

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL USO PARA RIEGO DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE GINEBRA VALLE DEL CAUCA



Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth, 2018.

Jorge Enrique Trochez Balcazar¹
Ing. Agrícola

Profesor a cargo: Inés Restrepo
Tarquino M.Sc; PhD.

¹ Ingeniero agrícola, Universidad del Valle,
Facultad de ingeniería, Escuela de ingeniería de
los recursos naturales y del ambiente (EIDENAR).

RESUMEN

Este proyecto de investigación estuvo orientado hacia el establecimiento de la potencialidad del uso para riego del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ginebra Valle (PTAR). Lo anterior fue determinado a partir de diagnósticos de las calidades

agronómica y microbiológica realizados a 5 muestras del efluente tratado. La norma nacional 1207 de 2014, permitió establecer que el recurso cumple con límites fisicoquímicos permisibles, a la vez que el contenido de Huevos de Helmintos se encuentra dentro del rango de dicha norma. En contraposición a lo anterior, el contenido de coliformes fecales excede el lineamiento propuesto por el gobierno nacional.

El reuso para riego del efluente presenta beneficios de tipos económico y ambiental. Esta situación le genera un ahorro de más de \$ 17' 300 000, anuales a ACUAVALLE S.A, por un no pago de tasa retributiva; a la vez que puede representar un ahorro,

de más de \$13'000 000 para Hacienda La Trinidad, por concepto de compra de fertilizantes nitrogenados. Se resalta el hecho que al utilizar el efluente de la PTAR de Ginebra en el riego de caña de azúcar se estaría evitando la descarga de alrededor de 252 kg/día de DBO5 y 215 kg/día de SST.

Palabras claves

Aguas Residuales, Reuso, Agricultura, calidad de agua para riego, Salinidad.

ABSTRACT

This research project was oriented towards the establishment of the potential use for irrigation of the effluent of the Wastewater Treatment Plant of Ginebra Valle (WWTP). The above was determined from diagnoses of the agronomic and microbiological qualities performed on 5 samples of the treated effluent. The national norm 1207 of 2014, allowed to establish that the resource complies with the permissible physicochemical limits, while the content of Helminth Eggs is within the range of said norm. In contrast to the above, the fecal coliform content exceeds the guidelines proposed by the national government.

The reuse for irrigation of the effluent presents benefits of economic and environmental types. This situation generates a saving of more than \$ 17'300,000, annually to ACUAVALLE S.A, for the non-payment of the remuneration rate; At the same time it can represent a saving of more than \$ 13'000,000 for Hacienda La Trinidad, for the purchase of nitrogen fertilizers. The fact that using the effluent from the WWTP in Geneva in the irrigation of sugarcane would be avoiding the

discharge of around 252 kg / day of BOD5 and 215 kg / day of SST.

KEYWORDS

Wastewater, Reuse, Agriculture, Water quality for irrigation, Salinity.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas ha tomado gran importancia la necesidad de un manejo integral del recurso hídrico, lo cual ha traído consigo la reactivación de la posibilidad del reuso de aguas residuales en riego en Latinoamérica (Argentina, Chile, Perú, México), Europa (Alemania), África (Sudáfrica, Túnez, Sudán), Asia (Israel, Kuwait, Arabia Saudita, India, China) y Norteamérica (Parreiras 2005, citado por Echeverri, 2011).

Este proyecto de investigación evaluó las calidades agronómica y microbiológica del efluente tratado de la PTAR de Ginebra, también contemplo análisis a muestras de suelos de Hacienda La Trinidad, los cuales son regados con el recurso hídrico. Lo anterior permitió estimar la potencialidad del reuso de aguas residuales en un cultivo de caña de azúcar.

La investigación hace parte del proyecto “Estrategias para la recuperación y manejo integrado del recurso hídrico en las cuencas del Cauca y Dagua en el Valle del Cauca”, financiado por el Sistema General de Regalías para este departamento, que cuenta con el apoyo del grupo de investigación de Saneamiento Ambiental del Instituto CINARA y EIDENAR de la Universidad del Valle.

2. METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ginebra, Valle del Cauca. Posee un área de 3 hectáreas (ubicación: Latitud: 3°42'41.32"N, Longitud: 76°16'17.07"O).

El potencial de reuso para riego fue estudiado a partir de la viabilidad de emplear el recurso hídrico en riego. Fueron analizadas características agronómicas y microbiológicas del recurso, las cuales posteriormente fueron correlacionadas con marcos normativos, tanto nacionales como internacionales. El caudal de la PTAR fue estimado a partir de registros históricos de ACUAVALLE S.A (2016) y reporte de CVC (2016), debido a que en campo no fue posible realizar una medición de este parámetro. También, se realizó un muestreo de suelos, el cual permitió estudiar conductividades eléctricas y contenido de elementos N, P y K, en cada una de las muestras obtenidas.

2.1. Diseño experimental

La investigación, contuvo un muestreo de aguas residuales de modo puntual. También se realizaron muestreos de suelos, bajo el método de muestreo por muestra compuesta. Los suelos analizados, actualmente son regados con ARD tratada de la PTAR de Ginebra. Siete muestras (como representativas) en total fueron llevadas a los laboratorios del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT) para ser analizadas.

La metodología desarrollada fue estructurada con base en los tres

objetivos específicos formulados (Figura 2).

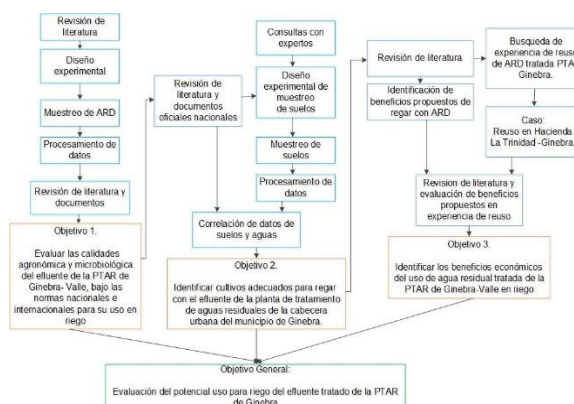
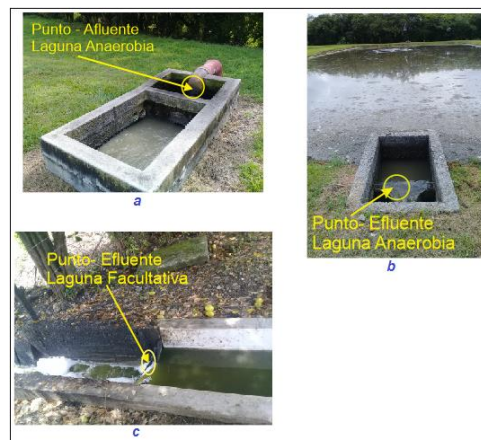


Figura 2. Diagrama metodológico de la investigación desarrollada.

2.2. Muestreos de aguas residuales

Se hicieron muestreos de modos puntuales, los días 2, 5, 10, 15 y 25 del mes de mayo de 2017. Cada muestra fue tomada en un rango horario de 8:30 a.m a 1:30 p.m. Los lugares fueron: entrada de laguna anaerobia, salida de laguna anaerobia y salida de laguna facultativa. Se tomó una muestra por punto seleccionado y día, para un total de 15 muestras. En campo fueron medidos: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y temperatura. La **Fotografía 1.** muestra los puntos de muestreo.



Fotografía 1.

Puntos de muestreos de ARD tratada.

El punto efluente de laguna facultativa (c), fue seleccionado como objeto de análisis para esta investigación, ya que, a partir de ese lugar el agua es reusada por un agricultor en riego.

2.3. Muestreo de suelos

Se hicieron muestreos compuestos de suelos, a una profundidad de raíces, de 30 cm de la superficie del suelo (para analizar contenido de nutrientes y propiedades fisicoquímicas). Los sustratos empleados pertenecen a Hacienda La Trinidad y se encuentran en áreas cercanas a la PTAR. Los muestreos fueron realizados en las **suertes 2,3 y 4 (Figura 3)**, las cuales conforman 7 tablones (coordenadas de ubicación: Latitud: 3°42'57,66" N, Longitud: 76°16'44,22" O). En cada punto de muestreo, fueron retirados hojarasca (profundidad: 5 cm).



