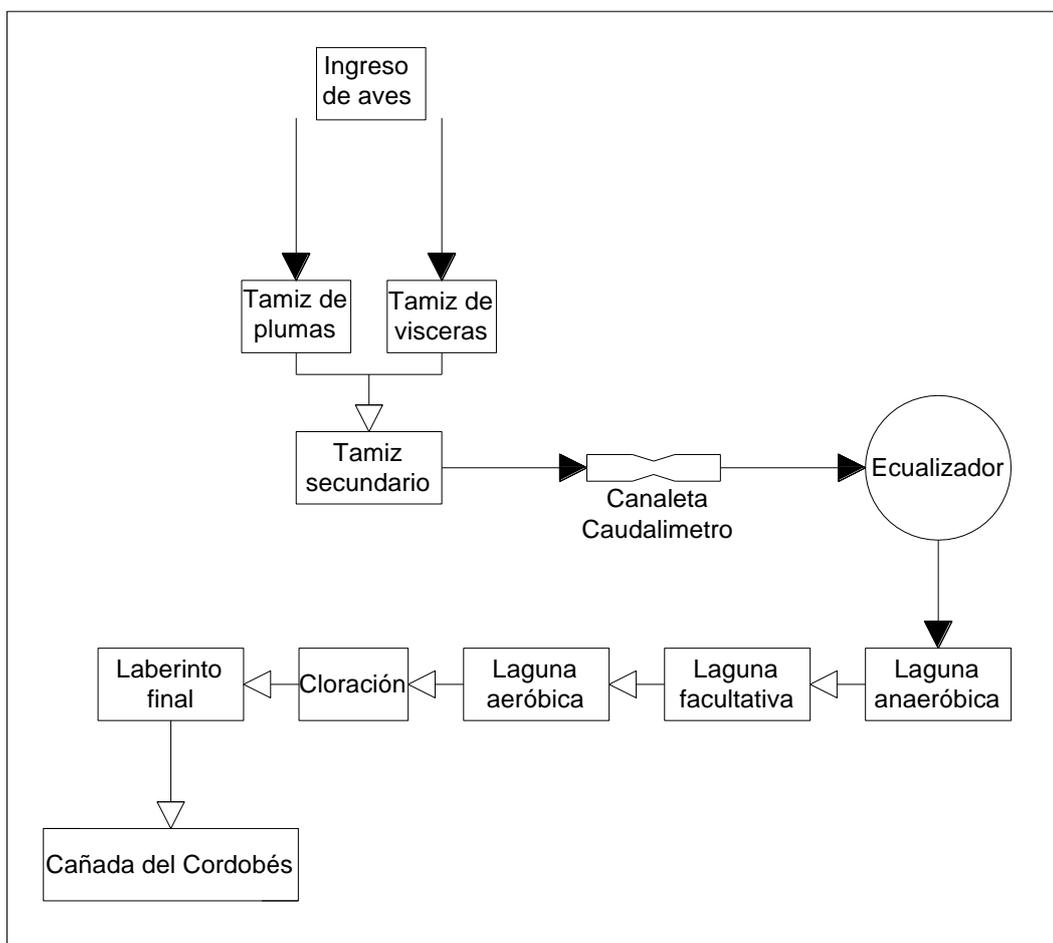
(1) Datos obtenidos de plantas faenadoras de aves de la zona de influencia del Laboratorio Regional de Aguas de Concepción del Uruguay, Secretaría Ambiente Sustentable de Entre Ríos.

(2) Parámetros adoptados para el diseño.

La Ley Provincial N° 6260 y el Decreto Reglamentario N° 5837 establecen los siguientes límites al vuelco de los efluentes líquidos de industrias a cursos de agua, ríos y arroyos, con caudal permanente mayor a 10 veces el caudal de descarga.

Ley Nº 6260 y Decreto Reglamentario Nº 5837	
DBO <sub>5</sub>	50 mg/l
Solidos sedimentables en 2 horas	30 ml/l
Solidos suspendidos totales	30 mg/l
Total de solidos solubles en éter	100 mg/l

Parámetros de descarga a curso de agua no permanente



#### Esquema del tratamiento

En el proyecto se establece un procedimiento de recolección mediante redes de cañerías de los sistemas de producción por gravedad, poniendo especial énfasis en la recolección de los líquidos concentrados (sangre, grasa, contenidos de los intestinos y estómagos) para su procesamiento como subproductos en plantas de tratamientos externas al establecimiento.

El caudal del líquido influente se medirá luego del tratamiento primario a través de una canaleta con un medidor de flujo electromagnético diseñado para la medición de caudales en canales abiertos utilizando un sensor electromagnético, previo al ingreso al equalizador.

#### PRETRATAMIENTO

Sistema de desbaste: Se utiliza en virtud de la gran cantidad de sólidos pequeños, restos de plumas, restos cárnicos arrastrados por agua proveniente del proceso y que son necesarios remover para mejorar la calidad del agua del líquido influente.

Las líneas de producción distinguen dos zonas de transporte de plumas y restos de vísceras.

