

EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GANADERAS PARA SU REUTILIZACIÓN EN RIEGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA DEL ALTIPLANO CENTRAL DE BOLIVIA

Evaluation of a Livestock Wastewater Treatment System for Reuse in Irrigation at the Choquenaira Experimental Station in the Central Altiplano of Bolivia

Edgar Froilán Oliver Pari^{1*}, Rolando Céspedes Paredes²

RESUMEN

La presente investigación evalúa un sistema de tratamiento de aguas residuales ganaderas en la Estación Experimental Choquenaira, Altiplano Central de Bolivia, con el objetivo de determinar su viabilidad para reutilización en riego agrícola. Se empleó una metodología cuantitativa y descriptiva, analizando parámetros físicos, químicos y bacteriológicos en dos puntos del sistema: el tanque de pretratamiento y el tanque de agua sedimentada. Los resultados indican reducciones significativas en turbiedad (68,31 %), sólidos suspendidos (68,11 %), demanda química de oxígeno (71 %) y demanda bioquímica de oxígeno (84 %). Además, se observó una disminución del nitrógeno amoniacal en un 86,11 % y de coliformes termorresistentes en 1,11 log. Estos valores demuestran la efectividad del sistema en la remoción de contaminantes. Estos hallazgos indican que el sistema implementado mejora la calidad del agua, permitiendo su reutilización en riego bajo ciertas condiciones.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, reutilización en riego, calidad del agua, Estación Experimental Choquenaira, Altiplano Central de Bolivia.

ABSTRACT

This study evaluates a livestock wastewater treatment system at the Choquenaira Experimental Station in the Central Altiplano of Bolivia, to determine its feasibility for agricultural irrigation reuse. A quantitative and descriptive methodology was employed, analyzing physical, chemical, and bacteriological parameters at two key points of the system: the pretreatment tank and the sedimented water tank. The results indicate significant reductions in turbidity (68.31 %), suspended solids (68.11 %), chemical oxygen demand (71 %), and biochemical oxygen demand (84 %). Additionally, ammoniacal nitrogen decreased by 86.11 %, and thermotolerant coliforms were reduced by 1.11 log. These values demonstrate the system's effectiveness in contaminant removal. The findings suggest that the implemented system improves water quality, allowing for its reuse in irrigation under certain conditions.

Keywords: wastewater treatment, irrigation reuse, water quality, Choquenaira Experimental Station, Central Altiplano of Bolivia.

Artículo original

DOI: <https://doi.org/10.53287/tjqs3839zc89e>

Recibido: 09/04/2025

Aceptado: 21/06/2025

^{1*} Autor de correspondencia: Investigador, Escuela de Riego de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

<https://orcid.org/0009-0003-4443-6594>, edgar.fop1@gmail.com

² Docente Investigador, Instituto de Investigación en Producción, Transformación y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. <https://orcid.org/0000-0003-3855-110X>, rcspedes@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

Esta investigación aborda la evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para su reutilización en riego, una solución que integra aspectos técnicos, ambientales y agrícolas. Se busca no solo mitigar el impacto ambiental, sino también aprovechar los nutrientes presentes en las aguas tratadas, promoviendo un enfoque de economía circular.

En las últimas décadas, diversos estudios han explorado tecnologías para el tratamiento de aguas residuales agrícolas, incluyendo sistemas físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, en contextos rurales como el de la Estación Experimental Choquenaira, ubicada en el Altiplano Central de Bolivia, la viabilidad técnica y económica de estas tecnologías presenta limitaciones.

Este estudio se alinea con los objetivos globales de sostenibilidad, contribuyendo a la gestión responsable de los recursos hídricos y al manejo integrado de residuos ganaderos. Al mismo tiempo, representa un modelo replicable para otras comunidades rurales con características similares, fortaleciendo la capacidad local para enfrentar los desafíos asociados a la ganadería sostenible.