Figura 3. Terrenos de Hacienda La Trinidad.

2.4. Correlación de datos

Se correlacionaron las calidades agronómica y microbiológica del efluente de la PTAR de Ginebra, con los estándares de la FAO (1985), USDA (1954), las guías de la OMS (2006) y norma nacional de reuso para riego. La calidad fisicoquímica del efluente fue evaluada bajo el método 8073 de la empresa HACH®, con el propósito de investigar la tendencia corrosiva o incrustante del efluente.

2.5. Tendencia incrustante o corrosiva de ARD.

Se empleó el método 8073 de la compañía HACH®, para determinar una tendencia corrosiva o incrustante del efluente de PTAR. Contiene procedimientos para hallar el Índice de Saturación de Langelier e Índice de agresividad

2.6. Cultivos adecuados para el riego con ARD tratada de la ptar de ginebra

Bajo un estudio realizado por la FAO en 1985, fueron seleccionados cultivos aptos al riego con el efluente tratado de PTAR; en la actividad fueron empleadas conductividades eléctricas del ARD tratada y de suelos de Hacienda La Trinidad.

2.7. Beneficios económicos de regar con el efluente tratado de la PTAR de Ginebra-valle.

La **Tabla 1** muestra beneficiarios y beneficios propuestos por la FAO (2013) en una situación de reuso para riego de un efluente tratado.

Tabla 1. Beneficios propuestos.

Beneficiario	Número de	Beneficio
--------------	-----------	-----------

	Beneficio	
Usuario Generador de ARD	1	Ahorro en el pago de tasa retributiva.
	2	Ahorro en el costo de tratamiento de ARD.
Usuario Receptor de ARD	3	Ahorro en el costo de fertilizante debido al contenido de nutrientes de las ARD.
	4	Costos evitados de extracción, transmisión, tratamiento y distribución de agua dulce.
	5	Ahorro en el pago de tasa por uso de agua
Otros beneficios	6	Mayor fiabilidad por el suministro de ARD
	7	Beneficios ambientales

Se realizaron chequeos de los beneficios en mención (**Tabla 1**), en la experiencia de reuso del efluente tratado de la PTAR de Ginebra. El área efectiva de riego es de 31 Ha (suertes dos, tres y cuatro, **Figura 3**).

2.7.1. Ahorro en el pago de tasa retributiva

En el cálculo y estimación de este beneficio se emplearon el caudal de reuso (27,2 l/s), las cargas de DBO5 y SST del efluente, la Resolución 0631 de 2015 y la tarifa mínima nacional de Tasa Retributiva nacional al año 2017; es decir: 138,72 \$/kg de DBO y 59,32 \$/kg de SST.

2.7.2. Ahorro en el costo de fertilizante debido al contenido de nutrientes de las aguas residuales

Se consideró el área efectiva de riego, en la cual se emplea el efluente de la PTAR de Ginebra (31 Ha) y sus necesidades de fertilizantes. En la estimación de este beneficio se contempló el aporte de carga nutricional que podría ofrecer el recurso, en función de sus concentraciones de nitrógeno, fosforo

y potasio (N, P y K, respectivamente); contenidos en un volumen de agua aplicado a los cultivos de caña de azúcar (establecidos en suelos seleccionados). Las cargas de N, P y K, fueron calculadas a partir de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Carga de elemento (kg/s)} \\ &= \text{Caudal (m}^3/\text{s)} \\ &\quad * \text{Concentración (kg} \\ &\quad \text{/m}^3) \end{aligned}$$

En la cuantificación económica de cargas de N, P y K, fueron empleados valores económicos de fertilizantes artificiales, reportados por el DANE en el año 2017.