- Tamiz de plumas: Mediante un tamiz combinado, autolimpiante, con capacidad para filtrar hasta 120 m<sup>3</sup>/h de agua residual y transportar un máximo de 4 m<sup>3</sup>/h de sólidos y plumas una vez separados del agua, se compone de las siguientes partes:

- Tamiz
- Sinfín de transporte

Los sólidos en suspensión que transporta el líquido se depositan en la criba obstruyéndola, lo que provoca un aumento del nivel en la parte anterior de la misma y una disminución en la parte posterior. En ese momento empieza a funcionar el sinfín, que limpia criba y levanta dicho material.

La criba formada por un tamiz de perfil Johnson dotado de barras verticales con un espaciado de 0,75 mm retiene los sólidos en suspensión en el líquido de transporte.

La criba se mantiene limpia debido a un cepillo fijado en la parte externa de la hélice.

El sinfín de transporte formado por una espiral de hélice sin eje, permite levantar los sólidos depositados. La espiral sin eje extrae materiales de diversa forma y medida, que de otro modo resultan difícilmente transportables.

El sólido separado es enviado mediante camiones a la Planta de Subproductos externas al establecimiento.

- Tamiz de vísceras: Mediante un tamiz con tambor rotativo, con capacidad de filtrado de 120 m<sup>3</sup>/h, el líquido a filtrar ingresa a una tubería y se distribuye uniformemente a lo largo de todo el cilindro filtrante que gira a baja velocidad, (8 rpm mediante un motor de 0,55 K). Las partículas sólidas quedan retenidas en la superficie del mismo y son conducidas hacia una rasqueta, que es la encargada de separarlas y depositarlas sobre una bandeja inclinada para su caída por gravedad. El líquido pasa a través de las ranuras del cilindro filtrante de acero (0,75 mm) y es conducido hacia la posterior del cuerpo (salida).

Consta de tres componentes:

- a. Cilindro Filtrante: De acero inoxidable AISI 304, constituido por un enrollamiento helicoidal de un perfil de sección triangular sobre una serie de barras de soporte que siguen las líneas generatrices del cilindro.

La separación entre espiras tiene la luz de rendija de 0,75 mm.

- b. Tubo de lavado del cilindro: Situado en el interior del tambor filtrante, provisto de toberas que proyectan agua a presión sobre la cara interior del cilindro efectuando una completa limpieza.

Cuerpo: Esta ejecutado íntegramente en acero inoxidable AISI 304, construcción mecano-soldada, está provisto de caja de distribución del líquido a filtrar con sus conexiones de entrada, deposito receptor del líquido filtrado con su salida, base de anclaje y elementos de estanqueidad.

- c. La caja de distribución tiene la misión de repartir el líquido sucio a lo largo del cilindro en corriente de flujo laminar, la entrada se realiza mediante una o dos bridas normalizadas.

El deposito receptor del líquido filtrado se encuentra debajo del cilindro, siendo su propósito recolectar el líquido limpio y conducirlo hacia la salida bridada.

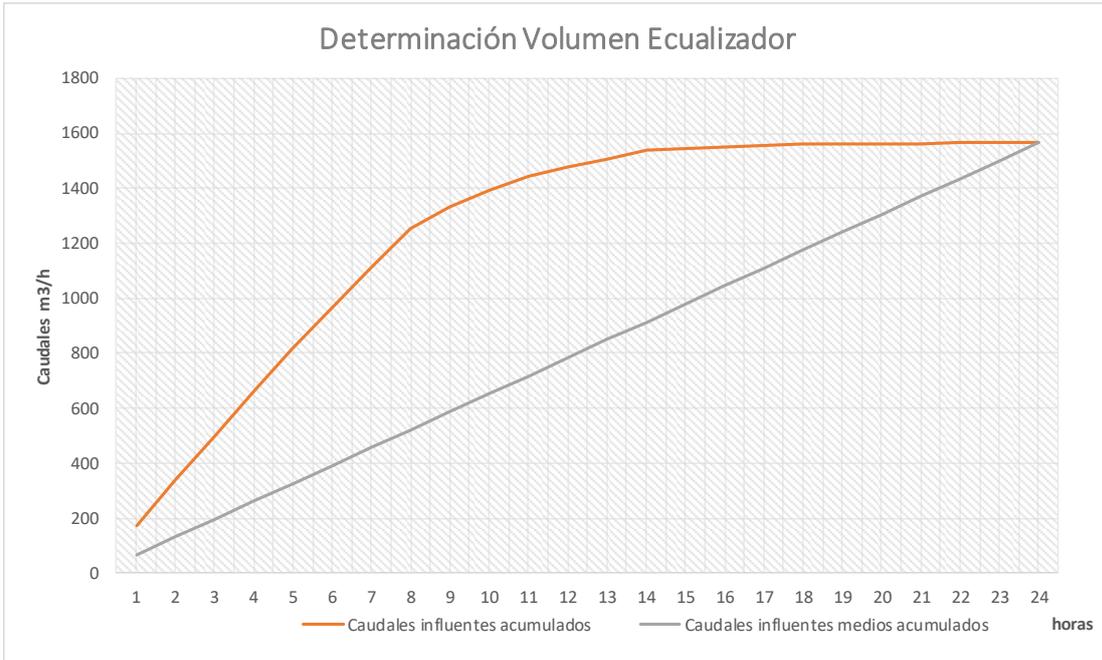
La salida es libre por medio de un canal y no necesita ser conducida.