De acuerdo con la Universidad de Chile (UC) y el SAG (2005), el uso de aguas tratadas para diversas aplicaciones ha sido una práctica común durante más de un siglo en distintas regiones del mundo, incluso antes de que las tecnologías de tratamiento estuvieran plenamente desarrolladas. Inicialmente, la aplicación de estos efluentes al suelo surgió como una solución rentable frente a la descarga directa a cuerpos de agua superficiales. Actualmente, el riego agrícola es una de las aplicaciones más comunes de este tipo de aguas.

En el caso del riego con aguas residuales tratadas, es fundamental considerar diversos factores relevantes. La reutilización de estas aguas ocupa un lugar clave en la planificación hídrica, contribuyendo a una gestión más eficiente de los recursos en múltiples regiones del mundo. Las posibilidades de reutilización son amplias y varían en función del nivel de tratamiento aplicado, que influye directamente en la calidad del efluente obtenido. No obstante, el destino más frecuente, según la mayoría de los proyectos, sigue siendo el riego agrícola (Pérez, 2003). La calidad del efluente para Universidad de Chile (UC) y SAG (2005), es el factor más importante para definir el tipo de reusó (riego con o sin restricciones), tipo de cultivos y métodos de riego. La calidad del efluente debe ser calificada considerando tanto aspectos sanitarios como agronómicos.

Para FAO (2013), los principales tipos de beneficios que pueden esperarse de la reutilización de aguas residuales tratadas son:

- Costos evitados: al utilizar aguas residuales tratadas, los agricultores pueden reducir los gastos asociados con la extracción, transmisión, tratamiento y distribución de agua dulce. Aunque necesitarán realizar algún bombeo para sistemas de riego, como el riego por goteo, el uso de aguas residuales representa una alternativa más económica.
- Ahorro en fertilizantes: las aguas residuales contienen nutrientes como materia orgánica, nitrógeno y fósforo, que pueden mejorar la productividad de los cultivos y disminuir la necesidad de fertilizantes artificiales. Sin embargo, si las normativas exigen la eliminación de ciertos nutrientes, esto podría limitar estos beneficios. Además, no todos los nutrientes presentes son absorbidos por las plantas, lo que puede llevar a la contaminación por exceso de nutrientes.
- Ahorro en tratamiento: se pueden reducir costos de tratamiento si se permite que los nutrientes del efluente se utilicen como fertilizantes para los cultivos. No obstante, en algunos casos, podría ser necesario aumentar el nivel de tratamiento para que el agua sea apta para su reutilización, dependiendo de la calidad inicial de las aguas residuales y del tratamiento previo.
- Beneficios ambientales: el uso de aguas regeneradas contribuye a reducir la extracción de ríos y acuíferos, así como a disminuir la contaminación causada por vertidos de aguas residuales. En muchos países, estas aguas

sin tratar son una de las principales fuentes de contaminación. Si el uso de agua tratada requiere un nivel de tratamiento superior al exigido por las normativas de vertido, es razonable considerar compensaciones económicas por los beneficios ambientales que se generan.

Cisneros et al. (2015), señalan que el uso informal de aguas residuales sin tratamiento para el riego agrícola es una práctica común en Bolivia. Se estima que al menos 5.000 hectáreas de tierras de cultivo son irrigadas con estas aguas, siendo el 86 % de estas áreas ubicadas en los departamentos de La Paz y Cochabamba, principalmente en zonas periurbanas de áreas metropolitanas.

Según el autor mencionado, en un contexto de escasez de agua para riego, las aguas residuales se reconocen como una fuente viable para la agricultura, lo que podría favorecer la sostenibilidad agrícola en la región. Sin embargo, la falta de controles adecuados genera preocupaciones sobre los posibles impactos en la salud de los agricultores, el ganado y los consumidores, debido al riesgo de contaminación.

En la ciudad de Almería, un área agrícola con graves y crecientes problemas de disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficientes para mantener una actividad económica rentable, unido a la disponibilidad de un importante volumen de aguas residuales de la ciudad de Almería (unos 15 Hm³ actualmente) con tratamiento secundario que son vertidos al mar, ha llevado a la Consejería de Agricultura y Pesca a desarrollar las acciones necesarias para reutilizar las aguas residuales de Almería en los regadíos del Bajo Andarax (Pérez, 2003).