Cada uno de los volúmenes netos de agua fue estimado a partir de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Volumen neto (m}^3) \\ &= \text{Lamina de agua (m)} \\ &\quad * \text{Area (m}^2) \end{aligned}$$

, el área corresponde a cada uno de los tablonos seleccionados. Este trabajo académico empleo datos de tablonos 2,3 y 4 (**Figura 3**). La lámina de agua corresponde al consumo total de agua por ciclo de 12 meses de un cultivo de caña de azúcar. Se emplearon valores de evapotranspiraciones encontrados por CENICAÑA, para un cultivo de caña de azúcar en el valle geográfico del Rio Cauca. Lo anterior se adoptó, debido a que no fue posible encontrar información de registros históricos de evaporaciones de una estación meteorológica cercana al desarrollo del proyecto de investigación. En los volúmenes de agua, fueron tenidas en cuenta, perdidas del recurso hídrico; debidas al método de riego empleado.

Por lo anterior, fue calculado un volumen bruto de agua. Cada uno de los volúmenes brutos de agua, fueron estimados a partir de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Volumen bruto (m}^3\text{)}}{\text{Volumen neto (m}^3\text{)}} = \text{Eficiencia de aplicación (\%)}$$

Se empleó una eficiencia de aplicación de un 40 % para el método de riego por gravedad (surcos) (Adaptado de CENICAÑA, s.f).

2.7.3. Costos evitados de extracción y distribución de agua dulce:

En este beneficio se emplearon, datos del caudal de reuso (27,2 l/s), la tarifa por uso de agua subterránea al año 2017, es decir: 10 \$/m³ (CVC, 2017) y datos de equipo de bombeo de Hacienda La Trinidad (coordenadas de ubicación: 3°42'57,77 " N 76 °16' 20,60"O). La **Fotografía 2** muestra el equipo de bombeo.



Fotografía 2. Componentes de equipo de bombeo.

El equipo es de marca U.S Electrical Motors, posee una bomba centrífuga con eje vertical y un motor eléctrico con potencia de 75 HP (55,95 kW). En el cálculo del costo económico por

bombeo de agua, se empleó tarifa de costo de consumo eléctrico de EPSA al mes de septiembre de 2017, la cual tiene un valor: \$ 497,3 \$/kW*h.

El costo de distribución de agua, fue determinado a partir de un sistema de riego, supuesto como requerido para surtir de aguas a los tablones seleccionados.

2.7.4. Ahorro en pago de tasa por uso de agua (TUA)

En la estimación de este beneficio fue empleado el caudal de reuso (27,2 l/s) y la tasa por uso de agua superficial para la zona al año 2017 (\$ 5,60 /m³), también fue empleado un pago trimestral a ASOGUABAS (Asociación de Usuarios del Río Guabas; el cobro al presente año es de \$8500 \$/litro, más un servicio de supervisión de campo de \$4000 /litro).

2.8. Análisis estadístico

Se empleó estadística descriptiva a las variables medidas; también se realizaron correlaciones entre los parametros medidos y marcos de referencia nacionales e internacionales. Todo lo anterior se realizó mediante la ayuda de software Microsoft Excel® (versión 2016) y el software estadístico MiniTAB® (versión 17).

3. ANALISIS DE RESULTADOS

3.1. Calidad del ARD tratada.

3.1.1. Calidad agronómica

La **Tabla 2** muestra la composición fisicoquímica del agua tratada de PTAR Ginebra Valle.

Tabla 2. Calidad fisicoquímica efluente PTAR Ginebra.