La rasqueta de limpieza: Construida en material blando, está fijada sobre una chapa articulada que se ajusta perfectamente a la superficie del cilindro filtrante por medio de unos tensores montados en sus extremos, asegurando así la limpieza de toda la superficie del cilindro.

- Tamiz Secundario: Es de similares características al tamiz de vísceras donde las rendijas filtrantes tienen un diámetro de 0,50 mm y la capacidad de filtrado es de 280 m<sup>3</sup>/h con una velocidad de 10 rpm y un motor de 0,75 Kw.

El líquido influente recolectado en una canaleta y aforado pasa a un Ecuilizador a los efectos de homogeneizar el líquido previo el ingreso a las lagunas de tratamiento.

### Ecuilización



Orden	Caudal (Q) m3/h	Caudal acumulado (Qac) m3/h	Caudal medio acumulado (Qmac) m3/h	Qmac - Qac m3/h
1	174	174	65,25	-108,75
2	165	339	130,50	-208,50
3	161	500	195,75	-304,25
4	158	658	261,00	-397,00
5	157	815	326,25	-488,75
6	154	969	391,50	-577,50
7	143	1112	456,75	-655,25
8	143	1255	522,00	-733,00
9	76	1331	587,25	-743,75
10	62	1393	652,50	-740,50
11	49	1442	717,75	-724,25
12	35	1477	783,00	-694,00
13	31	1508	848,25	-659,75
14	29	1537	913,50	-623,50
15	7	1544	978,75	-565,25
16	6	1550	1044,00	-506,00
17	6	1556	1109,25	-446,75
18	3	1559	1174,50	-384,50
19	3	1562	1239,75	-322,25
20	1	1563	1305,00	-258,00
21	1	1564	1370,25	-193,75
22	1	1565	1435,50	-129,50
23	0,5	1565,5	1500,75	-64,75
24	0,5	1566	1566,00	0,00

Resultando las dimensiones del Ecuador:

V = Volumen minimo =	750	m <sup>3</sup>
H = Altura adoptada =	2	m
S = Superficie =	375	m <sup>2</sup>
D = Diámetro =	21,85	m
D = Diámetro adoptado =	22	m
V = Volumen minimo del tanque =	760,27	m <sup>3</sup>
Tmin = Tiempo minimo detención = V/Q = 760,27 m <sup>3</sup> / 65,25 m <sup>3</sup> /h = 11,65 h		
T = Tiempo adoptado =	12	h

## SISTEMA DE LAGUNAJE

El sistema de tratamiento propuesto es el sistema denominado “Australiano” que comprende una laguna anaeróbica como laguna primaria seguida por una laguna facultativa.

A continuación, se desarrolla la rutina de cálculo del mismo.

1.- PARAMETROS DE DISEÑO		
Sa =	850 mg/l	Concentracion de DBO <sub>5</sub> total del liquido de ingreso al sistema
Tai =	11,6 °C	Temperatura media del aire en el mes mas frio de año
To =	17 °C	Temperatura media del liquido afluyente en el mes mas frio del año
Nm =	1	Numero de modulos de una laguna anaerobica y una facultativa en serie
Qd =	1566 m <sup>3</sup> /d	65,25 m <sup>3</sup> /h Caudal influente al sistema de lagunas
L <sub>A</sub> =	1331,1 kgDBO <sub>5</sub> /d	Carga organica media a tratar en el sistema
L <sub>a</sub> = L <sub>A</sub> /Nm	1331,1 kgDBO <sub>5</sub> /d	Carga organica media a tratar en cada modulo

2.- DISEÑO LAGUNAS ANAEROBICAS		
2.1.- Eficiencia en reducción de la DBO		
Criterios de diseño a emplear:		
Qd = Qd/Nm =	1566 m <sup>3</sup> /d	Carga organica volumetrica - Carga organica superficial - Caudal de diseño de cada modulo
t =	10 d	Permanencia hidraulica adoptada considerando la temperatura T = 15 °C estimada del liquido de la laguna
V = t * Qd =	15660 m <sup>3</sup>	Volumen liquido de cada laguna
H =	3,5 m	Profundidad liquida adoptada
A = V/H =	4474,29 m <sup>2</sup>	0,447 Ha Area liquida media (H/2 = 1,50 m)
Cv = L <sub>a</sub> /V =	0,085 kgDBO <sub>5</sub> /d*m <sup>3</sup>	Valor aceptable de carga organica volumetrica
Cs = L <sub>a</sub> /A =	2978 kgDBO <sub>5</sub> /d*Ha	Valor aceptable de carga organica superficial
Ef =	40 %	Eficiencia esperada en remoción de la DBO
S = (1-Ef) S <sub>0</sub>	510 mgDBO <sub>5</sub> /l	Concentración DBO <sub>5</sub> soluble del líquido efluente de las lagunas anaerobicas