En Chile, de acuerdo con la Universidad de Chile (UC) y el SAG (2005), los efluentes provenientes de lagunas aireadas y de estabilización se emplean con mayor frecuencia en actividades de riego. Esto se debe a que estos sistemas suelen ubicarse en áreas rurales, lo que facilita su cercanía al lugar de uso. Por otro lado, los efluentes de otros sistemas de tratamiento son utilizados de forma indirecta, ya que al ser descargados en cuerpos de agua superficiales, se mezclan con aguas naturales antes de ser empleadas para el riego de terrenos agrícolas.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

Ha: la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales ganaderas en la Estación Experimental Choquenaira reduce significativamente la carga contaminante, permitiendo su reutilización en riego.

Ho: la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales ganaderas en la Estación Experimental Choquenaira no genera una reducción significativa en la carga contaminante ni garantiza su reutilización en riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La Estación Experimental Choquenaira es dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se encuentra localizada en el Altiplano Central, provincia Ingavi, departamento de La Paz a 32 km de la ciudad de La Paz (a 8 km de la ciudad de Viacha). Aproximadamente a 3820 m s.n.m. Geográficamente situada entre 16°42'05" de latitud sur y 68°15'54" de longitud Oeste.

Metodología

La metodología empleada en esta investigación incluyó enfoques cuantitativo, cualitativo y descriptivo, con el objetivo de analizar la eficiencia del sistema de tratamiento físico de aguas residuales ganaderas. Para ello, se evaluaron parámetros físicos-químicos y bacteriológicos que caracterizan los efluentes generados en la Estación Experimental Choquenaira, permitiendo determinar su calidad y potencial reutilización en riego.

La población objeto de estudio comprende las aguas residuales generadas en las actividades ganaderas de la Estación Experimental Choquenaira. Estas aguas provienen de dos fuentes principales:

Tanque pretratamiento, agua residual recolectada antes del tratamiento.

Tanque de agua sedimentada, agua residual después del tratamiento primario en el tanque séptico.

Esta población se caracteriza por un alto contenido de materia orgánica, sólidos suspendidos y contaminantes biológicos, lo que las hizo ideal para evaluar sistemas de tratamiento para su posible reutilización en riego agrícola.

Instrumentos de medición y técnicas

Para ser analizados las muestras de agua se tomó los parámetros con su respectivo método de análisis (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de análisis de agua.

Parámetro	Unidad	Método
Físicos		
Turbiedad	UNT	SM2130 B
Sólidos suspendidos totales	mg/l	SM 2540 D
Químicos		
pH (T=25,0 °C)	-	SM 4500 - H ⁺
Conductividad (T=25,0 °C)	μS/cm	SM 2510 B
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	SM 2340 C
Calcio	mg Ca ⁺² /l	SM 3500 - Ca D
Magnesio	mg Mg ⁺² /l	SM 3500 - Mg E
Sodio	mg Na/l	SM 3500 - Na B
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /l	SM 5220 B
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /l	SM 5210 B
Nitrógeno Amoniacal	mg N/l	SM 4500 - NH ₃ E
SAR y tipo de agua	-	Calculo
Bacteriológico		
Coliformes Termorresistentes	NMP/100 ml	NB 31006

Procedimiento

Para evaluar el sistema de tratamiento de aguas residuales ganaderas para su reutilización en riego, se analizaron sus características físico-químicas y bacteriológica mediante el muestreo de aguas residuales, que se realizó de manera sistemática utilizando un muestreo simple en las dos fuentes principales: tanque pretratamiento y tanque de agua sedimentada. Donde para el tanque pretratamiento y tanque de agua sedimentada se recolecto muestras simples en un recipiente limpio de plásticos de 2 litros para parámetros físicos y químicos, para parámetro bacteriológico en recipientes de plásticos esterilizados de 250 ml. Las muestras de aguas residuales se llevaron al laboratorio ISS - UMSA, al día siguiente después de haber tomado las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de las aguas residuales en el tanque séptico, se llevaron a cabo muestreos simples en dos puntos clave del sistema: el tanque de pretratamiento y el tanque de agua sedimentada (efluente a la salida del tanque). Este enfoque permitió evaluar la eficiencia del sistema en la reducción de contaminantes a lo largo de las etapas de tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos de las aguas residuales tratadas.