MUESTREO

PARAMETRO	UNIDAD	1	2	3	4	5	DESV	C. V	PROMEDIO	FAO (1985)	Cumple/ No cumple norma
pH	unidad de pH	7,01	7,06	6,91	6,95	7,15	0,09	0,01	7,01	6,0 - 8,5	Si
CE	dS/m	1,11	1,28	1,28	*	1,42	0,12	0,1	1,27	0-3	Si
Calcio	meq/l	0,62	0,62	0,72	0,82	0,73	0,08	0,12	0,7034	0-20	Si
Magnesio	meq/l	0,46	0,47	0,42	0,43	0,47	0,02	0,06	0,44	0-5	Si
Sodio	meq/l	2,17	2,28	1,7	1,94	2,46	0,29	0,14	2,1	0-40	Si
Bicarbonato	meq/l	31,3	38,2	32,6	35,6	43	4,66	0,13	36,14	0-10	No
Cloruro	meq/l					--				0-30	-
Sulfato	meq/l	0,43	0,48	0,53	0,39	0,81	0,16	0,32	0,52	0-20	Si
Nitritos	mg NO2/l					-				-	-
Nitratos	mg NO3/l	0,07	0,07	0,07	0,03	0,09	0,02	0,34	0,06	0-10	Si
N Amoniacal	mg NH3/l					-				0-5	-
Fosforo Total	mg P/l	8	8,39	6,1	7,49	9,12	1,13	0,14	7,82	0-2	No
Fosfatos	mg PO4/l					-				0-2	-
Nitrógeno Total	mg N/l	12,3	38,5	15,1	39	32,3	12,87	0,47	27,44	<30	Si
Potasio Total	mg K/l	11,3	13,36	12,2	13,5	15,3	1,5	0,11	13,13	0-2	No
RAS	-	11,7	12,3	8,82	9,61	12,5	1,67	0,15	10,99	0-15	Si

* Lectura no realizada por daño en equipo de medición.

-No analizado en laboratorio

El pH se encuentra dentro del rango de referencia. La conductividad eléctrica, se encuentra por encima de 0,7 dS/m. Por tanto, presenta restricción *Ligera a Moderada* (valor a partir del cual existe riesgo de salinización del suelo). De igual modo, la RAS y CE pueden influenciar de forma *leve a moderada* en una reducción de la tasa de infiltración de suelos.

Los contenidos de Fosforo y Potasio Totales, se encuentran por encima de los estándares de referencia. Con base en lo anterior, se sustenta uno de los potenciales beneficios del reuso de este recurso hídrico en actividades de irrigación, es decir, en el aporte de nutrientes al suelo; lo cual influye en un ahorro de recursos económicos y lo define como potencialmente utilizable en irrigación.

De acuerdo a USDA (1954) (*Error! No se encuentra el origen de la referencia.*), el efluente se clasifica como C1 – S2, significando una baja

salinidad y cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo.

Las anteriores observaciones permiten inferir que la calidad agronómica del efluente cumple los estándares de la FAO (1985) para el riego de cultivos agrícolas (**Tabla 2**), no obstante, se debería realizar un adecuado monitoreo de elementos químicos en el efluente; de este modo se podría evitar problemas ocasionados por una contaminación de elementos en exceso.

3.1.2. Calidad microbiológica del efluente

La **Tabla3** muestra parámetros microbiológicos medidos en el agua residual domestica tratada del municipio de Ginebra.

Tabla 3. Composición microbiológica del efluente tratado.

muestreo	Parámetro		
	Coliformes fecales UFC/100ml	Coliformes totales UFC/100ml	Huevos de helmintos (Número de huevos)
1	2800000	7200000	0
2	1500000	5300000	0
3	2900000	3200000	0
4	13200	420000	0
5	820000	12200000	0
Desviación	1251610,342	4437958,99	0
C.V	0,77	0,78	0
Promedio	1'606 640	5'664 000	0

El contenido de huevos de helminto cumple con estándar de la Organización Mundial de la Salud (2006) (*¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*3). Contrario a lo anterior, el contenido de coliformes fecales es elevado. Por tanto, se puede inferir que el tratamiento realizado al ARD tratada, no cumple con la reducción de patógenos requerida (Anexo C). De este modo, se podrían generar altos riesgos a la salud humana.

3.2. Evaluación bajo norma nacional de reuso para riego.

Con respecto a la norma nacional de reuso para riego (Resolución 1207 de 2014) el efluente, cumple con límites permisibles de cloruros, sulfatos, sodio y Nitratos. En cuanto a aspectos microbiológicos, cumple con el parámetro de Helmintos parásitos humanos. Contrario a lo anterior, presenta un alto valor de coliformes fecales, por tanto, la directriz lo clasifica como no apto para riego.