<b>3. DISEÑO DE LAS LAGUNAS FACULTATIVAS</b>			
<b>3.1.- Dimensionamiento</b>			
$Qd = Q_{C20}/Nm =$	1566 m <sup>3</sup> /d	Caudal de diseño de cada laguna	
$t = V/Qd =$	20 d	Permanencia hidráulica teórica, valor adoptado	
$V = Qd * t =$	31320 m <sup>3</sup>	Volumen de la laguna	
Se adoptan las siguientes dimensiones de las lagunas:			
$1 : i =$	1 : 2	Pendiente del talud de los diques perimetrales	
$H =$	1,8 m	Tirante líquido de la laguna	
$Bs =$	50 m	Ancho de la superficie líquida	
$X = L/B =$	2	Relación largo-ancho superficial adoptada	
$Ls = 4 Bs =$	100 m	Longitud de la superficie líquida para	
$As = Bs * Ls =$	5000 m <sup>2</sup>	Area líquida	
$Bf = Bs - 2 * H * i =$	42,8 m	Ancho de la solera	
$Lf = Ls - 2 * H * i =$	92,8 m	Longitud de la solera	
$Af = Bf * Lf =$	3971,84 m <sup>2</sup>	Superficie de la solera	
$V = H/3 (As + Af + (As * Af)^{0,5})$			
$V =$	8056,92 m <sup>3</sup>	Volumen semejante al teórico $V = 31.320 m^3$	
$H_0 =$	0,8 m	Revanca entre el coronamiento y la superficie líquida	
$Bc =$	53,2 m	Ancho del coronamiento	
$Lc =$	103,2 m	Longitud del coronamiento	
Dimensiones sin considerar el desnivel entre lagunas			
<b>3.2.- Eficiencia de Reducción orgánica (DBO<sub>5</sub>)</b>			
<b>3.2.1.- Modelo de Flujo Disperso</b>			
Se adopta el modelo de flujo disperso simplificado de THIRUMURTHY, expuesto por SAENZ FORERO, CEPIS.			
$R = 2/3 t =$	13,3 días	Residencia hidráulica real, considerando que es 2/3 de la teórica, $t = 15$ días.	
$K_T = K_{20} * \theta^{(T-20)} =$		Constante de degradación orgánica sugerida por Mara, Brasil, siendo:	
$K_T =$	0,2592	$T = 12$ °C = temperatura media del mes mas frío (valor adoptado), $K_{20} = 0.3$ , $\theta = 1.05$	
$d_i = X / (-0,26118 + 0,25392 X + 1,01368 X^2)$			
$d_i =$	0,4639	Coeficiente de dispersión obtenido de la correlación de Yañez (CEPIS) para $X = L/B = 4 =$ relación longitud-ancho de la laguna facultativa.	
Entonces:			
$a = (1 + 4 * K_T * R * d_i)^{1/2}$		Coeficiente del modelo	
$a =$	2,72267		
$S = (S_a * S_{CF} * 4a * e^{(1-a)/(2d_i)}) / (1+a)^2$		Carga organica de DBO <sub>5</sub> soluble del efluente, donde :	
$S_a =$	510 mgDBO <sub>5</sub> /l	Concentración de DBO <sub>5</sub> afluente = efluente de la laguna anaeróbica	
$S_{CF} =$	1	Factor de las características de sedimentación (por tener previa decantación en la laguna anaeróbica)	
$S =$	62,6 mgDBO <sub>5</sub> /l		
Entonces:			
$E_f = ((S_a - S)/S_a) * 100$			
$E_f =$	87,73 %	Eficiencia en reducción orgánica de la laguna facultativa	
Finalmente:			
$E_{ft} = ((S_a - S)/S_a)$	92,64 %	Eficiencia en reducción orgánica del sistema de lagunas	

3.2.2.- Modelo del CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria)			
$R = 2/3 t =$	13,3	días	Residencia hidráulica real, considerando que es 2/3 de la teórica; t = 15 días, considerando cortocircuitos y eventuales zonas muertas
$K_{20} = R / (A + B + R) =$			
$K_{20} =$	0,5202	días <sup>-1</sup>	Constante de degradación de la DBO para 20 °C, donde A = -5,277 y B = 2,318: constantes determinadas en lagunas primarias
$K_T = K_{20} * \theta^{(T-20)} =$			
$K_T =$	0,4076	días <sup>-1</sup>	Constante de degradación orgánica para 15 °C, $\theta = 1.05$
$C_{sr}/C_{sa} = K_T * R / (1 + K_T * R) =$			Relación entre la carga superficial orgánica reducida, $C_{sr}$ y la correspondiente al afluente, $C_{sa}$ .
$C_{sr}/C_{sa} =$	0,84		
$E_f = 100 * C_{sr}/C_{sa} =$			Eficiencia en reducción orgánica en la laguna facultativa
$E_f =$	84	%	
$O_{sea} = S = (1 - E_f) * S_a =$			
$S =$	81,6	mgDBO <sub>5</sub> /l	Concentración de la DBO <sub>5</sub> soluble efluente de la laguna facultativa
$E_{ft} = ((S_a - S)/S_a)$	90,40	%	Eficiencia total en reducción orgánica del sistema de lagunas