Parámetro	Unidad	Tanque pretratamiento	Tanque de agua sedimentada
Físicos			
Turbiedad	UNT	325,00	103,00
Sólidos suspendidos totales	mg/l	370,00	118,00
Químicos			
pH (T=25,0 °C)	-	6,52	7,60
Demanda química de oxígeno	mg O ₂ /l	2.489,00	719,00
Demanda bioquímica de oxígeno	mg O ₂ /l	1.510,00	232,00
Nitrógeno amoniacal	mg N/l	75,32	10,46
Bacteriológico			
Coliformes termorresistentes	NMP/100 ml	1,1 x 10 ⁷	1,7 x 10 ⁵

El análisis de las aguas residuales tratadas en el tanque séptico muestra una reducción significativa en varios parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, lo que indica que el sistema de tratamiento implementado es efectivo según las especificaciones técnicas y objetivos planteados.

Parámetros físicos

Turbiedad

Se observó una disminución del 68,31%, pasando de 325,00 UNT en el tanque de pretratamiento a 103,00 UNT en el tanque de agua sedimentada, lo que evidencia una mejora en la claridad del agua.

Sólidos suspendidos totales

La reducción fue del 68,11 %, de 370,00 mg/l a 118,00 mg/l, cumpliendo con el rango de eficiencia esperado (50-60 %). No obstante, los valores obtenidos en el tanque de agua sedimentada resultaron inferiores a los reportados por Echeverría et al. (2024), quienes evaluaron una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Villa El Carmen, Cochabamba, obteniendo un efluente con una concentración de 460 mg/l.

Parámetros químicos

Parámetro de pH

Hubo una mejora en la neutralidad del agua, de un pH ligeramente ácido (6,52) a un pH más alcalino (7,60).

Demanda química de oxígeno (DQO)

Se redujo en un 71 %, de 2.489,00 mg/l a 719,00 mg/l, superando el rango esperado de 20-30 %. Sin embargo, la concentración final obtenida sigue siendo más elevada que la reportada por Echeverría et al. (2024), quienes, en su estudio de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Villa El Carmen, Cochabamba, alcanzaron un valor de 249 mg/l en el efluente tratado.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La disminución fue del 84 %, de 1.510,00 mg/l a 232,00 mg/l, también superior al rango estimado.

Nitrógeno amoniacal

La concentración disminuyó en un 86,11 %, de 75,32 mg/l a 10,46 mg/l, mostrando la capacidad del sistema para tratar contaminantes nitrogenados. Sin embargo, las concentraciones obtenidas en el tanque de agua sedimentada fueron menores que las reportadas por Echeverría et al. (2024), quienes evaluaron una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en Villa El Carmen, Cochabamba, donde el efluente alcanzó un valor de 46 mg/l.

Parámetros bacteriológicos

Coliformes termorresistentes

La reducción fue de 1,11 log, disminuyendo de $1,1 \times 10^7$ NMP/100 ml a $1,7 \times 10^5$ NMP/100 ml, dentro del rango esperado (0-1 log). Aunque la eliminación no es completa, se evidencia una mejora significativa. Estos resultados se acercan a los obtenidos en estudios que utilizaron soluciones químicas, como el de Fleite (2021), donde se reportaron eficiencias significativamente altas en turbidez (95 %), DBO5 (85 %) y NH3 (75 %). Este desempeño resalta la viabilidad del sistema implementado, incluso sin la incorporación de agentes químicos, subrayando su sostenibilidad.

Análisis de las características de las aguas residuales tratadas para riego

El análisis de las aguas tratadas del tanque de agua sedimentada se realizó con el objetivo de evaluar su aptitud para ser utilizadas en riego agrícola. La Tabla 3, describe los resultados obtenidos de laboratorio y su comparación con las normativas aplicables.

Tabla 3. Parámetros de agua para riego.

