

## USO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RIEGO DEL CULTIVO DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*, L.)

Ariel Eliseo Turcios Pantaleón<sup>1</sup>

### RESUMEN

En Guatemala, la agricultura es la actividad que consume aproximadamente el 70% del total de agua utilizada. La reutilización de las aguas residuales por medio del riego puede ser una alternativa de bajo costo para disponer adecuadamente de las aguas, evitando que lleguen a los cuerpos de agua y causen problema de contaminación y además se le está dando un uso adecuado a dicho recurso, el cual es cada vez más escaso. Se analizaron distintos efluentes de aguas residuales domésticas provenientes de la planta de tratamiento Aurora II, Guatemala. Estas aguas se usaron para el riego del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Los mejores resultados en cuanto a la altura de las plantas del cultivo se obtuvieron donde se regó con agua residual procedente del sedimentador primario y salida del primer filtro percolador con material rocoso como medio filtrante.

### Palabras clave

Aguas residuales, análisis del agua, características de aguas residuales, calidad del agua, plantas de tratamiento, nutrientes, frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.)

### ABSTRACT

In Guatemala, agriculture is the activity that consumes about 70% of water. The reuse of wastewater by irrigation can be a low-cost alternative to properly dispose of water, avoiding that this wastewater reaches other bodies of water and it causes pollution problems and also being given a proper use to this resource that is increasingly scarce. We analyzed various domestic wastewater effluents from the treatment plant Aurora II, Guatemala. These waters were used to irrigate the crop of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The best results in terms of the height of the bean crop plants were obtained which were irrigated with wastewater from the primary settler and the effluent from first trickling filter with rock material as a filter medium.

### INTRODUCCIÓN

En Guatemala únicamente el 1% de las aguas residuales domésticas se les da un proceso de tratamiento, antes de evacuarse a otros cuerpos receptores, el resto contamina otras masas de agua. Las aguas residuales pueden reutilizarse para riego de pastos y granos básicos con un tratamiento primario y económico que mejore la calidad físico-química y bacteriológica. Con esto se está aprovechando adecuadamente el agua residual y a la vez disminuyendo la contaminación de otras fuentes de agua.

El interés de haber realizado esta investigación es aprovechar el agua residual tratada, proveniente de distintas fases de tratamiento como el tanque de sedimentación y filtros percoladores, para el riego del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).

### METODOLOGÍA

-La investigación se realizó en la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos –ERIS– ubicada en la colonia Militar Aurora II en la zona 13, Guatemala.

-Las plantas del cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) variedad ICTA ligero, se sembraron en el campo utilizando el **diseño experimental de bloques al azar**, con un total de cinco bloques con cinco tratamientos por bloque.

-Para el riego se utilizaron cinco tipos de efluentes, 1-entrada al sedimentador primario, 2-salida del sedimentador primario, 3-salida del primer filtro percolador con piedrín como material filtrante, 4-salida del filtro percolador con ripio como material filtrante y 5-agua potable utilizada como control.

-A los tres meses de sembradas las plantas de frijol se obtuvo el dato de altura de las plantas y se realizaron los análisis físico-químicos y microbiológicos de los cinco efluentes detallados en los cuadros 3 y 4.

-El análisis químico se hizo en el laboratorio de suelo y agua de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

-El análisis físico y microbiológico se realizó en el laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria de la Facultad de Ingeniería, USAC.

<sup>1</sup>Ingeniero Agrónomo, Guatemala. MSc. Recursos Hidráulicos/ERIS, USAC.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

Cuadro 1. Análisis de Varianza para la variable altura de plantas (H)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
H	25	0.67	0.5	14.06

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	148.56	8	18.57	3.98	0.009
<b>Trat</b>	<b>112.79</b>	<b>4</b>	<b>28.2</b>	<b>6.04</b>	<b>0.0037</b>
Bloque	35.77	4	8.94	1.92	0.1569
Error	74.69	16	4.67		
Total	223.25	24			

Donde:

H: altura de plantas  
 N: número de datos observados  
 R<sup>2</sup>: coeficiente de determinación  
 R<sup>2</sup> Aj: coeficiente de determinación ajustado  
 CV: coeficiente de variación  
 FV: fuentes de variación  
 SC: suma de cuadrados  
 gl: grados de libertad  
 CM: cuadrados medios  
 F: valor de f calculada  
 p-valor: significancia real

Cuadro 2. Prueba múltiple de medias Tukey, Alfa=0.05

Error: 4.6681 gl:16

DMS=4.18672

Trat	Medias	n	Grupo 1	Grupo 2
T3	17.34	5	A	
T2	17.16	5	A	
T4	15.54	5	A	B
T1	15.36	5	A	B
T5	11.44	5		B

Donde:

T1: Agua residual de la entrada al sedimentador primario  
 T2: Agua residual en la salida del sedimentador primario  
 T3: Agua residual en la salida del primer filtro percolador  
 T4: Agua residual en la salida del filtro percolador con ripio  
 T5: Agua potable utilizada como control

En la fila de tratamientos (Trat) del cuadro 1 se observa que el valor de p-valor es de 0.0037, siendo un valor inferior al 0.05 de significancia por lo tanto existe diferencia significativa estadística entre los cinco tratamientos.

Al determinar la existencia de diferencia significativa se procedió a realizar una prueba múltiple de medias Tukey para obtener el mejor o los mejores tratamientos. En el cuadro 2 con un alfa de 0.05 se observa que estadísticamente los mejores tratamientos son T1, T2, T3, y T4 por pertenecer al grupo A, aunque la media superior pertenece al tratamiento 3 (salida primer filtro)

con una altura de 0.1734 m (17.34 cm). El grupo con las medias más bajas es el B al cual pertenecen los tratamientos T1, T4 y T5 en donde la media inferior la presenta el tratamiento T5 (agua potable) con una altura de 0.1134 m (11.44 cm), (ver figura 1).

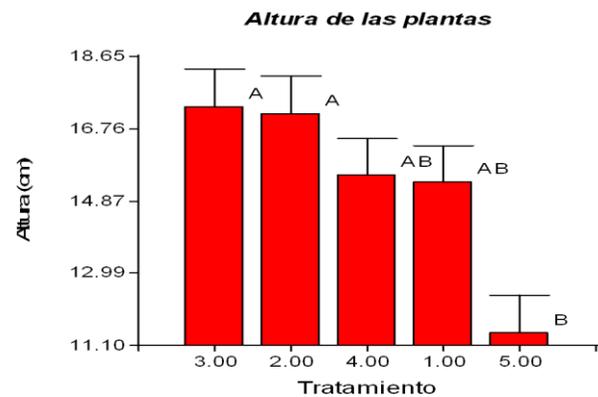


Figura 1. Comparación de medias de la variable longitud aérea

La figura 1 es el resultado de la comparación de medias de Tukey para la variable de respuesta longitud aérea. Los tratamientos T3 y T2 (salida del primer filtro percolador y salida del sedimentador primario respectivamente) presentan las medias más altas. A ambos tratamientos le siguen los tratamientos T4 y T1 (salida del filtro percolador con ripio y entrada al sedimentador primario) y finalmente se tiene el tratamiento 5 (agua potable) con la media más baja. Letras iguales en el grafico indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.



Figura 2. Altura de plantas

En la figura 2 se muestran las plantas representativas por cada tratamiento. Las plantas que pertenecen a los tratamientos T2 y T3 son de mayor altura y más vigorosas.