3.2.3.- Modelo de Equilibrio Continuo basado en cinemática de primer orden			
$K_{20} =$	1,2	1/día	Constante de degradación de la DBO para 20 °C
$q =$	1,085		Coefficiente de dependencia de la temperatura
$T =$	15	°C	Temperatura media del líquido en el mes más frío
$= K_{20} q^{(T-20)} =$	0,798	1/día	Constante de degradación de la DBO para 15 °C
$t =$	15	días	Retención Hidráulica teórica
$= S_a / (1 + K t) =$	39,3	mg/L	Concentración de la DBO efluente, según Marais y Shaw
$(S_a - S) / (S_a) =$	92,3	%	Eficiencia en reducción orgánica en la laguna facultativa
$100 (S_a - S) / S_a =$	95,4	%	Eficiencia en reducción orgánica del sistema de lagunas

#### 4.- EVALUACIÓN DE RESULTADOS APLICANDO DISTINTOS MODELOS

MODELO	EFICIENCIA		C MÁX (mg/L DBO)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	ÁREA (m <sup>2</sup> )
	FACULTATIVA	SISTEMA			
FLUJO DISPERSO (THIRUMURTHY)	87,7	92,6	62,6	31320	5000
CEPIS	84,0	90,4	81,6	31320	5000
CINEMATICA DE PRIMER ORDEN	92,3	95,4	39,3	31320	5000

### RIEGO UTILIZANDO EL EFLUENTE TRATADO

Se propone utilizar los líquidos que egresan del sistema de lagunaje instalado en FADEL S.A. con fines productivos y remediativos para el riego de una superficie de 20 hectáreas forestadas. Los nutrientes que contienen los efluentes harán posible obtener un alto rendimiento de madera en la forestación implantada con material forestal de genética destacada y aplicando técnicas forestales apropiadas tanto en las labores silvícolas como en el cuidado general.

Por otra parte, la capacidad remediativa de una plantación forestal no tiene comparación: los grandes sistemas radiculares de las especies forestales a implantar aseguran que los nutrientes o componentes potencialmente contaminantes no escapen de esas gigantes redes de radículas y pelos radiculares, siendo absorbidos y fijados en la estructura y madera de los árboles.

El efluente tratado se distribuirá en los espacios forestados a través de un probado sistema de surcos o acequias de fácil mantenimiento, de diseño que proteja la sanidad de la forestación y que en los primeros años agrega una “superficie de lagunaje” de 5.000 m<sup>3</sup> de capacidad volumétrica integrada por los 50 km de recorrido de las acequias dentro de las 20 hectáreas forestadas.

Para lograr la adaptación y prendimiento de las plantas, durante el primer año se procederá a regar con agua de perforación utilizando una cisterna móvil, comenzando con riego con efluente tratado a partir del segundo año de implantada la parcela.

### **Proyecto Forestal**

El Proyecto Forestal para el uso del efluente tratado en la superficie de 20 hectáreas estará compuesto por:

- 12 Ha. de alamos : Cv Conti 12, Guardií
- 2 Ha de sauces: S 131 -25, S131-27, Salix americana nigra
- 3 Ha de pinos : Pinus elliottii, Pinus taeda
- 3 Ha de eucalipto: Eucalyptus viminalis, E. grandis ex. Maidenii

### **Diseño General:**

En el diseño del área a regar se debe contemplar para el uso del agua tratada a través del año el diferente metabolismo de las especies a implantar como el hecho de que las especies latifoliadas (álamos y sauces) estarán inactivas (dormancia) durante los meses de invierno.

### **Diseño de las parcelas:**

<b>Especie</b>	<b>Area Ha</b>	<b>Densidad (plantas por Ha)</b>	<b>Total de plantas</b>
Alamos	12	833	9.996
Sauces	2	1.250	2.500
Eucaliptus	3	833	2.499
Pinos	3	833	2.499
Total	20		17.494

En todas las parcelas las especies se plantarán en líneas distanciadas a 4 m y a 3 m entre planta y planta sobre la línea. El espacio seleccionado entre hileras de 4 metros está pensado en función de la mecanización de las tareas de limpieza y desmalezado a la que se va agregar la construcción y mantenimiento de las acequias o surcos de riego que irán por el centro entre ambas líneas, de allí la precisión que se requiere en el trazado de las líneas, las distancias entre las mismas y la distancia entre plantas de acuerdo a la especie.

El hoyado se hará a máquina dada las características del perfil del suelo y se deberá respetar una profundidad mínima de 0,7 m y un diámetro mínimo de 0,25 m. La Dirección Técnica adecuara esta medida base a cada una de las especies seleccionadas.

La plantación debe ser realizada con premura y prolijidad y debe ir acompañada de un riego abundante inmediato, denominado “riego de asiento” cuya finalidad principal es la expulsión del aire contenido en los espacios vacíos que pueden haber quedado al rellenar con tierra el hoyo después de colocar la planta, además de poner en contacto su sistema radicular con suelo humedecido.

El riego se hará por el sistema de surcos (acequias), de bajo costo y fácil mantenimiento, que se ubicaran entre las líneas de plantación.