Parámetro	Unidad	Valor	Norma (FAO, 1985)
pH (T=25,0 °C)	-	7,60	6,4 - 8,4
Conductividad (T=25,0 °C)	μS/cm	3170,00	< 3000
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	299,62	< 300
Calcio	mg Ca ⁺² /l	71,91	< 400
Magnesio	mg Mg ⁺² /l	29,12	< 60
Sodio	mg Na/l	207,15	< 920
SAR	-	5,21	1 - 15
Tipo de agua		C ₄ S ₁	-

Parámetros de agua para riego

Parámetro de pH

El pH del agua está dentro del rango recomendado por la FAO (6,4 - 8,4), lo que significa que el agua tiene una acidez/neutro adecuada para el crecimiento de alfalfa y forrajes. Este valor no debería presentar problemas para la absorción de nutrientes y el desarrollo de las plantas.

Conductividad eléctrica

Este valor se encuentra por encima del límite recomendado (< 3000 μS/cm) y es clasificado como C4. Esto indica que el agua tiene una alta salinidad, lo que puede generar estrés salino en los cultivos si no se manejan adecuadamente. Se recomienda monitorizar la salinidad del suelo y aplicar técnicas de lavado de suelo o riego con agua de menor salinidad para evitar la acumulación excesiva de sales en el suelo, especialmente en períodos de baja precipitación.

El agua tratada confiere de riego, considerando las características del análisis de agua, no afectaría a los cultivos de cebada (*Hordeum vulgare*), ni de triticale (*Triticosecale Wittmack*) que toleran una conductividad eléctrica de 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ayers et al., 1952) y de 6.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Francois et al., 1988) respectivamente, debido a su resistencia y adaptación a la salinidad. Asimismo estudios realizados en Argentina por Lus (2015), manifiesta que adaptaron algunas variedades de alfalfa que son tolerantes a 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Dureza total

El agua tiene una dureza total adecuada, justo por debajo del límite recomendado ($< 300 \text{ mg CaCO}_3/\text{l}$). Este nivel de dureza es favorable para la nutrición de las plantas, ya que el calcio y magnesio presentes contribuyen a la salud de las plantas, pero no debería generar problemas de obstrucción en los sistemas de riego.

Calcio

El calcio está bien dentro del rango recomendado ($< 400 \text{ mg}/\text{l}$), lo que es favorable para el crecimiento de las plantas, ya que el calcio es crucial para la formación de paredes celulares y la salud general de la planta.

Magnesio

El magnesio está por debajo del límite máximo recomendado ($< 60 \text{ mg}/\text{l}$). Este valor es adecuado para la salud vegetal, ya que el magnesio es un componente importante de la clorofila y contribuye a la fotosíntesis.

Sodio

El valor de sodio se encuentra bien dentro del límite recomendado ($< 920 \text{ mg}/\text{l}$), lo cual es favorable para la estructura del suelo. Aunque es importante monitorear la acumulación de sodio en el suelo, este nivel no debería causar efectos adversos significativos en la estructura del suelo o en el desarrollo de los cultivos.

SAR

El SAR está dentro del rango S1 (1 - 15), lo que indica que el contenido de sodio es bajo y el agua tiene bajo riesgo de afectar la estructura del suelo. Este valor es favorable para la infiltración del agua y la salud del suelo.

Clasificación de agua

C4 indica que el agua tiene una alta salinidad y puede afectar negativamente a los cultivos sensibles a la salinidad, pero en el caso de la alfalfa y los forrajes, estos cultivos son moderadamente tolerantes a la salinidad, lo que puede hacer que esta agua sea adecuada para su riego, siempre y cuando se gestionen adecuadamente las prácticas de manejo de la salinidad.

S1 indica que el contenido de sodio es bajo, lo que es favorable para la salud del suelo y la eficiencia del riego. En términos de la aptitud del agua tratada para riego, se cumple con la mayoría de los parámetros recomendados por Fernández et al. (2010): pH entre 6 y 8.5, dureza $< 400 \text{ mg}/\text{l}$, calcio $< 400 \text{ mg}/\text{l}$, magnesio $< 60 \text{ mg}/\text{l}$, sodio $< 920 \text{ mg}/\text{l}$, relación de adsorción de sodio (SAR) < 15 y bacterias $< 25.000 \text{ UFC}/\text{cm}^3$.