### Repeticiones por tratamiento de la variable de respuesta altura de plantas (H)

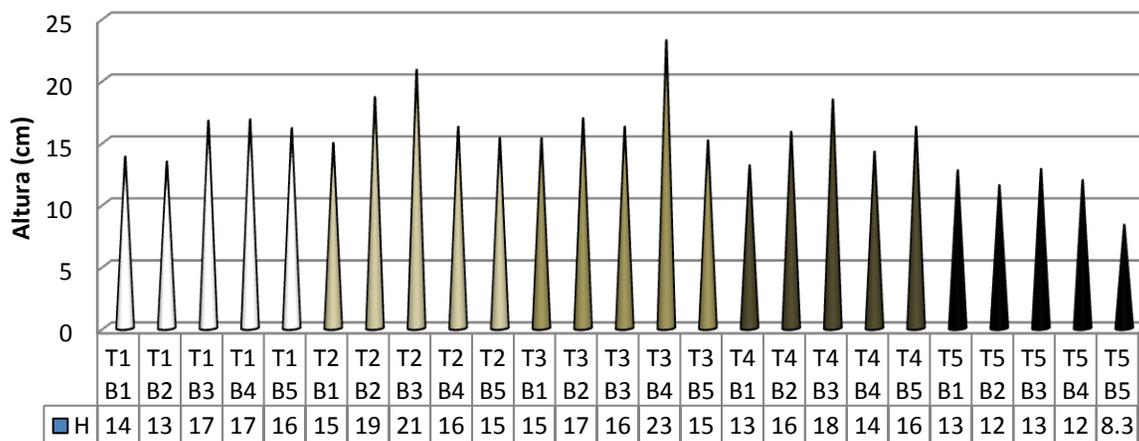


Figura 3. Repeticiones de los tratamientos de la variable de respuesta Altura de Plantas (H)

En la figura anterior se observa la variación de los datos por cada tratamiento, siendo los bloques (B) las repeticiones. Cada intensidad de color pertenece a un tipo de tratamiento (T). Esta variación dentro de cada tratamiento se debe a la naturaleza de las plantas, hay factores que no se pueden controlar como el factor genético, entre otros. Esta variación de las repeticiones de cada tratamiento para el caso de la variable de respuesta altura de plantas (H) se observa en el cuadro 1 en donde el coeficiente de variación (CV) es de 14.06%.

Cuadro 3. Análisis químico del agua

TRATAMIENTO	pH	$\mu\text{S/cm}$ C.E.	meq/l				mg/l							RAS	CLASE
			Ca	Mg	Na	K	N	P	Cu	Zn	Fe	Mn	B		
ENTRADA SEDIMENTADOR (T1)	6.7	902	1.81	1.51	5.24	0.47	58.06	5.4	0	0	0	0	0.37	4.09	C3S1
SALIDA SEDIMENTADOR (T2)	6.8	852	1.8	1.29	5.02	0.4	46.15	4.91	0	0	0	0	0.31	4.05	C3S1
SALIDA PRIMER FILTRO (T3)	7.1	773	1.62	1.09	4.7	0.38	32.76	4.03	0	0	0	0	0.05	2.39	C3S1
SALIDA FILTRO CON RIPIO (T4)	7.1	752	1.75	1.09	4.28	0.45	31.12	4.17	0	0	0	0	0.14	3.6	C3S1
AGUA POTABLE (T5)	7.4	366	1.4	1.07	1.07	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0.96	C2S1

Fuente: Laboratorio Facultad de Agronomía, USAC.

Según clasificación FAO-UNESCO los tratamientos ingresados al laboratorio se clasifican como:

C2: Aguas de mediana salinidad

C3: Aguas de alta salinidad

S1: Aguas de baja sodicidad (bajo contenido de sodio)

El riego del cultivo con los efluentes, salida del sedimentador primario, salida del primer filtro percolador, salida del filtro percolador con ripio y entrada al sedimentador primario produjeron alturas similares en las plantas de frijol (ver cuadro 2). Esto se debe principalmente a las concentraciones de los elementos químicos en el agua. En donde se usó agua potable el rendimiento fue inferior debido a que no posee la cantidad de nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La conductividad eléctrica disminuye en función del proceso de tratamiento del agua residual, valores altos de sales en solución disminuyen la capacidad de la absorción de agua del cultivo por efecto osmótico. Los elementos Ca, Mg, Na, K, B, N y P disminuyen conforme avanza el proceso de tratamiento debido a que una parte son adsorbidos por el complejo coloidal y otra parte forman compuestos químicos y precipitan. El boro es un elemento fitotóxico, debiéndose tomar en cuenta la concentración del mismo en las aguas residuales.