En este proyecto de FADEL S.A. tendremos que construir unos 50.000 metros de acequias o surcos en forma de” V” de las siguientes dimensiones: 0,8 metros de abertura superior, 0,2 metros en la base inferior y paredes de 0,6 metros de altura, lográndose así una gran superficie de insolación y evaporación (en la boca) la parte superior y una gran superficie de infiltración y percolación (en base y datos).

Una vez construidos los surcos, periódicamente deberá hacerse una pasada de mantenimiento con un surcador provisto de un “rabastro” (plancha de hierro) para ir desplazando la tierra extraída hacia la base de las plantas de forma tal, que la hilera de plantas quede en la parte más alta del terreno evitando así el vuelco de las plantas en momentos de lluvias o vientos excesivos, además de permitir que el agua de lluvia escurra hacia la acequia.



Imagen conformando el surco



Surcos correctamente conformados después de la acción del rabastro.

### **Oferta hídrica para el riego**

El sistema de lagunaje recibe un efluente producto del frigorífico avícola de 1.566 m<sup>3</sup> por día de faena que proyectados a 260 días hábiles sumaran 407.160 m<sup>3</sup> teóricos por año, que se

vuelcan a las lagunas transitando de las lagunas primarias a las secundarias, que produce un efluente tratado de buena calidad que llegara al sistema de surcos de riego mediante bombeo. Se asume que las pérdidas de volúmenes por efecto del trasegado, bombeo, de la aireación, transito lento y fundamentalmente la gran y prolongada exposición al viento y a los rayos solares en un sistema de lagunas poco profundas y de gran superficie relativa, es del orden del 30%, es decir que dispondremos para el bombeo a riegos de aproximadamente 285.012 m<sup>3</sup> finales por año.

### **Demanda de riego de la forestación**

Se han seleccionado especies forestales de alto rendimiento de madera, con capacidad de consumo hídrico debido a sus grandes y extensos sistemas radiculares y foliares (álamos y eucaliptus), con gran capacidad de absorción remediativa y acción enzimática radicular (álamos, eucaliptus, pinos y sauces).

Las altas densidades de 833 plantas por ha. en álamos, eucaliptus y pinos en un damero muy experimentado de cuatro metros entre líneas constituye un muy buen corredor de aire y por ende de captación de CO<sub>2</sub> en gran escala por la fácil renovación de la masa atmosférica disponible.

Se alcanza un gran potencial de consumo, y debe ser un objetivo de la Dirección Técnica incentivar un crecimiento y desarrollo continuo con riegos abundantes y oportunos para mantener activo todo el potencial radicular y foliar, clave del máximo crecimiento y máximo consumo (nutrientes y agua).

La parcela de sauce con mayor densidad (1.250 pl/ha) y manteniendo el corredor de cuatro metros entre líneas soportara los barros residuales y mayor humedad por la capacidad remediativa que tienen los clones seleccionados: 131-25, 131-27 y Salix nigra.

Tanto los álamos como los eucaliptus con densidades de 625 plantas en secano con una dotación de lluvia de 12.000 m<sup>3</sup>/ha/año cuya eficacia productiva se considera del 60 % especialmente por perdida de escurrimiento en precipitaciones máximas o por infrecuencia de las lluvias o precipitaciones inferiores que apenas superan la canopia y se evaporan en superficie y representan unos 7.200 m<sup>3</sup>/ha/año. Bajo riego del efluente tratado que aportan Nitrógeno, Fosforo y otros nutrientes con densidades de 833 pl/ha se podrá descargar unos 18.000 m<sup>3</sup>/ha/año que bien administrados por el sistema de acequias podrán duplicar la superficie foliar, el sistema radicular y en especial una continuidad ininterrumpida en la función fotosintética. La captación de energía y nutrientes y evitar así estrés temporario, sequia

estacional, marchitez temporaria o defoliación parcial que afectan seriamente el crecimiento y la producción del macizo forestal.

La descarga teórica del efluente tratado disponible para riego será de 18.000 m<sup>3</sup>/ha/año.

Para las 20 ha: 18.000 m<sup>3</sup>/ha/año x 20 Ha = 360.000 m<sup>3</sup>/año

Aporte de lluvia esperable en las 20 ha. 7.200 m<sup>3</sup>/ha/año = 144.000 m<sup>3</sup>/año  
504.000 m<sup>3</sup>/año

Teniendo en cuenta el volumen aprovechable aportado por las lluvias en esta área (7.200 m<sup>3</sup>/ha/año) el volumen que pondremos aportar en riego de efluente tratado será del orden de los 10.000 m<sup>3</sup> en el 2º verde (segundo año de implantación) para crecer a 18.000 m<sup>3</sup>/ha/año a partir del 4º y 5º verde.

La disponibilidad teórica para las plantas en ese momento será de 25.200 m<sup>3</sup>/ha/año sumando lluvia más riego, lo que hace el total de 504.000 m<sup>3</sup> para la plantación de 20 ha. Esta cifra en bruto es un referente y se considera óptima para el mejor desarrollo del proyecto forestal.

En la boca de salida del bombeo de la laguna del efluente tratado vamos a estar utilizando un volumen anual de 360.000 m<sup>3</sup> que es una cifra base que de por si es más de la mitad del disponible del lagunaje para riego (407.160 m<sup>3</sup>/año).