3.3. Tendencia corrosiva o incrustante del ARD tratada

3.3.1. Índices de saturación y agresividad

La **Tabla 4** muestra parámetros del efluente, empleados en la estimación

de Índices de Saturación de Langelier e Índice de agresividad.

Tabla 4. Parámetros empleados en estimación de Índices.

Parámetro	Unidad	Muestreo					Desv	CV	Promedio
		1	2	3	4	5			
HCO ₃	(mg/l)	1912	2331	1989	2169	2823	284,78	0,12	2204,8
Alcalinidad	(mg/l)	1912	2331	1989	2169	2823	274,78	0,12	2204,8
Dureza	(mg/l)	108	110	114	125	120	7,058	0,08	115,4
Temperatura	(°C)	27,9	25,3	29,1	*	28,9	1,747	0,08	27,8
SDT	(mg/l)	501	574	574	*	637	280,07	0,45	571,5

* Lectura no realizada por daño en equipo de medición.

La **Tabla 5** muestra los parámetros calculados, bajo metodología HACH®:

Tabla 5. Índice de Saturación de Langelier e Índice de Agresividad.

Parámetro	Unidad	Valor
Índice de saturación de Langelier	Adimensional	0,58
Índice de agresividad	Adimensional	12,42

Los valores calculados muestran que el agua tratada de PTAR, posee una tendencia a formar incrustaciones. Esta situación representa un riesgo, para métodos de riego localizado y goteo; especialmente en elementos de bombeo.

3.4. Identificación de cultivos adecuados para regar con el efluente de la ptar de ginebra

3.4.1. Análisis estadístico de ce de suelos y aguas

La **Figura 4** muestra un gráfico estadístico de conductividades eléctricas de ARD tratadas y suelos empleados en esta investigación.

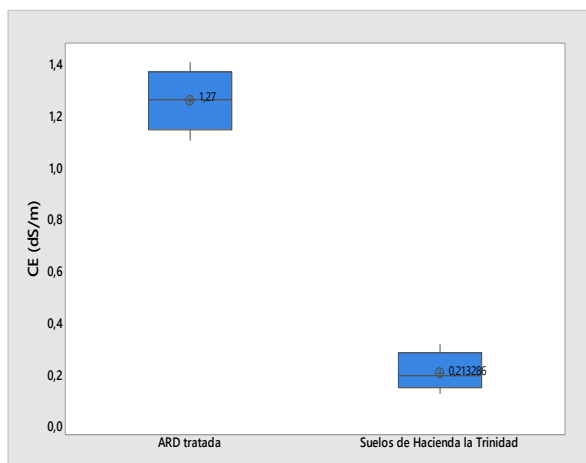


Figura 4. Conductividades eléctricas del ARD tratada y suelos de Hacienda La Trinidad.

Bajo lineamientos de FAO (1985), las conductividades eléctricas del efluente y de suelos analizados permiten regar cultivos con tolerancia a la salinidad de tipo sensible. Entre los cultivos se encuentran frijol, zanahoria, cebolla de bulbo, chirivía; cultivos de frutas y nueces: almendra, manzana, albaricoque, aguacate, mora, zarzamora, mango, limón, entre otros. Bajo norma nacional de reuso para riego, el efluente sería apto para el riego de tabaco, algodón, morera, maíz, caña de azúcar, entre otros. Algunos cultivos expuestos con anterioridad, emplean métodos de riego de tipo aspersión y localizado. Lo anterior podría representar riesgos a la salud humana de regadores y agricultores, por tanto, se deberá manipular el efluente, con medidas, las cuales ayuden a preservar la salud humana.

3.5. BENEFICIOS ECONÓMICOS DE REGAR CON ARD TRATADA DE LA PTAR DE GINEBRA VALLE

3.5.1. Actores involucrados

Tabla 6 muestra actores involucrados en la experiencia de reuso del efluente.

Tabla 6. Actores involucrados.

Nombre de empresa o institución	Responsabilidad
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Autoridad Ambiental Nacional
Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca	Autoridad Ambiental Departamental
ACUAVALLE S.A.E.S.P	Usuario generador de ARD tratada
Hacienda La Trinidad	Usuario receptor de ARD tratada
Asociación de Usuarios de Río Guabas "ASOGUABAS"	Junta de Agua de Río Guabas de Ginebra - Valle.