En todos los puntos de muestreo existe una sodicidad baja y alta salinidad, excepto el agua potable utilizada como control, de acuerdo a la clasificación de la FAO-UNESCO.

**Cuadro 4. Análisis físico y microbiológico del agua**

TRATAMIENTO	mg/l SST	NMP/100 ml Coliformes totales	NMP/100 ml Coliformes fecales
ENTRADA SEDIMENTADOR (T1)	322	$> 1.6 \times 10^9$	$> 1.6 \times 10^9$
SALIDA SEDIMENTADOR (T2)	285	$> 1.6 \times 10^9$	$> 1.6 \times 10^9$
SALIDA PRIMER FILTRO (T3)	214	$1.7 \times 10^8$	$7.0 \times 10^7$
SALIDA FILTRO CON RIPIO (T4)	263	$2.1 \times 10^7$	$9 \times 10^6$
AGUA POTABLE (T5)*	0	$< 2$	$< 2$

Fuente: Laboratorio unificado de Química y Microbiología Sanitaria "Dra. Alba Tabarini Molina"

\* Según norma COGUANOR NGO 29 001

Los sólidos en suspensión totales (SST) disminuyen en función del proceso de tratamiento, en la salida del sedimentador y en la salida de los dos filtros la cantidad de sólidos es inferior al de la entrada del sedimentador, éstos precipitan en el sedimentador.

La cantidad de coliformes totales y fecales es mayor a  $1.6 \times 10^9$  NMP/100 ml, tanto en la entrada como en la salida del sedimentador. En la salida del primer filtro disminuye drásticamente la cantidad de coliformes y en la salida del filtro percolador con ripio la cantidad de coliformes totales y fecales es de  $2.1 \times 10^7$  y  $9 \times 10^6$  NMP/100 ml respectivamente. Esto se debe a que en los filtros existe un aumento en la actividad microbiológica dándose un proceso de control biológico y además se da una adsorción de éstos microorganismos patógenos en el complejo coloidal.

## CONCLUSIONES

- Las aguas residuales provenientes de la colonia Aurora II se pueden utilizar con fines de riego en el cultivo de frijol, debiendo tomar en cuenta la concentración de sodio, sales disueltas y elementos fitotóxicos.
- Con respecto a la altura de las plantas de frijol, no existe diferencia significativa al realizar un tratamiento primario de las aguas residuales, aunque la mayor altura de las plantas se obtuvo en donde se regó con el efluente del primer filtro percolador, con una media de 0.1734 m (17.34 cm). Entre las aguas residuales ya sean tratadas o no, sí existe diferencia significativa con respecto al agua potable usada como control. En el control se obtuvo una media de 0.1144 m (11.44 cm) de altura.
- El tratamiento en donde se determinó la menor cantidad de coliformes totales y fecales fue en el efluente del filtro percolador con ripio como material filtrante con un número más probable en cien mililitros (NMP/100 ml) de  $2.1 \times 10^7$  y  $9 \times 10^6$  respectivamente. La concentración de Boro es menor en el efluente del primer filtro percolador con un valor de 0.05 miligramos/litro.
- En las aguas residuales provenientes de la colonia Aurora II, existen nutrientes que benefician el crecimiento de las plantas, principalmente Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio.

## BIBLIOGRAFÍA

- FAO, 1988. FAO-UNESCO soil map of the world. World Soil Resources Report 60. Rome, Italy.
- García, A. 2006. Estudio de la calidad de agua de tres efluentes provenientes de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales "Ing. Arturo Pazos Sosa" para su reutilización en el riego del cultivo de pepino *Cucumis sativus* L. Tesis Msc. Guatemala, USAC, ERIS, Facultad de Ingeniería.
- InfoStat, 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- López, Alex. 2010. Implementación del material denominado "ripio clasificado de concreto" como material filtrante en filtros percoladores en la planta piloto "Ing. Arturo Pazos Sosa". Tesis Msc. Guatemala, USAC, ERIS, Facultad de Ingeniería.