El regante va a manejar muchas variables: duración del día, insolación, temperatura ambiente, velocidad del viento, temperatura del suelo, estado fenológico de la especie a regar, estado de las acequias, lluvias, largo de las acequias, percolación, etc. que tendrá que tener en cuenta al momento de regar pero respetando la salud del suelo y de la planta puede “consumir” más pues se tiene margen para ello.

### **Percolación**

La percolación se realiza por gravedad, acumula humedad en el perfil inferior del suelo y transita al almacenamiento de agua freático.

Existen dos situaciones diferentes en las que se producen percolación:

**Controlable:** Cuando el regante ajusta el riego en volumen y en tiempo de acuerdo a la demanda de las plantas y capacidad hídrica del suelo y el estado fenológico del rodal.

Cuando el sistema radicular se mantiene en su plenitud y todo su potencial con la técnica de riego adecuada si hace falta un mayor gasto del efluente se puede hacer una sobrecarga para excitar la percolación a la napa freática con la seguridad que millones de pelos radiculares retirarán por osmosis todos los nutrientes en solución o arrastre y otros elementos serán degradados o digeridos por la enzimática radicular y solo percolará agua remediada, limpia y libre de contaminantes.

**Sin control:** Cuando no se maneja adecuadamente el riego por incapacidad, desconocimiento o irresponsabilidad se puede colmatar la capacidad del suelo y el potencial de absorción del sistema radicular y en este caso pueden emigrar a la napa freática nutrientes o elementos contaminantes no deseables y también llegar a la eutrofización del suelo y graves daños al macizo forestal.

### **Balance hídrico del proyecto**

Si planteamos la hipótesis de no considerar las lluvias, tenemos:

Volumen disponible para riego = 285.012 m<sup>3</sup>/año

Gasto forestal de las 20 ha = 340.000 m<sup>3</sup>/año

Déficit de agua = 54.988 m<sup>3</sup>/año

Este volumen significa 275 mm de lluvia neta por hectárea que suponen 475 mm de lámina precipitada anual lo cual representa el 40 % de la precipitación media anual sobre la región.

El Balance Hídrico del proyecto nos asegura que los macizos forestales consumirán con solvencia todo el efluente tratado generado en la planta del frigorífico avícola FADEL S.A.

En aquellas situaciones de lluvias extraordinarias desequilibren este balance, la calidad del vertido se mantendrá dentro de las normativas vigentes para la DBO por dilución y su paso a través del espacio remediativo del filtro fotobiológico implementado.

### **Salida de agua del ciclo hidrológico por el consumo de las plantas**

Un árbol de rango forestal adulto puede evapotranspirar unos 200 litros de agua en un día soleado.

Con las densidades proyectadas (833 – 1.250 pl/ha) y tomando valores medios por densidad/edad/tamaño, podemos estimar una transferencia de agua a la atmosfera por ejemplar de 135 litros/día.

Asumiendo que hay un promedio de 220 días activos en el año y que de las 17.494 plantas instaladas 12.496 son latifoliadas (con dormancia invernal) y el resto son perennifolias, estimamos el siguiente gasto anual:

Evapotranspiración por planta 135 l/planta x 220 días = 29,87 m<sup>3</sup>/planta/año

Evapotranspiración del macizo forestal: 17.494 pl. x 29,7 m<sup>3</sup>/año = 519.572 m<sup>3</sup>/año

Esta cifra comparada con la disponibilidad del volumen de riego más el aporte de la lluvia que alcanza 504.000 m<sup>3</sup>/año convalida por aproximación los 18.000 m<sup>3</sup>/ha/año, volumen seleccionado para riego en este proyecto forestal utilizando el efluente tratado del lagunaje del frigorífico.

### **Parcela de Remediación de los barros residuales**

En el lugar donde el efluente vuelca a la laguna primaria siempre se depositan los barros residuales los cuales periódicamente se extraen por succión mediante una bomba y diluidos con agua se llevan a la parcela forestal de sauces híbridos, para que actúe el mecanismo de la acción digestora remediadora de las plantas.

Usualmente esta tarea es realizada en los meses de primavera/verano cuando los sauces están bien brotados y activos en su desarrollo.

### **Gerenciamiento de alternativas remediadoras**

A continuación, se enumeran acciones que permitirían potenciar las acciones remediadoras:

- Aumento de la capacidad de las lagunas primarias y adecuación al ítem anterior.
- Aumento de la permanencia del efluente en las lagunas.
- En el caso de presencia de grasas o DBO y/o DQO se puede sembrar cultivos de bacterias facultativas selectas. Tanto aeróbicas como anaeróbicas, enzimas libres, amilasa, celulasa, lipasa, capaces de degradar polímeros complejos, que se usan o usaron exitosamente en frigoríficos de vacunos y/o cerdos, ej. Frigorífico Magros S.A., Justiniano Posse, Córdoba.
- Bombeo simple a caños de aireación sobre la superficie, un recurso económico para aumentar la oxigenación en lagunaje.
- Capacitación del personal que trabaja en el lagunaje y que deben comprender el funcionamiento del sistema y que a la postre son los que descubren los detalles que hacen al mal o buen funcionamiento del lagunaje.