CONCLUSIONES

La evaluación del tanque séptico mostró que la remoción de contaminantes logró superar los rendimientos esperados según el MMAyA (2021), alcanzando una eficiencia superior a 60 % en SST, 30 % en DBO5, 30 % en DQO y una reducción de coliformes fecales de 1 u log. El sistema muestra una mejora significativa en la calidad del agua tras el tratamiento. Los parámetros críticos como turbiedad, SST, DQO, DBO y nitrógeno amoniacal se reducen en más del 70 %. Sin embargo, la reducción de coliformes termorresistentes, aunque notable, no es suficiente para cumplir estándares estrictos para riego directo y solo permitido para riego para consumo indirecto. Los parámetros de calidad del agua tratada cumplen con los criterios técnicos y normativos para su reutilización en riego agrícola, lo que permite aprovechar los nutrientes contenidos en el efluente. Este sistema de tratamiento y reutilización representa una alternativa viable y replicable para otras comunidades rurales con condiciones similares, contribuyendo a la economía circular mediante la mitigación de impactos ambientales y la valorización de aguas residuales como recurso agrícola.

Los resultados confirman la hipótesis alternativa (Ha): la implementación del sistema de tratamiento logró reducir de manera significativa la carga contaminante de las aguas residuales ganaderas, permitiendo su reutilización en riego. Por lo tanto, la hipótesis nula (Ho) es rechazada.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayers, A. D. Brown, W. & Wadleigh, C. (1952). Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. *Agron. J.*, 44: 307-310.
<https://acsess.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2134/agronj1952.00021962004400060006x>
- Cisneros, R., Sanz, Z. & Teran, J. A. (2015). Uso de aguas residuales para riego en Bolivia. En WSP, Producción, comercialización y consumo de cultivos irrigados con aguas residuales en la región del altiplano. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/825141468224979870/pdf/952980SPANISH00nBolivia024Marc h2015.pdf>
- Echeverría, I., Aliaga, G. & Saavedra, O. (2024). Evaluación de calidad de agua residual tratada para riego en el valle alto de la ciudad de Cochabamba. *Investigación & Desarrollo*, 24(1): 35-45 (2024). <https://doi.org/10.23881/idupbo.024.1-3i>
- FAO. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i1629s/i1629s.pdf>
- Fernandez, R., Avila, R., Lopez, M., Gavilan, O. & Oyonarte, N. (2010). Manual de riego para agricultores: módulo 1. Fundamentos del riego. Signatura Ediciones de Andalucía, S.L.
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf
- Fleite, S. (2021). Desarrollo de sistemas de tratamiento para efluentes de producciones ganaderas intensivas a corral (feedlots). Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires.
https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6846_Fleite.pdf
- Francois, L. E., Donovan, T. J., Maas, E. V. & Rubenthaler, G. L. (1988). Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth, and germination of triticale. *Agron. J.*, 80: 642-647.
https://www.ars.usda.gov/arsuserfiles/20361500/pdf_pubs/P1005.pdf
- Lus, J. (2015). Alfalfa en ambientes salinos o salinos sodicos. *Todoagro*. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/166-ambientes_salinos.pdf
- MMAyA. (2021). Guía técnica para la selección y diseño de líneas de tratamiento de aguas residuales. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia. <https://datos.siarh.gob.bo/biblioteca/518>
- Pérez, J. (2003). Depuración y reutilización de aguas residuales para riego. En Estación Experimental Cajamar Las Palmerillas. 447-469. <https://publicacionescajamar.es/wp-content/uploads/2023/03/depuracion-y-reutilizacion-de-aguas.pdf>
- SAG, y UC. (2005). Criterios de Calidad de Aguas o Efluentes Tratados Para uso en Riego. Universidad de Chile. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/c3ea9bf8-6fd9-4f13-a60c-e40dae541f00/content>