A continuación, se muestra una evaluación de los beneficios en la experiencia de reuso del efluente de PTAR.

3.5.2. Evaluación de beneficios en experiencia de reuso

La Tabla 7 muestra un resumen de los beneficios identificados en la experiencia de reuso del efluente tratado de la PTAR de Ginebra. Las estimaciones están realizadas para un periodo de un año.

Tabla 7. Resumen de estimaciones económicas de beneficios.

Tipo de Beneficiario	Beneficio	Beneficio	Costo evitado - Ahorro (\$ en pesos)
Usuario Generador de ARD	1	Ahorro en el pago de tasa retributiva.	17'382.930,53
	2	Ahorro en el costo de un tratamiento de ARD.	50'500.000
Total			67'882.930,53
Usuario Receptor de ARD	3	Ahorro en el costo de fertilizante por ARD.	13'052.745
	4	Costos evitados de extracción, y distribución de agua dulce.	362'038.181,2
	5	Ahorro en pago de tasa por uso de agua	6'163.563,52
Total			381'254.489,7

Hacienda La Trinidad obtiene un ahorro de \$ **381'254 489,7**. La empresa de tratamiento de aguas residuales de Ginebra (ACUAVALLE S.A), obtiene un beneficio representado por \$ **67' 882 930,53**. Las estimaciones como ya realizadas en la actividad de reuso de ARD tratada del municipio de Ginebra, aporta beneficios económicos, tanto para Hacienda La Trinidad, como para ACUAVALLE S.A. Por otro lugar, también se presentan importantes beneficios en el cuidado y conservación del ambiente.

4. CONCLUSIONES

Las directrices internacionales de USDA (1954), clasifican el agua utilizada en este estudio (agua de PTAR tratada) como C1 – S2; es agua de buena calidad apta para riego.

De acuerdo a los estándares de la FAO (1985), el ARD tratada contiene un bajo contenido de sales disueltas, pero se debe prestar especial atención a la posible generación de un problema de sodicidad, el cual podría aparecer por el uso de este recurso.

Bajo directrices de FAO (1985), el efluente tratado de PTAR puede ser empleado como agua de riego, en cultivos con tolerancia relativa a salinidad de tipo *sensible*. El contenido de bicarbonatos lo define con una restricción, *Ligero a Moderado* para riego por superficie y *Severo* en aspersión foliar de cultivos sensibles.

El tratamiento que actualmente le es realizado al efluente no cumple con los estándares mínimos de uso para riego agrícola de la WHO (2006). Lo anterior se ve reflejado en la calidad microbiológica del agua residual doméstica.

Bajo estándares de la resolución 1207 (2014), el efluente no es apto para riego, debido a que presenta un alto contenido de coliformes fecales, con respecto al límite permisible. Contrario a lo anterior, el contenido de huevos de helmintos si cumple la norma.

5. REFERENCIAS

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca– CVC. 2017. Tasas por uso de Agua Cuenca de Rio Guabas. Cali, Colombia: 2017.

Echeverri, F. 2011. Reuso para riego del efluente de la PTAR-C: Evaluación del potencial impacto en las propiedades físicas del suelo y la productividad de la variedad de caña de azúcar cc85-92. Tesis de maestría Publicada, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Fecha de consulta: agosto de 2015. 112 Págs

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2014. Resolución número 1207 de 2014. Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Ambiental/SiteAssets/Resolucion1207AguasResidual esTratadas.pdf>. Fecha de consulta: mayo de 2016.

FAO. 1985. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Technical Paper No. 29. Rome, Italy. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/T0234E/T0234E00.htm>. Fecha de consulta: febrero de 2017.

Hach. Sin fecha. Langelier and Agressive Indices – Method 8073 (Indices de Langelier y agresivo – Metodo 8073). Recuperado de: www.Langelier and Agressive Indices – Method 8073.com. Fecha de consulta: marzo de 2016. 6 Págs.