### **Filtros fitobiológicos**

Se utilizará como última estación en el traspaso de líquidos remanentes del efluente tratado al curso de drenaje un sitio implantado con especies autóctonas propias de los humedales de una gran parte del país: carrizo (*Phragmites australis*), totora (*Thypha spp.*) y junco (*Scirpus lacustris*) a lo que llegado el caso se pueden agregar bulbáceas floríferas.

Los filtros vegetales se usan en gran parte del mundo por su capacidad remediadora y son una buena opción para completar el proceso antes del vertido.

### **Opciones para mejorar la capacidad remediadora del curso colector de desagües**

Un colector natural que cruza el campo propiedad de FADEL S.A. y lo bordea en parte y que actualmente es el receptor de los efluentes tratados del frigorífico esta colonizado con numerosas plantas del bosque natural que fijan el sistema de barrancas eficazmente pero no tiene aptitud de generar raíces que medran en el agua. No es el caso de los dos clones de sauces

131-25 y 131-27 que emiten cabelleras de raíces temporarias que se instalan en el curso de agua y que no solo captan nutrientes sino que además contribuyen a la oxigenación de los líquidos. Estos clones pueden ser plantados al borde mismo por donde escurren el agua y soportan bien una inundación temporaria. No hay restricciones técnicas ni legales para enriquecer el monte espontaneo existente con estas especies en casos de remediación y cuidado del medio ambiente.

### **Vertido del efluente tratado residual que por su volumen no se puede utilizar en el riego**

Esta situación solo ocurrirá cuando el sistema implementado se vea desbordado por alguna lluvia extraordinaria, produciéndose entonces un efluente tratado muy diluido por el caudal superlativo.

## **8. CONCLUSION**

La utilización de aguas residuales tratadas o no tratadas, constituye una alternativa para la escasez de agua que asola a algunas regiones del planeta. Para los agricultores, representa una fuente fiable de agua. Además, el agua reciclada contiene en general nutrientes que permiten reducir los costes de fertilización.

El reciclaje de aguas residuales permite reducir el impacto medioambiental causado por el vertido de efluentes tratados o no tratados en el medio natural.

Ante un mundo con una creciente demanda de alimentos que requieren de mejores y más eficientes técnicas productivas, en una economía globalizada que impulsa una producción más limpia, en el marco de la preocupación mundial por el agotamiento de los recursos naturales, ello ha generado cambios en los procesos productivos y, en lo que estrictamente atañe a los Departamentos Uruguay y Colon, la actividad de los frigoríficos avícolas, se ha visto involucrada para mejorar su productividad y competitividad.

En nuestra región, la producción avícola representa claramente la segunda demanda de agua luego de la provisión de agua potable y en la mayoría de los casos los caudales tratados por los frigoríficos son varias veces superiores al de los cuerpos receptores donde descargan los sistemas de tratamientos de cada establecimiento, por tanto reutilizar gran parte de dichos volúmenes en el riego de especies forestales que detentan propiedades remediativas constituye una acción con un gran impacto positivo sobre el ambiente además de la reducción de los costos de captación de agua (principalmente los costos de bombeo), ahorro en fertilizantes y de la contaminación causada por el vertido de efluentes en el medio natural.

Concluyendo, contando con tecnologías apropiadas para un adecuado tratamiento de los efluentes de los frigoríficos avícola, presentado suficiente aptitud los suelos del Departamento

Uruguay y Colon, están dadas las condiciones para que mediante la implementación de estrategias políticas se incentiven la reutilización de los efluentes tratados, de manera controlada y sostenible.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **APUNTES DE CATEDRA.** Modulo: Trabajo final en Ingenieria Ambiental. Ing. Fernando Raffo. UTN – FRCU. Entre Rios 2012.
- ✓ **INGENIERIA EN AGUAS RESIDUALES, TRATAMIENTO VERTIDO Y REUTILIZACION** – Metcalf & Eddy – Editorial: Mc. Graw – Hill – Mexico – 1998
- ✓ **CARTA DE SUELOS DE LA REPUBLICA ARGENTINA – DEPARTAMENTO URUGUAY – PROVINCIA DE ENTRE RIOS – INTA – Año 2003**
- ✓ **PROYECTO FORESTAL REMEDIATIVO CON REUSO DE LOS EFLUENTES TRATADOS PARA RIEGO DE PLANTACIONES PRODUCTIVAS** – Ing. Agrónomo Aldo Ennio Rudi – Rio Cuarto – Córdoba – Año 2015
- ✓ **REUTILIZACION DE AGUAS PARA AGRICULTURA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE** – Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – Chile – Año 2017
- ✓ **REUTILIZACION PARA RIEGO DE CULTIVOS** – Dr. Angel de Miguel Garcia – 6° Reunión Internacional de Riego – Córdoba – Argentina – Año 2018
- ✓ **REUTILIZACION DEL AGUA EN LA AGRICULTURA: ¿BENEFICIOS PARA TODOS?** – FAO - Año 2013
- ✓ **ESTUDIO DEL POTENCIAL DEL USO ALTERNATIVO DE FUENTES DE AGUA: LAS AGUAS RESIDUALES** – PROSAP – Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca – Presidencia de la Nación – Año 2013